MONITEUR BELGE

BELGISCH STAATSBLAD

Publication conforme aux articles 472 à 478 de la loi-programme du 24 décembre 2002, modifiés par les articles 4 à 8 de la loi portant des dispositions diverses du 20 juillet 2005.

Le *Moniteur belge* peut être consulté à l'adresse :

www.moniteur.be

Direction du Moniteur belge, chaussée d'Anvers 53, 1000 Bruxelles - Directeur : Wilfried Verrezen

Numéro tél. gratuit : 0800-98 809

Publicatie overeenkomstig artikelen 472 tot 478 van de programmawet van 24 december 2002, gewijzigd door de artikelen 4 tot en met 8 van de wet houdende diverse bepalingen van 20 juli 2005.

Dit *Belgisch Staatsblad* kan geconsulteerd worden op :

www.staatsblad.be

Bestuur van het Belgisch Staatsblad, Antwerpsesteenweg 53, 1000 Brussel - Directeur : Wilfried Verrezen

Gratis tel. nummer : 0800-98 809

187e ANNEE **N. 19** 187e JAARGANG

LUNDI 23 JANVIER 2017
PREMIERE EDITION

MAANDAG 23 JANUARI 2017
EERSTE EDITIE

Le Moniteur belge *du 20 janvier 2017 comporte trois éditions, qui portent les numéros 16, 17 et 18.*

Het Belgisch Staatsblad *van 20 januari 2017 bevat drie uitgaven, met als volgnummers 16, 17 en 18.*

SOMMAIRE

INHOUD

Lois, décrets, ordonnances et règlements

Gouvernements de Communauté et de Région

Gemeenschaps- en Gewestregeringen

Gemeinschafts- und Regionalregierungen

Région wallonne

Waals Gewest

Wallonische Region

Service public de Wallonie

15 DECEMBRE 2016. — Arrêté du Gouvernement wallon modifiant l'arrêté du Gouvernement wallon du 15 mai 2014 portant exécution du décret du 28 novembre 2013 relatif à la performance énergétique des bâtiments, p. 4178.

Waalse Overheidsdienst

15 DECEMBER 2016. — Besluit van de Waalse Regering tot wijziging van het besluit van de Waalse Regering van 15 mei 2014 tot uitvoering van het decreet van 28 november 2013 betreffende de energieprestaties van gebouwen, bl. 5211.

Öffentlicher Dienst der Wallonie

15. DEZEMBER 2016 — Erlass der Wallonischen Regierung zur Abänderung des Erlasses der Wallonischen Regierung vom 15. Mai 2014 zur Ausführung des Dekrets vom 28. November 2013 über die Energieeffizienz von Gebäuden, S. 4686.

LOIS, DECRETS, ORDONNANCES ET REGLEMENTS
WETTEN, DECRETEN, ORDONNANTIES EN VERORDENINGEN

GOUVERNEMENTS DE COMMUNAUTE ET DE REGION
GEMEENSCHAPS- EN GEWESTREGERINGEN
GEMEINSCHAFTS- UND REGIONALREGIERUNGEN

REGION WALLONNE — WALLONISCHE REGION — WAALS GEWEST

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

[C − 2017/70001]

15 DECEMBRE 2016. — Arrêté du Gouvernement wallon modifiant l'arrêté du Gouvernement wallon du 15 mai 2014 portant exécution du décret du 28 novembre 2013 relatif à la performance énergétique des bâtiments

Le Gouvernement wallon,

Vu le décret du 28 novembre 2013 relatif à la performance énergétique des bâtiments, les articles 3 et 11;

Vu l'arrêté du Gouvernement wallon du 15 mai 2014 portant exécution du décret du 28 novembre 2013 relatif à la performance énergétique des bâtiments;

Vu le rapport du 15 septembre 2016 établi conformément à l'article 3, 2°, du décret du 11 avril 2014 visant à la mise en œuvre des résolutions de la Conférence des Nations unies sur les femmes à Pékin de septembre 1995 et intégrant la dimension du genre dans l'ensemble des politiques régionales;

Vu l'avis 60.136/4 du Conseil d'État, donné le 17 octobre 2016, en application de l'article 84, § 1er, alinéa 1er, 2°, des lois sur le Conseil d'État, coordonnées le 12 janvier 1973;

Sur la proposition du Ministre de l'Energie;

Après délibération,

Arrête :

Article 1er. Le présent arrêté transpose partiellement :

1° la directive 2010/31/UE du Parlement européen et du Conseil du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments;

2° la directive 2009/28/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables et modifiant puis abrogeant les directives 2001/77/CE et 2003/30/CE;

3° la directive 2012/27/UE du Parlement européen et du Conseil du 25 octobre 2012 relative à l'efficacité énergétique, modifiant les directives 2009/125/CE et 2010/30/UE et abrogeant les directives 2004/8/CE et 2006/32/CE.

Art. 2. L'article 19/1 de l'arrêté du Gouvernement wallon du 15 mai 2014 portant exécution du décret du 28 novembre 2013 relatif à la performance énergétique des bâtiments, inséré par l'arrêté du Gouvernement wallon du 28 janvier 2016, est complété par un alinéa rédigé comme suit :

« Par dérogation à l'alinéa 1er, dans les unités PEB construites faisant l'objet des actes et travaux visés à l'article 14, les systèmes visés à l'article 2, 15°, du décret respectent, lors de leur installation, leur remplacement ou leur modernisation, les exigences visées aux 1.6.2.3, 1.6.2.4, 2.3.2.2 et 2.3.2.3 de l'annexe C4. ».

Art. 3. Dans le même arrêté, l'annexe A1, modifiée par l'arrêté du Gouvernement wallon du 19 novembre 2015, est remplacée par l'annexe 1re jointe au présent arrêté.

Art. 4. Dans le même arrêté, l'annexe A3, insérée par l'arrêté du Gouvernement wallon du 28 janvier 2016, est remplacée par l'annexe 2 jointe au présent arrêté.

Art. 5. Dans le même arrêté, l'annexe B1 est remplacée par l'annexe 3 jointe au présent arrêté.

Art. 6. Dans l'annexe B2 du même arrêté, les modifications suivantes sont apportées :

a) aux 3.1.2 et 3.2, dans la définition des paramètres b_k et b_1, les mots « facteurs de réduction de température déterminés suivant la sous-annexe H de l'annexe B1 au présent arrêté » sont chaque fois remplacés par les mots « facteurs de réduction de température déterminés suivant le tableau 8 de l'annexe B1 au présent arrêté »;

b) aux 3.2 et 3.3, dans la définition du paramètre b_i, les mots « facteur de réduction de température déterminé suivant la sous-annexe H de l'annexe B1 au présent arrêté » sont chaque fois remplacés par les mots « facteur de réduction de température déterminé suivant le tableau 8 de l'annexe B1 au présent arrêté ».

Art. 7. Dans l'annexe C4 du même arrêté, insérée par l'arrêté du Gouvernement wallon du 28 janvier 2016, au 1.6.2.1, alinéa 2, les mots « Un compteur de gaz installé par le fournisseur de gaz » sont retirés et remplacés par les mots « Un compteur de gaz installé par le gestionnaire de réseau ».

Art. 8. Dans l'annexe C4 du même arrêté, insérée par l'arrêté du Gouvernement wallon du 28 janvier 2016, aux 1.6.1, 2.3.1 et 3.3.1, les mots « Ils respectent les exigences de l'arrêté royal du 13 juin 2006 relatif aux instruments de mesure. » sont retirés et remplacés par les mots « Ils respectent les exigences de l'arrêté royal du 20 avril 2016 relatif aux instruments de mesure. ».

Art. 9. Les articles 3, 4, 5 et 6 sont applicables lorsque l'accusé de réception de la demande de permis est postérieur au 31 décembre 2016.

Art. 10. Le présent arrêté entre en vigueur le 1er janvier 2017.

Par dérogation à l'alinéa 1er, l'article 7 et l'article 8 produisent leur effet le 1er mai 2016.

Art. 11. Le Ministre de l'Energie est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Namur, le 15 décembre 2016.

Le Ministre-Président,
P. MAGNETTE

Le Ministre des Pouvoirs locaux, de la Ville, du Logement et de l'Energie,
P. FURLAN

Annexe 1

Annexe A1 à l'arrêté du Gouvernement wallon du 15 mai 2014 portant exécution du décret du 28 novembre 2013 relatif à la performance énergétique des bâtiments.

Méthode PER

MÉTHODE DE DÉTERMINATION DU NIVEAU DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE DES UNITES RESIDENTIELLES

Table des matières

AVANT-PROPOS 5
1 RÉFÉRENCES VERS D'AUTRES TEXTES 6
1.1 Listes des annexes au présent arrêté 6
1.2 Normes 6
2 DÉFINITIONS 8
3 SYMBOLES, ABRÉVIATIONS ET INDICES 12
3.1 Symboles et abréviations 12
3.2 Indices 14
4 STRUCTURE DE LA MÉTHODE 18
5 SCHÉMATISATION DU BÂTIMENT 19
5.1 Principe 19
5.2 Subdivision du bâtiment 19
5.3 Subdivision de l'unité PER en zones de ventilation et en secteurs énergétiques 20
5.3.1 Principe 20
5.3.2 Division en zones de ventilation et en secteurs énergétiques 20
5.3.3 Volume et surfaces des parois d'un secteur énergétique 22
5.3.4 Absence de système de chauffage 22
6 INDICATEURS DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE 23
6.1 Niveau de consommation d'énergie primaire 23
6.2 Consommation spécifique annuelle d'énergie primaire 25
7 BESOINS NETS EN ÉNERGIE POUR LE CHAUFFAGE ET L'EAU CHAUDE SANITAIRE 26
7.1 Principe 26
7.2 Besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage des locaux par secteur énergétique 26
7.3 Besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire 27
7.4 Déperditions de chaleur mensuelles par transmission et ventilation 28
7.4.1 Principe 28
7.4.2 Règle de calcul 28
7.5 Gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production interne de chaleur 29
7.6 Taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels 29
7.7 Coefficient de transfert thermique par transmission 31
7.7.1 Principe 31
7.7.2 Règle de calcul 31

7.8 Coefficient de transfert thermique par ventilation 33
7.8.1 Principe 33
7.8.2 Règle de calcul 33
7.8.3 Coefficient de déperdition de chaleur par in/exfiltration 34
7.8.4 Débit d'infiltration et d'exfiltration 35
7.8.5 Coefficient de déperdition de chaleur par ventilation hygiénique 37
7.8.6 Débit de ventilation hygiénique 37
7.8.7 Coefficient de déperdition de chaleur par surventilation 38
7.8.8 Coefficient de déperdition de chaleur par ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrantes 39
7.8.9 Débit de ventilation corrigé pour l'ouverture manuelle des parties ouvrantes 39
7.9 Gains de chaleur internes mensuels 40
7.9.1 Principe 40
7.9.2 Règle de calcul 40
7.10 Gains solaires mensuels 41
7.10.1 Principe 41
7.10.2 Règle de calcul 41
7.10.3 Gains solaires par une fenêtre 41
7.10.4 Gains solaires par un système d'énergie solaire passif non ventilé 45
8 RISQUE DE SURCHAUFFE ET REFROIDISSEMENT 47
8.1 Principe 47
8.2 Détermination de l'indicateur de surchauffe 48
8.3 Probabilité conventionnelle que du refroidissement actif soit installé 50
8.4 Paragraphe vide 50
8.5 Refroidissement 50
9 BESOINS BRUTS EN ÉNERGIE POUR LE CHAUFFAGE ET L'EAU CHAUDE SANITAIRE 53
9.1 Préambule 53
9.2 Besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage 54
9.2.1 Principe 54
9.2.2 Rendement mensuel moyen du système 54
9.3 Besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire : 58
9.3.1 Principe 58
9.3.2 Rendement du système pour l'eau chaude sanitaire 59
10 CONSOMMATION FINALE D'ÉNERGIE POUR LE CHAUFFAGE, L'EAU CHAUDE SANITAIRE ET LE REFROIDISSEMENT 66
10.1 Préambule 66
10.2 Consommation finale mensuelle d'énergie pour le chauffage des locaux .. 66
10.2.1 Principe 66
10.2.2 Règle de calcul 66
10.2.3 Rendement de production pour le chauffage des locaux et l'humidification 72
10.3 Consommation finale mensuelle d'énergie pour l'eau chaude sanitaire ... 80
10.3.1 Principe 80
10.3.2 Règle de calcul 81
10.3.3 Rendements de production et de stockage pour l'eau chaude sanitaire 84
10.4 Contribution énergétique utile mensuelle d'un système d'énergie solaire thermique 93
10.4.1 Chauffage des locaux et eau chaude sanitaire 93
10.4.2 Eau chaude sanitaire 95

10.5 Consommation d'énergie mensuelle équivalente pour le refroidissement .. 96
11 CONSOMMATION MENSUELLE D'ÉNERGIE DES AUXILIAIRES 97
11.1 Consommation mensuelle d'énergie pour les fonctions auxiliaires 97
11.1.1 Consommation d'énergie auxiliaire électrique pour la distribution . 97
11.1.2 Energie auxiliaire électrique pour la production 100
11.2 Consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs 103
11.2.1 Principe 103
11.2.2 Consommation électrique mensuelle des ventilateurs – méthode simplifiée (méthode 1) 104
11.2.3 Consommation électrique mensuelle des ventilateurs – calcul détaillé107
11.3 Consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'alimentation en air 115
11.3.1 Consommation mensuelle d'électricité de l'échangeur sol-eau 115
11.3.2 Consommation mensuelle d'électricité pour le refroidissement par évaporation 116
12 PRODUCTION MENSUELLE D'ÉLECTRICITÉ DE SYSTÈMES D'ÉNERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE SUR SITE ET DE COGÉNÉRATION SUR SITE 117
12.1 Systèmes d'énergie solaire photovoltaïque 117
12.1.1 Principe 117
12.1.2 Règle de calcul 117
12.1.3 Facteur de correction pour l'ombrage 118
12.2 Cogénération 118
12.2.1 Principe 118
12.2.2 Production d'électricité 118
13 CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE 120
13.1 Préambule 120
13.2 La consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire 120
13.3 La consommation d'énergie primaire pour le chauffage des locaux 120
13.4 La consommation d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire 121
13.5 La consommation d'énergie primaire des auxiliaires 121
13.6 La consommation équivalente d'énergie primaire pour le refroidissement 122
13.7 L'économie d'énergie primaire résultant de la production d'électricité d'une installation solaire photovoltaïque 122
13.8 L'économie d'énergie primaire résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site 122
14 EMISSIONS DE CO_2 124
14.1 Préambule 124
14.2 Emissions caractéristiques annuelles de CO_2 124
14.3 Emissions mensuelles de CO_2 résultant du chauffage des locaux 124
14.4 Emissions mensuelles de CO_2 résultant de la préparation d'eau chaude sanitaire 125
14.5 Emissions mensuelles de CO_2 résultant de la consommation d'énergie auxiliaire 126
14.6 Emissions mensuelles de CO_2 résultant du refroidissement 126
14.7 Emissions mensuelles de CO_2 évitées résultant de la production d'électricité d'une installation solaire photovoltaïque sur site 127
14.8 Emissions mensuelles de CO_2 évitées résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site 127
ANNEXE A TRAITEMENT DES ESPACES ADJACENTS NON CHAUFFÉS 128

A.1 Possibilité 1 128
A.2 Possibilité 2 128
ANNEXE B LE DÉBIT DE VENTILATION HYGIÉNIQUE 130
B.1 Détermination du facteur de multiplication $m_{sec\ i}$ pour le débit 131
B.1.1 Ventilation naturelle 131
B.1.2 Ventilation mécanique simple flux par insufflation 134
B.1.3 Ventilation mécanique simple flux par extraction 136
B.1.4 Ventilation mécanique double flux 139
B.2 Facteur de réduction pour préchauffage 140
B.3 Pré-refroidissement de l'air de ventilation 143
B.3.1 Règle de calcul 143
B.3.2 Echangeur de chaleur sol-eau 144
B.3.3 Refroidissement par évaporation 149
ANNEXE C L'ENSOLEILLEMENT MENSUEL 151
C.1 Introduction 151
C.2 Schématisation de l'ombrage 151
C.2.1 Généralités 151
C.2.2 Géométrie d'un obstacle 151
C.2.3 Géométrie des saillies 151
C.2.4 Valeurs par défaut 152
C.3 Ensoleillement mensuel d'un plan non ombragé 152
C.3.1 Ensoleillement total 152
C.3.2 Ensoleillement direct 153
C.3.3 Ensoleillement diffus 155
C.3.4 Ensoleillement réfléchi 156
C.4 Ensoleillement mensuel d'un plan ombragé 156
C.4.1 Pour un angle d'obstruction $\alpha_h \leq 60°$ 156
C.4.2 Pour un angle d'obstruction $\alpha_h > 60°$ 158
C.5 Facteur d'utilisation $a_{c,m,j}$: tableaux 161
ANNEXE D LE RENDEMENT D'ÉMISSION 168
D.1 Temps de fonctionnement conventionnel du système d'émission de chaleur 168
D.2 Température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission 168
D.3 Radiateurs 169
D.4 Chauffage par le sol 171
D.5 Chauffage mural 173
ANNEXE E LES DÉPERDITIONS DE DISTRIBUTION 175
E.1 Rendement de distribution 175
E.2 Les déperditions de chaleur du réseau de distribution de chaleur 176
E.3 Détermination de la résistance thermique linéaire 177
E.3.1 Conduites et gaines rondes 177
E.3.2 Gaines rectangulaires 178
E.3.3 Conduites souterraines 178
ANNEXE F FACTEURS FIXÉS POUR LES VECTEURS ÉNERGÉTIQUES 179
ANNEXE G DÉTERMINATION DU RENDEMENT THERMIQUE D'UN RÉCUPÉRATEUR DE CHALEUR .. 180
G.1 Mesurage 180
G.2 Calcul 181

Avant-propos

La présente annexe décrit la méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire (niveau E_w) d'un bâtiment résidentiel. Le niveau E_w tient compte à la fois du bâtiment et des installations de chauffage, de ventilation, d'eau chaude sanitaire, de refroidissement ainsi que de l'utilisation d'une énergie durable. Cette combinaison de possibilités constructives, de choix au niveau des techniques d'installation et de production d'énergie durable permet à l'auteur de projet d'adopter les moyens les plus appropriés pour satisfaire aux exigences imposées.

Le Ministre peut déterminer des spécifications complémentaires pour calculer l'impact des atriums ou des doubles façades ventilées sur les performances énergétiques d'une unité PEB.

1 Références vers d'autres textes

1.1 Listes des annexes au présent arrêté

Dans ce texte, il est fait référence aux annexes au présent arrêté. Les titres complets de ces annexes sont les suivants.

- Annexe A.1 : Méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire des bâtiments résidentiels ;
- Annexe A.2 : Méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire des unités non résidentielles ;
- Annexe B.1 : Document de référence pour les pertes par transmission ;
- Annexe B.2 : Traitement des nœuds constructifs ;
- Annexe C.1 : Valeurs U maximales admissibles ou valeurs R minimales à réaliser ;
- Annexe C.2 : Dispositifs de ventilation dans les bâtiments résidentiels ;
- Annexe C.3 : Dispositifs de ventilation des immeubles non résidentiels.
- Annexe E.1 : Détermination des amendes administratives.

1.2 Normes

Les annexes A.1, A.2, B.2, C.1 et C.2 au présent arrêté font référence aux normes suivantes. Seule la version de norme portant la date mentionnée est d'application, à moins que le Ministre ne signale explicitement son remplacement par une autre version. Les références normatives dans l'annexe C.3 au présent arrêté sont données dans cette annexe.

ARI Standard 560:2000	Absorption water chilling and water heating packages (ARI : Air-Conditioning and Refrigeration Institute)
ISO 15099:2003	Thermal performance of windows, doors and shading devices - Detailed calculations
NBN D 50-001:1991	Dispositifs de ventilation dans les bâtiments d'habitation
NBN EN 308:1997	Heat exchangers - Test procedures for establishing performance of air to air and flue gases heat recovery devices
NBN EN 410:2011	Glass in building - Determination of luminous and solar characteristics of glazing
NBN EN 1027:2000	Windows and doors - Watertightness - Test method
NBN EN 12309-2:2000	Gas-fired absorption and adsorption air-conditioning and/or heat pump appliances with a net heat input not exceeding 70 kW - Part 2 : Rational use of energy
NBN EN 13141-1:2004	Ventilation for buildings - Performance testing of components/products for residential ventilation - Part 1 : Externally and internally mounted air transfer devices.
NBN EN 13363-1:2007	Solar protection devices combined with glazing. Calculation of solar and light transmittance - Part 1 : Simplified method
NBN EN 13363-2:2005	Solar protection devices combined with glazing - Calculation of solar and light transmittance - Part 2 : Detailed calculation method

NBN EN 13829:2001	Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method
NBN EN 14134:2004	Ventilation for buildings - Performance testing and installation checks of residential ventilation systems
NBN EN 14511:2011	Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling
NBN EN 15251:2007	Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics
NBN EN 60034-1:2010	Rotating electrical machines - Part 1 : Rating and performance
NBN EN 60904-1:2007	Photovoltaic devices - Part 1 : measurement of photovoltaic current-voltage characteristics.
NBN EN ISO 10211:2008	Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures – Detailed calculations
NBN EN ISO 12241:1998	Thermal insulation for building equipment and industrial installations - Calculation rules
NBN EN ISO 13789:2008	Thermal performance of buildings - Transmission and ventilation heat transfer coefficients - Calculation method
NBN EN ISO 13790:2004	Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for heating (supersedes EN 832)
NBN EN ISO 14683:2008	Thermal bridges in building construction - Linear thermal transmittance - Simplified methods and default values

2 Définitions

- **Besoins bruts en énergie pour le chauffage des locaux** : énergie transmise au système de distribution (ou au système de stockage) de chaleur destinée au chauffage des locaux par l'installation de production de chaleur destinée au chauffage.
- **Besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire** : énergie transmise au système de distribution d'eau chaude sanitaire (ou au système de stockage) par l'installation de production de chaleur destinée à l'eau chaude sanitaire.
- **Besoins nets en énergie pour le chauffage** : énergie qui serait nécessaire pour maintenir le volume protégé à température intérieure pendant une certaine période (en l'occurrence, 1 mois dans la présente annexe) en cas d'utilisation d'une installation avec un rendement égal à 1 pour le système et la production.
- **Besoins nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire** : énergie qui serait nécessaire pour amener l'eau chaude sanitaire à la température souhaitée pendant une certaine période (en l'occurrence, 1 mois dans la présente annexe) en cas d'utilisation d'une installation avec un rendement égal à 1 pour le système et la production.
- **Chauffage central** : installation de chauffage où un fluide caloporteur transporte la chaleur produite à plus d'un espace à l'intérieur du volume protégé.
- **Chauffage collectif** : installation destinée au chauffage de plus d'une unité PEB.
- **Chauffage local** : installation de chauffage où la chaleur est émise dans l'espace où elle est produite.
- **Coefficient de déperditions de chaleur par transmission** : déperditions de chaleur par transmission à travers un ensemble de parois pour une différence de température de 1 Kelvin entre les ambiances qu'elles séparent.
- **Coefficient de déperditions de chaleur par ventilation** : déperditions de chaleur pour une différence de température de 1 Kelvin résultant du réchauffement du débit d'air qui pénètre dans le volume protégé par ventilation et par infiltration par unité de temps.
- **Coefficient de performance (COP)** : rapport entre la puissance de chauffe et la puissance absorbée d'une pompe à chaleur (coefficient of performance).
- **Coefficient de transmission thermique** : transmission thermique à travers un élément de construction plan, par unité de surface, unité de temps et unité de différence de température, entre les ambiances des deux côtés de l'élément.
- **Cogénération** : production combinée de chaleur et d'électricité.
- **Consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire** : consommation annuelle d'énergie primaire pour le chauffage des locaux, la production d'eau chaude sanitaire, le refroidissement (fictif), les auxiliaires ainsi que l'éclairage dans le cas des bureaux et des écoles, calculée selon la méthode décrite dans la présente annexe pour les bâtiments résidentiels et dans l'annexe A.2 au présent arrêté pour les immeubles de bureaux et les écoles. L'économie d'énergie primaire procurée par l'électricité auto produite à l'aide d'un système photovoltaïque ou d'une installation de cogénération est décomptée.
- **Consommation d'énergie finale pour le chauffage** : énergie finale nécessaire pour couvrir les besoins bruts en énergie pour le chauffage.
- **Consommation d'énergie finale pour l'eau chaude sanitaire** : énergie finale nécessaire pour couvrir les besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire.
- **Débit de ventilation** : quantité d'air extérieur amenée par ventilation par unité de temps.

- **Débit d'infiltration/exfiltration** : quantité d'air extérieur qui pénètre/qui sort par infiltration/ppar exfiltration dans le/hors du volume protégé ou dans un/hors d'un secteur énergétique par unité de temps.
- **Déperditions de chaleur** : quantité de chaleur que perd en moyenne le volume protégé par unité de temps.
- **Déperditions de chaleur par transmission** : déperditions de chaleur résultant de la transmission de chaleur.
- **Déperditions de chaleur par ventilation** : déperditions de chaleur résultant du réchauffement du débit de ventilation et d'infiltration dans le volume protégé jusqu'à obtention de la température intérieure imposée par l'annexe.
- **Espace adjacent chauffé** : espace adjacent situé à l'intérieur d'un volume protégé. Pour la détermination de la performance énergétique, on suppose qu'il n'y a pas d'échange de chaleur avec ce genre d'espace. On peut distinguer 3 contextes différents :
  - Espace chauffé adjacent au volume protégé considéré. Par exemple, un espace situé à l'intérieur du volume protégé d'un bâtiment existant sur une parcelle attenante ou à l'intérieur du volume protégé d'une partie de bâtiment existante sur la même parcelle. Ce dernier cas peut s'appliquer, par exemple, lors de l'agrandissement d'un bâtiment.
  - Espace chauffé adjacent à l'unité PEB considérée. Par exemple :
    - un espace situé dans une unité PEB adjacente (à l'intérieur du même volume protégé) ;
    - un autre espace (auquel aucune exigence de performance énergétique n'est imposée) situé à l'intérieur du même volume protégé (par exemple, une cage d'escalier commune dans un immeuble à appartements) ;
    - un espace situé dans un volume protégé adjacent.
  - Espace chauffé adjacent au secteur énergétique considéré. Par exemple :
    - un espace situé dans un secteur énergétique adjacent (à l'intérieur de la même unité PEB) ;
    - un espace situé dans une unité PEB adjacente ;
    - un autre espace situé à l'intérieur du même volume protégé ;
    - un espace situé dans un volume protégé adjacent.

  REMARQUE : voir également le § 5.2 en ce qui concerne les conventions relatives aux espaces situés dans des bâtiments ou parties de bâtiments existants adjacents.
- **Espace adjacent non chauffé (EANC)** : espace adjacent situé en-dehors d'un volume protégé et qui est non chauffé.
- **Facteur de performance saisonnier** : rapport entre la chaleur émise et l'énergie consommée par une pompe à chaleur pendant une certaine période.
- **Facteur solaire d'un vitrage** : rapport entre le flux d'ensoleillement qui pénètre par un vitrage et le flux d'ensoleillement qui frappe le vitrage. Le facteur solaire inclut aussi bien la transmission directe et diffuse que les gains indirects résultant de l'absorption du flux d'ensoleillement. La comparaison entre systèmes de vitrage utilise le rayonnement direct sur une surface perpendiculaire aux rayons du soleil pour des raisons de technique de mesure.
- **Fenêtre** : paroi (partiellement) translucide.
- **Fluide caloporteur** : liquide ou gaz avec lequel de l'énergie thermique est déplacée d'un endroit à un autre comme, par exemple, l'eau dans un circuit de radiateurs ou une solution antigel dans l'échangeur de chaleur d'une pompe à chaleur.
- **Fourniture de chaleur externe** : fourniture de chaleur qui n'est pas produite sur la même parcelle.

- **Gains de chaleur** : somme des gains solaires qui pénètrent dans le volume protégé par les parois transparentes/translucides et de la production interne de chaleur.
- **Niveau de consommation d'énergie primaire (niveau E_w)** : rapport entre la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire du volume protégé et une consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de référence, multiplié par 100.
- **Opaque** : qui s'oppose au passage des rayons du soleil (par opposition à 'transparent/translucide').
- **Paroi extérieure** : construction ou partie de construction qui constitue la séparation entre le volume protégé et l'air extérieur, le sol ou l'eau.
- **Paroi intérieure** : construction ou partie de construction qui sépare le volume protégé et un espace adjacent, chauffé ou non.
- **Perméabilité caractéristique à l'air** : débit d'air pour une différence de pression de 50 Pa, déduit de la courbe caractéristique pression / débit du bâtiment résidentiel considéré ou calculé suivant la méthode par défaut indiquée dans la présente annexe.
- **Position nominale** : position de réglage du système de ventilation (du(des) ventilateur(s) et des autres composants éventuels) telle que le débit d'alimentation mécanique des systèmes B et D soit au moins égal au débit d'alimentation en air neuf exigé dans cet espace et que le débit d'évacuation mécanique des systèmes C et D soit au moins égal au débit d'évacuation vers l'extérieur exigé dans cet espace, et ce, pour tous les espaces.
- **Pouvoir calorifique inférieur (PCI)** : quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible, la vapeur d'eau étant supposée non condensée et la chaleur non récupérée.
- **Pouvoir calorifique supérieur (PCS)** : quantité d'énergie dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible, la vapeur d'eau étant supposée condensée et la chaleur récupérée.
- **Production de chaleur interne** : chaleur dégagée par les personnes, l'éclairage, les ventilateurs, les pompes et tous les autres appareils à l'intérieur du volume protégé.
- **Puissance électrique maximale d'un moteur électrique (ou d'une combinaison moteur électrique – ventilateur)** : c'est la puissance électrique maximale que le moteur électrique (ou la combinaison moteur électrique – ventilateur) peut absorber en régime continu, y compris le cas échéant tous les éléments auxiliaires. La puissance électrique est dès lors mesurée à hauteur de l'alimentation du réseau. Le régime continu est défini dans la norme NBN EN 60034-1 (Service type S1).
- **Régulation** :
  - **Régulation locale** : les débits sont régulés pour chaque espace individuellement.
  - **Régulation par zones** :
    - les débits sont régulés pour chaque zone séparément ;
    - les espaces sont répartis en au moins deux zones différentes, dont une ou plusieurs zones jour et une ou plusieurs zones nuit ;
    - tous les séjours doivent appartenir aux zones jour et toutes les chambres à coucher doivent appartenir aux zones nuit.
  - **Régulation centrale** : les débits sont régulés ensembles pour tous les espaces de l'unité PER.

    Remarque : dans un système à la demande, la régulation de l'alimentation peut être locale, par zone ou centrale et la régulation de l'évacuation peut être locale, par zone ou centrale.
- **Rendement à charge partielle** : rendement de production d'une installation à charge partielle.

- **Rendement à pleine charge** : rendement de production d'une installation de production de chaleur à la puissance nominale.
- **Rendement de distribution** : fraction de la chaleur ou du froid produit, effectivement fournie aux éléments de chauffage. Si, dans le cas d'une production sur site, l'appareil de production ne se trouve pas dans le bâtiment, le rendement de distribution inclut également les déperditions de chaleur des conduites entre l'endroit de production et le bâtiment.
- **Rendement de production** : rapport entre la chaleur fournie par un appareil producteur de chaleur et l'énergie utilisée.
- **Rendement du système** : fraction de la chaleur utile produite effectivement utilisée. Le rendement du système est subdivisé en rendement de distribution et rendement d'émission.
- **Rendement d'un système d'énergie solaire thermique** : rapport entre la contribution énergétique mensuelle utile et l'énergie que le soleil fournit chaque mois au système.
- **Secteur énergétique** : un ensemble d'espaces du volume protégé qui :
  - appartiennent à la même zone de ventilation ;
  - sont dotés du même type de système d'émission de chaleur (à moins que, dans le cas de chauffage central, l'on calcule avec le rendement d'émission le plus mauvais) ;
  - et sont chauffés par le même appareil producteur de chaleur (ou, le cas échéant, la même combinaison d'appareils producteurs de chaleur).
- **Surface d'utilisation** : la surface au sol, déterminée tel que prescrit au chapitre 2 de l'annexe A.2 au présent arrêté.
- **Surface totale de plancher chauffée ou climatisée (A_{ch})** : la somme des surfaces de planchers de chaque niveau de la construction situés dans le volume protégé, mesurées entre les faces externes des murs extérieurs. Sont comptabilisées les surfaces présentant une hauteur sous plafond minimale de 1,50 m, pour autant que l'espace considéré présente au moins en un point une hauteur minimale de 2,20 m.
- **Système d'énergie solaire photovoltaïque** : dispositif qui capte l'énergie solaire et la transforme en électricité.
- **Système d'énergie solaire thermique** : dispositif qui capte l'énergie solaire et la convertit en chaleur.
- **Taux d'utilisation des gains de chaleur** : fraction des gains de chaleur procurés par l'ensoleillement et les sources internes, qui réduit les besoins nets en énergie pour le chauffage du volume protégé.
- **Température extérieure** : température moyenne de l'air extérieur mesurée sur une période donnée, en l'occurrence 1 mois dans la présente annexe.
- **Transparent** : qui laisse passer en tout ou en partie les rayons du soleil, avec ou non le maitien d'une image nette (par opposition à opaque). 'Transparent' inclut donc aussi bien la notion de 'transparent' que celle de 'translucide'.
- **Ventilation mécanique** : ventilation réalisée par un ou plusieurs ventilateurs.
- **Ventilation naturelle** : ventilation réalisée sous l'effet du vent et de la différence de température entre l'air extérieur et l'air intérieur.
- **Volume protégé** : volume de tous les espaces d'un bâtiment qui est protégé, du point de vue thermique, de l'environnement extérieur (air ou eau), du sol et de tous les espaces adjacents qui ne font pas partie d'un volume protégé.
- **Zone de ventilation** : partie fermée d'une unité PEB, dotée d'un système indépendant de ventilation.

3 Symboles, abréviations et indices

3.1 Symboles et abréviations

< signifie : dérivé de

Symbole	Signification	Unités
A	surface (projetée) (synonymes : aire, superficie)	m^2
A	air	-
B	largeur	m
B	fluide antigel (brine)	-
C	compacité	m
C	capacité thermique effective	J/K
COP	coefficient de performance d'une pompe à chaleur (coefficient of performance)	-
D	diamètre	m
E	consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire	MJ
E_w	niveau de la consommation d'énergie primaire	-
EANC	espace adjacent non chauffé	-
EEI	indice d'efficacité énergétique	
EER	efficacité frigorifique (energy efficiency ratio)	-
F	facteur (de réduction)	-
H	coefficient de transfert thermique	W/K
I	ensoleillement	MJ/m^2
L	profondeur	m
I	indicateur (pour la surchauffe)	Kh
Nu	nombre de Nusselt	-
P	périmètre	m
P	puissance	W
P	pression	Pa
Pr	nombre de Prandtl	-
Q	quantité de chaleur ou d'énergie	MJ
R	résistance thermique	$m^2.K/W$
Re	nombre de Reynolds	(-)
RF	facteur de réduction	-
SPF	coefficient de performance saisonnière	-
U	tension	V
U	coefficient de transmission thermique	$W/(m^2.K)$
V	volume	m^3
$\dot{V}$	débit d'air, débit de ventilation	m^3/h
W	quantité d'électricité	kWh
W	eau	-
a	coefficient, paramètre numérique, facteur d'utilisation	-
b	coefficient, paramètre numérique	-
c	facteur de correction	-
c	chaleur spécifique	J/(kg.K)
c	coefficient	-
d	épaisseur	m

d	numéro du jour caractéristique	-
e	facteur adimensionnel	-
f	facteur	-
g	facteur solaire	-
h	hauteur	m
l	longueur	m
m	facteur de multiplication	-
m	rang du mois	-
n	taux de ventilation	h^{-1}
p	distance	m
q	flux de chaleur	W/m^2
q	débit volumique	m^3/h
r	facteur de réduction, facteur de correction	-
s	facteur de multiplication	-
t	temps, pas de temps	s
w	facteur de multiplication	
z	profondeur	m
α	coefficient d'absorption	-
α_h	angle d'obstacle	degrés
$\alpha_v, \alpha_{sL}, \alpha_{sR}$	angles de saillie	degrés
β	angle d'élévation du soleil	degrés
β	rapport	-
δ	inclinaison	degrés
γ	rapport gains-déperditions	-
η	rendement	-
λ	rapport gains-déperditions	-
λ	conductivité thermique	W/(m.K)
ω	angle horaire	degrés
θ	température	°C
θ	angle	degrés
φ	latitude	degrés
Φ	flux de chaleur, puissance	W
ρ	masse volumique	kg/m^3
τ	constante de temps	s
Ψ	coefficient de transmission thermique linéaire	W/(m.K)
χ	angle d'incidence	degrés
χ	coefficient de transmission thermique ponctuelle	W/K

3.2 Indices

< signifie : dérivé de

a	année
abs	en absence
add	ventilation additionnelle
add m	ventilation additionnelle mécanique
add w	ventilation additionnelle par ouverture des fenêtres
adj	réglage (< adjustment)
AHU	caisson de traitement d'air (< air handling unit)
al	couche d'air
all	tous
amb	ambiant
ann	annuel
annih	annihilation
app	appareil
artif	artificiel
artif area	zone d'éclairage artificiel
as	système d'énergie solaire active (< active solar)
aux	(énergie) auxiliaire
ave	moyen
b	eau dans chaudière
bath	salle de bains
bf	sous-sol
boiler	chaudière
bw	mur de cave
c	conventionnel
C	protection solaire
calc	calculé
ch	chauffé
char	caractéristique
circ	circulation, conduite de circulation
co	condenseur
CO2	émissions de CO_2
cogen	cogénération
combi	combilus
compac	compacité
cons	consommation
constructions	parois de la surface de déperdition
cool	refroidissement
ct	tour de rerfroidissement
ctrl	contrôle
cw	mur-rideau
d	ouverture-jour
D	diamètre
D	vers air extérieur et eau
D	porte
day	jour
dayl	lumière du jour
dayl area	zone de lumière du jour
def	par défaut
demand	demande en énergie
depth	profondeur
design	conception
dh	fourniture de chaleur externe (< district heating)
dif	diffus
dir	direct
distr	distribution
duct	gaine
e	extérieur, externe
eb	température extérieure de base
eff	effectif
elec	électrique
electr	électronique
em	émission (< emission)
en	énergie
env obst	obstacles environnants
EPstor	stockage, au niveau d'une unité PEB
EPR	unité PER (< energy performance of residential buildings)
eq	équivalent
ev	évaporateur
evap	évaporation
exc	exception

excess	excédentaire
exh	bouche d'évacuation
extr	extraction
f	plancher (< floor)
f	profilé de fenêtre (< frame)
f	utilisation
fans	ventilateur(s)
fct	fonction
final	consommation finale
fitting	armature
flow	débit
fl.h	chauffage par le sol
free	ouverture manuelle des parties ouvrantes
free	free-chilling
g	vitrage (< glazing)
g	gains (de chaleur)(< gain)
g	sol (< ground)
GCV	pouvoir calorific supérieur (< gross caloric value)
gen	production
go	vitrage de la partie ouvrante
gross	brut
h	rayonnement hémisphérique
h	humidité
heat	chauffage (de l'espace)
hr	récupération de chaleur (< heat recovery)
hor	horizontal
HP	pompe à chaleur (< heat pumps)
horshad	ombrage par l'horizon (< horizon shading)
hum	humidification
hyg	hygiénique
hx	échangeur de chaleur (< heat exchanger)
i	interne
i	nombre ordinal
i	partie opaque
in	entrant
in/exfilt	in/exfiltration
instal	installé
int	intérieur
int	intermittence
insul	isolation (< insulation)
j	nombre ordinal
January	janvier
junctions	nœuds constructifs
k	nombre ordinal
kitchen	cuisine
L	longueur
L	déperditions de chaleur (transmission + ventilation) (< loss)
l	linéaire
leak	fuite, défaut d'étanchéité
light	éclairage
m	nombre
m	mensuel (sur base mensuelle)
max	maximal
meas	mesuré
mech	mécanique
min	minimal
mod	modulant
n	nombre ordinal, nombre
nat	naturel
ncalc	(dans une) unité pas calculée
NCV	pouvoir calorific inférieur (< net calorific value)
net	net
netw	réseau de distribution de chaleur (< network)
night	nuit
norm	normalisé
nom	nominal
npref	non préférentiel
nres	non résidentiel
OAR	ouverture d'alimentation réglable
obst from build	obstacles liés au bâtiment
occ	occupation (période d')
on	allumé
oper	en service

operation	prenant en compte les limites des conditions de fonctionnement
out	hors tension
over	surventilation
overh	surchauffe (< overheating)
p	panneau
p	primaire
pilot	veilleuse
po	panneau opaque de la partie ouvrante
precool	pré-refroidissement
pref	préférentiel
preh	préchauffage
pres	présent
princ	principal
prim	primaire
ps	système d'énergie solaire passif
pumps	pompes
pv	photovoltaïque
r	nombre
r	rayonnement
rad	radiateur
real	réel
rec	récupération
red	réduction
reduc	réduction
ref	référence
refl	réflexion
req	exigé
res	résidentiel
return	retour
rm	(par) espace
ro	grille de ventilation de la partie opaque
s	soleil, ensoleillement
s	par le sol (< soil)
se	flux de chaleur sortant de la construction
sec	secteur énergétique
setpoint	Point de consigne
sh+wh	chauffage de l'air ambiant et de l'eau (< space heating + water heating)
shad	ombragé (< shaded)
si	flux de chaleur entrant dans la construction
sink	évier
sizing	pas de limitation sur les conditions de fonctionnement
spec	spécifique
stack	gaine d'extraction
stor	stockage
soil	sol (< soil)
supply	amenée, insuflation
switch	commutation
sys	système (d'installation)
T	transmission
t	transparent
tap	élément de robinetterie (< tap)
te	de la surface à l'environement extérieur
test	en conditions d'essai
th	thermique
thresh	valeur de seuil (< threshold)
throttle	vanne gaz
tot	total
tr	transparent
tube	conduit
tubing	tuyauterie
turb	flow turbulent
U	espace adjacent non chauffé (< unheated)
unit	unité résidentielle
unocc	inoccupation (période d') (< unoccupied)
unshad	non ombragé (< unshaded)
usable	utilisable
util	utilisation
V	ventilation
vent	ventilation
vert	vertical

vrf	débit de réfrigération variable (< variable refrigerant flow)
w	fenêtre (< window)
W	eau
wall	façade
wall.h	chauffage mural
water	eau chaude sanitaire
wC	avec protection solaire (< with curtain)
well	source
win	ouverture de fenêtre
woC	sans protection solaire (< without curtain)
ws	combinaison fenêtre & volet
wt	échangeur de chaleur sol-eau
x	vide sanitaire ou cave
z	nombre ordinal
zone	zone de ventilation

4 Structure de la méthode

La détermination de la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire et du niveau de consommation d'énergie primaire (niveau E_w) s'effectue en plusieurs étapes.

Dans une première étape, on calcule les besoins énergétiques mensuels nets pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Ce calcul fait intervenir les déperditions par transmission, les déperditions par ventilation, les gains solaires, les gains de chaleur internes et la consommation d'eau chaude sanitaire. Les risques de surchauffe font l'objet d'un contrôle séparé.

Dans une deuxième étape, les besoins énergétiques mensuels nets pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire sont convertis en besoins énergétiques mensuels bruts. Cette conversion s'effectue en divisant les besoins nets par le rendement de système, respectivement de l'installation de chauffage et de l'installation d'eau chaude sanitaire.

Dans une troisième étape, on détermine la consommation (finale) mensuelle d'énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Pour ce faire, on soustrait, le cas échéant, l'apport énergétique mensuel d'un système d'énergie solaire thermique des besoins bruts en énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. La différence ainsi obtenue est divisée par le rendement de production de l'installation de production de chaleur. Par ailleurs, on calcule aussi la consommation (finale) mensuelle d'énergie pour les fonctions auxiliaires et on détermine la consommation (finale) mensuelle d'énergie équivalente pour le refroidissement. Si de l'électricité est produite dans le bâtiment à l'aide d'un système d'énergie solaire photovoltaïque ou par cogénération, on calcule la production d'électricité caractéristique mensuelle.

Dans une quatrième étape, on calcule la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire. Pour ce faire, on commence par multiplier chacune des consommations finales mensuelles d'énergie (pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et les fonctions auxiliaires) par le facteur de conversion pour l'énergie primaire de la source d'énergie correspondante pour obtenir les consommations d'énergie primaires mensuelles. En ce qui concerne l'électricité auto produite, on calcule l'économie d'énergie primaire réalisée dans les centrales électriques en effectuant la multiplication par le facteur de conversion d'application. On additionne ensuite les consommations caractéristiques mensuelles d'énergie primaire sur les 12 mois de l'année, moins l'économie caractéristique mensuelle d'énergie primaire procurée par l'électricité auto produite.

Dans une cinquième étape, on calcule, sur la base de la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire, du volume protégé, de la surface totale de plancher chauffée ou climatisée (A_{ch}) et de la surface à travers laquelle se produisent des déperditions par transmission ($A_{T,E}$), le niveau de consommation d'énergie primaire (niveau E_w).

A différentes étapes des calculs, on a le choix entre une 'approche simple' et un 'calcul plus détaillé'. L'approche simple repose sur des valeurs par défaut. Le calcul détaillé nécessite des données d'entrée supplémentaires et la fourniture d'informations par les entreprises.

5 Schématisation du bâtiment

5.1 Principe

La performance énergétique concerne souvent un sous-volume d'un bâtiment, selon, par exemple, que les espaces sont chauffés (et/ou refroidis) ou non, selon la destination des différentes parties et la présence éventuelle de plusieurs unités d'habitation. C'est pourquoi, pour déterminer la performance énergétique, on subdivise par convention le bâtiment en différentes parties. Chaque sous-volume qui doit satisfaire en soi à une exigence de performance énergétique relative à un bâtiment résidentiel est appelé "unité PER". Au besoin, on procède à une subdivision supplémentaire en zones de ventilation et en secteurs énergétiques afin de pouvoir intégrer correctement différents types d'installations dans les calculs.

Remarque :
La subdivision de l'ensemble du bâtiment considéré pour la détermination de la performance énergétique peut différer de la division à réaliser éventuellement pour l'exigence (les exigences) d'isolation thermique globale (destination industrielle ou non industrielle des différentes parties du bâtiment). On doit pour cela déterminer un (ou des) volume(s) K, défini comme la partie du volume protégé regroupant les destinations soumises à la même exigence d'isolation thermique globale (niveau K).

Une autre subdivision peut encore s'appliquer pour la conception des dispositifs de ventilation (voir annexes C.2 et C.3 au présent arrêté) : le cas échéant, il faut distinguer les parties de bâtiment à destination résidentielle des parties de bâtiment à destination non résidentielle.

5.2 Subdivision du bâtiment

On considère l'ensemble du bâtiment ou l'ensemble de l'extension (d'un bâtiment existant) et l'on procède successivement aux subdivisions suivantes :

- On définit le volume protégé. Le volume protégé doit comprendre au moins tous les espaces chauffés du bâtiment considéré ou de l'extension envisagée qui sont équipés d'éléments de chauffe et/ou de refroidissement (radiateurs, chauffage sol, bouches d'amenée d'air chaud, ventilo-convecteurs, etc.).
- On divise le volume protégé, selon le cas, en une ou plusieurs parties ayant chacune une des destinations suivantes :
  - partie de bâtiment destinée au logement : les exigences en matière de performance énergétique pour les bâtiments résidentiels sont d'application ;
  - destinations non résidentielles pour lesquelles les exigences en matière de performance énergétique sont d'application (voir l'annexe A.2 au présent arrêté) ;
  - autres destinations.
- On considère la partie du volume protégé destinée à l'habitation.
  - Au cas où cette partie dans son ensemble sert au logement individuel (par exemple, habitation individuelle), l'ensemble de cette partie sera décrite par la suite comme unité PER. Cette unité PER doit satisfaire à l'exigence en matière de performance énergétique imposée aux bâtiments résidentiels.
  - Au cas où plus d'une unité d'habitation individuelle se trouve dans cette partie (par exemple, appartements individuels dans un immeuble à appartements), chaque unité d'habitation constitue en soi une unité PER qui doit satisfaire à l'exigence en matière de performance énergétique imposée aux bâtiments résidentiels. Les parties collectives de ce genre

d'immeuble (par exemple, cage d'escalier et couloirs communs) ne sont pas prises en considération dans la détermination de la performance énergétique et ne doivent pas satisfaire à une exigence en matière de performance énergétique. (Mais d'autres exigences peuvent s'appliquer à ces parties collectives comme, par exemple, des valeurs U maximum et la contribution au niveau K du bâtiment dans son ensemble).

- Seule la consommation d'énergie d'une unité PER est considérée dans la présente méthode de détermination. Si nécessaire ou si souhaité, on divise ce volume en plusieurs secteurs énergétiques tel que décrit au § 5.3.

Remarque :

Les espaces du bâtiment considéré ou de l'extension considérée, qui ne sont pas repris dans le volume protégé, sont donc non chauffés par définition.

IMPORTANT :

Espaces adjacents chauffés

Dans le cadre de cette réglementation, on peut toujours partir de l'hypothèse que tous les espaces des bâtiments adjacents existants sont des espaces chauffés (même si ce n'est pas nécessairement le cas physiquement).

Lors de la détermination de la performance énergétique, on suppose qu'aucun flux de chaleur n'a lieu à travers les parois mitoyennes avec des espaces adjacents chauffés.

En dehors de ces parois mitoyennes avec des espaces adjacents chauffés, on tient bien compte, dans la détermination de la performance énergétique, des flux par transmission à travers toutes les autres parois du volume protégé, même si ces parties de l'enveloppe donnent sur une parcelle adjacente.

5.3 Subdivision de l'unité PER en zones de ventilation et en secteurs énergétiques

5.3.1 Principe

Le volume protégé de l'unité PER est divisé en zone de ventilation et en secteurs énergétiques selon la définition mentionnée ci-dessus et selon les règles ci-dessous.

5.3.2 Division en zones de ventilation et en secteurs énergétiques

Généralement, dans une unité PER, il n'y a qu'une seule installation de ventilation, tous les espaces individuels sont chauffés de la même façon et un seul appareil central produit la chaleur. Dans ces cas, il n'est pas nécessaire de subdiviser l'unité PER en zones de ventilation et en secteurs énergétiques : l'ensemble de l'unité PER constitue alors la seule zone de ventilation et le seul secteur énergétique.

C'est uniquement quand plusieurs types d'installations sont présents (ce qui est beaucoup moins fréquent), qu'il faut effectuer une subdivision en zones de ventilation et/ou en secteurs énergétiques tel que décrit ci-dessous.

Les systèmes de ventilation sont subdivisés en quatre types différents (voir également les annexes C.2 et C.3R au présent arrêté) :

- système A : ventilation naturelle,
- système B : ventilation mécanique simple flux par insufflation,
- système C : ventilation mécanique simple flux par extraction,
- système D : ventilation mécanique double flux.

Si des installations de ventilation indépendantes sont présentes dans différentes parties fermées de l'unité PER, de type différent selon la subdivision ci-dessus, chacune de ces parties constitue une zone de ventilation. Un secteur énergétique ne peut pas s'étendre sur différentes zones de ventilation. Il y a donc toujours au moins autant de secteurs énergétiques que de zones de ventilation.

Si on applique un chauffage local (par exemple, chauffage à résistance électrique) dans un espace et que des éléments d'émission de chaleur d'un système de chauffage central y sont également présents, on ne tient pas compte du système de chauffage central présent dans cet espace pour la détermination de la performance énergétique : on s'intéresse uniquement aux caractéristiques du système local. Mais, en présence de feux ouverts ou de poêles à bois, c'est quand même le système de chauffage central qui est pris en considération.

Si différents espaces de la zone de ventilation sont chauffés de différentes façons (après application de la convention ci-dessus en matière de chauffage central et local combiné) de telle sorte que les différents systèmes tombent dans une autre catégorie du Tableau [6], il faut procéder à une subdivision en secteurs énergétiques. Mais cette subdivision n'est pas obligatoire en cas de chauffage central. Dans ce cas, on peut faire les calculs avec le rendement d'émission le plus faible du Tableau [6] dans tout le secteur énergétique et on ne peut plus opter pour la méthode de calcul détaillée selon l'Annexe D de la présente annexe.

Enfin, le fait que plusieurs générateurs de chaleur centraux fournissent séparément de la chaleur à différentes parties de la zone de ventilation entraîne, en principe, une nouvelle subdivision en secteurs énergétiques. Mais cette subdivision n'est pas nécessaire si les générateurs de chaleur ont (arithmétiquement) le même rendement de production (par exemple, dans le cas de l'utilisation de deux chaudières de chauffage identiques pour différentes parties de la zone de ventilation).

(Les mêmes règles de subdivision s'appliquent également quand chaque partie de la zone de ventilation est chauffée par une combinaison de générateurs de chaleur centraux connectés en parallèle, au lieu d'un seul appareil.)

Il est permis de subdiviser l'unité PER en un plus grand nombre de secteurs énergétiques, mais ce n'est pas obligatoire. Un plus grand nombre de secteurs énergétiques entraîne, généralement, davantage de travail de calcul (nécessité de données d'entrée supplémentaires), mais n'influence peu ou pas la valeur calculée de la consommation caractéristique annuelle d'énergie.

Si l'unité PER contient des espaces qui ne sont pas équipés d'un système d'émission de chaleur (par exemple, W.-C., couloirs, rangements, espaces qui ne sont pas immédiatement utilisés comme des chambres à coucher, …), ces espaces doivent être affectés à un secteur énergétique d'un espace adjacent du même étage. Si aucun dispositif d'alimentation en air neuf n'est présent dans l'espace non chauffé considéré mais qu'il y a des dispositifs de transfert d'air montés en intérieur depuis des espaces adjacents (il s'agit, par exemple, d'un espace de passage ou d'extraction, ou d'un espace de rangement), on affecte

l'espace au (à un des) secteur(s) énergétique(s) adjacent(s) d'où le local considéré est approvisionné en air fourni.

On détermine la consommation caractéristique annuelle et de référence d'énergie primaire de l'unité PER selon la présente méthode de détermination.

5.3.3 Volume et surfaces des parois d'un secteur énergétique

Lors de la détermination du volume $V_{sec\ i}$ et des surfaces des parois (tous deux sur la base des dimensions extérieures), la limite entre deux secteurs énergétiques est formée par l'axe de la paroi intermédiaire.

5.3.4 Absence de système de chauffage

Si l'unité PER n'est pas chauffée, c.-à-d. si aucun espace de l'unité PER n'est équipé d'un système d'émission de chaleur, alors il faut considérer, par convention et dans chaque espace, un chauffage local par convecteur électrique avec régulation électronique.

6 Indicateurs de consommation d'énergie primaire

6.1 Niveau de consommation d'énergie primaire

Le niveau de consommation d'énergie primaire de l'unité PER est donné par le rapport entre la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de cette unité PER et une valeur de référence, multiplié par 100 :

Eq. 5 $$E_w = 100 \frac{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}}{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,w}} \quad (-)$$

avec :

E_w le niveau de consommation d'énergie primaire de l'unité PER, (-) ;

$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}$ la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de l'unité PER, calculée selon le § 13.2, en MJ ;

$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,w}$ la valeur de référence pour la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire, en MJ.

Le résultat doit être arrondi à l'unité supérieure.

La valeur de référence pour la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire est donnée par :

Eq. 6 $$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,w} = (E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,heat} + E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,water} + E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,aux}) \cdot A_{ch} \quad (MJ)$$

où :

Eq. 7 $$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,heat} = Q_{heat,net,ann,ref}/0,728 \quad (MJ/m^2)$$

représente la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de référence pour le chauffage.

avec :

Eq. 8 $$Q_{heat,net,ann,ref} = Q_{L,heat,ann,ref} - 4500/A_{ch} - 100 \quad (MJ/m^2)$$

qui donne les besoins annuels nets de référence pour le chauffage en MJ/m².

où :

A_{ch} est la surface totale de plancher chauffée ou climatisée de l'unité PER, en m² ;

$Q_{L,heat,ann,ref}$ donne les besoins annuels nets en énergie dus aux pertes par transmission et par ventilation et est calculé en fonction de la compacité $(V_{EPR}/A_{T,E})$ par les relations suivantes :

Eq. 9

Si $V_{EPR}/A_{T,E} \leq 1$: $Q_{L,heat,ann,ref} = 407/(V_{EPR}/A_{T,E}) + 248 . \beta_{hyg,ref}$

Si $1 < V_{EPR}/A_{T,E} \leq 4$: $Q_{L,heat,ann,ref} = 298/(V_{EPR}/A_{T,E}) + 109 + 248 . \beta_{hyg,ref}$

Si $V_{EPR}/A_{T,E} > 4$: $Q_{L,heat,ann,ref} = 735/(V_{EPR}/A_{T,E}) + 248 . \beta_{hyg,ref}$ (MJ/m²)

avec :

$A_{T,E}$ la surface totale de toutes les parois qui enveloppent l'unité PER et à travers lesquelles des déperditions par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique[1] (voir également le § 5.2), en m² ;

V_{EPR} le volume total de l'unité PER, en m³ ;

$\beta_{hyg,ref}$ le taux de ventilation hygiénique de référence dans l'unité PER, en h^{-1}.

On a :

Eq. 10 $V_{EPR} = \sum_i V_{seci}$ (m³)

et :

Eq. 11 $\beta_{dedic,ref} = 1,5 [0,2 + 0,5 . \exp(-A_{ch}/167)]$ (h^{-1})

avec :

$V_{sec\ i}$ le volume du secteur énergétique i, en m³.

Dans l'Eq. 10, il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques i de l'unité PER.

Eq. 12 $E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,water} = Max[9793,36/A_{ch}; 3324,5/A_{ch} + 100,95]$ (MJ/m²)

représente la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de référence pour l'eau chaude sanitaire.

Eq. 13 $E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,aux} = 53$ (MJ/m²)

représente la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de référence pour les auxiliaires.

[1] Par conséquent, seules les constructions qui constituent la séparation entre l'unité PER et des espaces adjacents chauffés ne sont pas prises en considération dans les calculs pour la détermination de $A_{T,E}$.

6.2 Consommation spécifique annuelle d'énergie primaire

La consommation spécifique annuelle d'énergie primaire de l'unité PER est donnée par le rapport entre la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de cette unité PER et la surface totale de plancher chauffée ou climatisée de cette unité PER :

Eq. 14 $$E_{spec} = \frac{1}{3,6} . \frac{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}}{A_{ch}}$$ (kWh/m²)

avec :

E_{spec}	la consommation spécifique annuelle d'énergie primaire de l'unité PER, en kWh/m².an ;
$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}$	la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de l'unité PER, calculée selon le § 13.2, en MJ ;
A_{ch}	la surface totale de plancher chauffée ou climatisée de l'unité PER, en m².

7 Besoins nets en énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

7.1 Principe

Les besoins nets en énergie pour le chauffage sont calculés par secteur énergétique pour tous les mois de l'année. A cette fin, on détermine chaque fois les déperditions mensuelles totales par transmission et par ventilation à une température conventionnelle, ainsi que les gains mensuels totaux par gains de chaleur internes et solaires. On établit ensuite le bilan énergétique mensuel à l'aide du taux d'utilisation des gains de chaleur.

Les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire sont calculés de manière forfaitaire en fonction du volume de l'unité PER. On peut également tenir compte d'une récupération de chaleur. Seuls les points de consommation suivants sont pris en considération :

- les points de puisage des cuisines ;
- la ou les douche(s) et/ou la ou les baignoire(s) dans la ou les salle(s) de bain.

Tous les autres points de puisage de l'unité PER (y compris donc le ou les lavabo(s) dans les salles de bains) ne sont pas pris en considération.

7.2 Besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage des locaux par secteur énergétique

On détermine les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage par secteur énergétique comme suit :

Eq. 15 Si $\gamma_{heat,sec\ i,m}$ est supérieur ou égal à 2,5, on a :

$$Q_{heat,net,sec\ i,m} = 0$$

Si $\gamma_{heat,sec\ i,m}$ est inférieur à 2,5, on a :

$$Q_{heat,net,sec\ i,m} = Q_{L,heat,sec\ i,m} - \eta_{util,heat,sec\ i,m} \cdot Q_{g,heat,sec\ i,m} \quad \text{(MJ)}$$

avec :

$\gamma_{heat,sec\ i,m}$ le rapport entre les gains de chaleur mensuels et les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique i, déterminé selon le § 7.6 ;

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage du secteur énergétique i, en MJ ;

$Q_{L,heat,sec\ i,m}$ les déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation du secteur énergétique i, en MJ, déterminées selon le § 7.4 ;

$\eta_{util,heat,sec\ i,m}$ le taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur du secteur énergétique i, déterminé selon le § 7.6 ;

$Q_{g,heat,sec\ i,m}$ les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et production de chaleur interne dans le secteur énergétique i, en MJ, déterminés selon le § 7.5.

7.3 Besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire

Les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire i sont donnés par :

Eq. 16 $$Q_{water,bath\ i,net,m} = r_{water,bath\ i,net} . f_{bath\ i} . \max\left[64; 64 + 0,220 . \left(V_{EPR} - 192\right)\right] . t_m \quad (MJ)$$

Les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier i dans une cuisine[2] sont donnés par :

Eq. 17 $$Q_{water,sink\ i,net,m} = r_{water,sink\ i,net} . f_{sink\ i} . \max\left[16; 16 + 0,055 . \left(V_{EPR} - 192\right)\right] . t_m \quad (MJ)$$

avec :

$Q_{water,bath\ i,net,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire i, en MJ ;
$Q_{water,sink\ i,net,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine i, en MJ ;
$r_{water,bath\ i,net}$	un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers la douche ou la baignoire i par récupération thermique de l'écoulement, à calculer selon des règles déterminées par le Ministre, (-) ;
$r_{water,sink\ i,net}$	un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers l'évier de cuisine i grâce à la récupération de chaleur de l'écoulement, à calculer selon des règles déterminées par le Ministre, (-) ;
$f_{bath\ i}$	la part de la douche ou de la baignoire i dans les besoins totaux nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de toutes les douches et de toutes les baignoires de l'unité PER, tel que déterminé ci-dessous, (-) ;
$f_{sink\ i}$	la part de l'évier de cuisine i dans les besoins totaux nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de la (de toutes les) cuisine(s) de l'unité PER, tel que déterminé ci-dessous, (-) ;
V_{EPR}	le volume total de l'unité PER, voir le § 6 ci-dessous, en m³ ;
t_m	la longueur du mois considéré en Ms, voir le Tableau [1].

S'il ne devait y avoir ni douche ni baignoire dans l'unité PER[3], on n'envisage pas de consommation d'eau chaude sanitaire destinée à cette fin. De même, s'il ne devait y avoir aucun évier de cuisine dans l'unité PER3, on n'envisage pas non plus de consommation d'eau chaude sanitaire destinée à cette fin.

Les parts des différents points de puisage sont déterminées comme suit :

Eq. 18 $$f_{bath\ i} = 1 / N_{bath} \text{ et } f_{sink\ i} = 1 / N_{sin\ k} \quad (-)$$

avec :

N_{bath}	le nombre total de douches et de baignoires dans l'unité PER ;
N_{sink}	le nombre total d'éviers de cuisine dans l'unité PER.

[2] D'éventuels autres points de puisage d'eau chaude (par exemple, pour le lave-vaisselle ou le lave-linge) ne sont pas pris en considération. Le cas échéant, plusieurs éviers dans une cuisine sont considérés séparément.

[3] Par exemple dans le cas d'une extension à laquelle une exigence de performance énergétique est imposée.

Tableau [1] : Le numéro du jour caractéristique, la longueur du mois, la température extérieure moyenne et l'ensoleillement total et diffus moyen sur une surface horizontale non ombragée

Mois	Jour caracté-ristique	Longueur du mois t_m (Ms)	Température extérieure moyenne du mois $\theta_{e,m}$ (°C)	$I_{s,tot,hor,m}$ (MJ/m²)	$I_{s,dif,hor,m}$ (MJ/m²)
Janvier	15	2,6784	3,2	71,4	51,3
Février	46	2,4192	3,9	127,0	82,7
Mars	74	2,6784	5,9	245,5	155,1
Avril	105	2,5920	9,2	371,5	219,2
Mai	135	2,6784	13,3	510,0	293,5
Juin	166	2,5920	16,2	532,4	298,1
Juillet	196	2,6784	17,6	517,8	305,8
Août	227	2,6784	17,6	456,4	266,7
Septembre	258	2,5920	15,2	326,2	183,6
Octobre	288	2,6784	11,2	194,2	118,3
Novembre	319	2,5920	6,3	89,6	60,5
Décembre	349	2,6784	3,5	54,7	40,2

7.4 Déperditions de chaleur mensuelles par transmission et ventilation

7.4.1 Principe

Les déperditions de chaleur mensuelles par transmission dans un secteur énergétique sont obtenues en multipliant le coefficient de transfert thermique par transmission par la longueur du mois considéré et par l'écart entre la température intérieure moyenne et la température extérieure mensuelle moyenne.

Le calcul des déperditions de chaleur mensuelles par ventilation s'effectue de façon similaire.

7.4.2 Règle de calcul

On détermine les déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation comme suit :

Eq. 19 $$Q_{L,heat,sec\ i,m} = Q_{T,heat,sec\ i,m} + Q_{V,heat,sec\ i,m} \quad \text{(MJ)}$$

avec :

Eq. 20 $$Q_{T,heat,sec\ i,m} = H_{T,heat,sec\ i} \cdot \left(18 - \theta_{e,m}\right) \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 21 $Q_{V,heat,sec\ i,m} = H_{V,heat,sec\ i} \cdot (18 - \theta_{e,m}) \cdot t_m$ (MJ)

et avec :

$Q_{T,heat,sec\ i,m}$ les déperditions de chaleur mensuelles par transmission du secteur énergétique i, en MJ ;

$Q_{V,heat,sec\ i,m}$ les déperditions de chaleur mensuelles par ventilation du secteur énergétique i, en MJ ;

$H_{T,heat,sec\ i}$ le coefficient de transfert thermique par transmission du secteur énergétique i, en W/K, déterminé selon le § 7.7 ;

$H_{V,heat,sec\ i}$ le coefficient de transfert thermique par ventilation du secteur énergétique i, en W/K, déterminé selon le § 7.8 ;

18 la valeur de calcul imposée par la présente annexe pour la température intérieure, en °C ;

$\theta_{e,m}$ la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, déterminée selon le Tableau [1] ;

t_m la longueur du mois considéré, en Ms, déterminée selon le Tableau [1].

7.5 Gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production interne de chaleur

On détermine les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production interne de chaleur du secteur énergétique i comme suit :

Eq. 22 $Q_{g,heat,sec\ i,m} = Q_{i,sec\ i,m} + Q_{s,heat,sec\ i,m}$ (MJ)

avec :

$Q_{i,sec\ i,m}$ les gains de chaleur mensuels par production interne de chaleur dans le secteur énergétique i, en MJ, déterminés selon le § 7.9 ;

$Q_{s,heat,sec\ i,m}$ les gains de chaleur mensuels par ensoleillement dans le secteur énergétique i, en MJ, déterminés selon le § 7.10.

7.6 Taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels

On détermine le taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels par secteur énergétique comme suit :

Eq. 23 $\eta_{util,heat,sec\ i,m} = a/(a+1)$ pour $\gamma_{heat,sec\ i,m} = 1$

$$\eta_{util,heat,sec\ i,m} = \frac{1 - (\gamma_{heat,sec\ i,m})^a}{1 - (\gamma_{heat,sec\ i,m})^{a+1}} \text{ pour tous les autres cas} \quad (-)$$

avec :

Eq. 24 $\gamma_{heat,sec\ i,m} = Q_{g,heat,sec\ i,m} / Q_{L,heat,sec\ i,m}$ (-)

Eq. 25 $$a = 1 + \frac{\tau_{heat,sec\ i}}{54000} \quad (-)$$

où :

$\gamma_{heat,sec\ i,m}$ le rapport entre les gains de chaleur mensuels et les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique i ;

$Q_{g,heat,sec\ i,m}$ les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production interne de chaleur du secteur énergétique i, en MJ, déterminés selon le § 7.5 ;

$Q_{L,heat,sec\ i,m}$ les déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation du secteur énergétique i, en MJ, déterminées selon le § 7.4 ;

a un paramètre numérique ;

$\tau_{heat,sec\ i}$ la constante de temps du secteur énergétique i, en s.

On suppose que la constante de temps du secteur énergétique i est égale à :

Eq. 26 $$\tau_{heat,sec\ i} = \frac{C_{sec\ i}}{H_{T,heat,sec\ i} + H_{V,heat,sec\ i}} \quad (s)$$

avec :

$C_{sec\ i}$ la capacité thermique effective du secteur énergétique i, en J/K ;

$H_{T,heat,sec\ i}$ le coefficient de transfert thermique par transmission, en W/K, déterminé selon le § 7.7 ;

$H_{V,heat,sec\ i}$ le coefficient de transfert thermique par ventilation, en W/K, déterminé selon le § 7.8.

On prend, pour la capacité thermique effective du secteur énergétique i, les valeurs du

Tableau [2] :

- Le terme 'lourd' s'applique aux secteurs énergétiques dont au moins 90% de la surface des éléments de construction horizontaux, inclinés et verticaux sont massifs.
- Le terme 'mi-lourd' s'applique aux secteurs énergétiques dont au moins 90% des éléments de construction horizontaux sont massifs sans être protégés par une isolation intérieure, ou aux secteurs énergétiques dont au moins 90% des éléments de construction verticaux et inclinés sont massifs.
- Le terme 'peu-lourd' s'applique aux secteurs énergétiques dont 50 à 90% des éléments de construction horizontaux sont massifs sans être protégés par une isolation intérieure, ou aux secteurs énergétiques dont 50 à 90% des éléments de construction verticaux et inclinés sont massifs.
- Le terme 'léger' s'applique à tous les autres secteurs énergétiques.

Dans le présent contexte, un élément de construction est considéré comme :

- horizontal si sa pente est égale à 0° ;
- incliné si sa pente est strictement supérieure à 0° et inférieure à 60° ;
- vertical si sa pente est supérieure ou égale à 60° ;
- massif si sa masse est d'au moins 100 kg/m², déterminée en partant de l'intérieur jusqu'à une lame d'air ou une couche à conductivité thermique inférieure à 0,20 W/(m.K).

Tableau [2] : Valeur de la capacité thermique effective $C_{sec\ i}$ du secteur énergétique i

Type de construction	$C_{sec\ i}$ (J/K)
Lourd	217000 $V_{sec\ i}$
Mi-lourd	117000 $V_{sec\ i}$
Peu-lourd	67000 $V_{sec\ i}$
Léger	27000 $V_{sec\ i}$

avec :

$V_{sec\ i}$ le volume du secteur énergétique i, en m^3.

7.7 Coefficient de transfert thermique par transmission

7.7.1 Principe

Le coefficient de transfert thermique par transmission se développe, comme la géométrie du bâtiment, en trois dimensions. Il faut donc le calculer de manière tridimensionnelle, voir les normes NBN EN ISO 13789 et NBN EN ISO 10211. Ce genre de calcul tridimensionnel sert de référence.

Le calcul tridimensionnel de référence est remplacé, dans la présente annexe, par un calcul simplifié basé sur les principes suivants :

- l'élément principal des déperditions par transmission est unidimensionnel ;
- la surface entourant le volume protégé est continue sauf au droit des parois mitoyennes avec des espaces adjacents chauffés ;
- et les parois sont planes.

Une paroi plane de surface A se caractérise par un coefficient de transmission thermique U. Tous les nœuds constructifs linéaires de longueur l entre deux parois sont affectés d'un coefficient linéaire de transmission thermique Ψ et tous les nœuds constructifs ponctuels sont affectés d'un coefficient ponctuel de transmission thermique χ. Les nœuds constructifs linéaires et ponctuels, propres à une paroi et répartis sur toute la surface de cette paroi, sont repris dans le coefficient de transmission thermique de cette paroi.

Le coefficient de transfert thermique par transmission est déterminé pour toutes les parois entre le secteur énergétique et l'environnement extérieur (air ou eau), le secteur énergétique et le sol, et le secteur énergétique et les espaces adjacents non chauffés. Il faut également prendre ces parois en considération dans la détermination du coefficient de transfert thermique si elles donnent sur une parcelle attenante, voir également le § 5.2.

7.7.2 Règle de calcul

On détermine le coefficient de transfert thermique total par transmission pour chaque secteur énergétique comme suit :

Eq. 27 $$H_{T,heat,sec\ i} = H_{T,sec\ i}^{constructions} + H_{T,h\ sec\ i}^{junctions} \quad (W/K)$$

avec :

$H_{T,sec\ i}^{constructions}$ le coefficient de transfert thermique total par transmission au travers des parois de la surface de déperdition du secteur énergétique i, en W/K ;

$H_{T,h\ sec\ i}^{junctions}$ le coefficient de transfert thermique total par transmission due aux nœuds constructifs du secteur énergétique i, en W/K.

On trouvera davantage d'explications sur les différentes manières de tenir compte des nœuds constructifs (linéaires comme ponctuels) dans l'annexe B.2 au présent arrêté.

On détermine le coefficient de transfert thermique par transmission au travers des parois de la surface de déperdition du secteur énergétique i comme suit :

Eq. 28 $$H_{T,sec\ i}^{constructions} = H_{D,sec\ i}^{constructions} + H_{g,sec\ i}^{constructions} + H_{U,sec\ i}^{constructions} \quad (W/K)$$

avec :

$H_{T,sec\ i}^{constructions}$ le coefficient de transfert thermique total par transmission au travers des parois de la surface de déperdition du secteur énergétique i, en W/K ;

$H_{D,sec\ i}^{constructions}$ le coefficient de transfert thermique par transmission directe entre le secteur énergétique i et l'air extérieur et entre le secteur énergétique i et l'eau, au travers des parois de la surface de déperdition, en W/K ;

$H_{g,sec\ i}^{constructions}$ le coefficient de transfert thermique par transmission au travers des parois de la surface de déperdition du secteur énergétique i vers le sol, en W/K ;

$H_{U,sec\ i}^{constructions}$ le coefficient de transfert thermique par transmission au travers des parois de la surface de déperdition du secteur énergétique i vers l'extérieur via un espace adjacent non chauffé, en W/K.

Les différents termes sont calculés selon les spécifications plus précises de l'annexe B.1 au présent arrêté.

En ce qui concerne les éléments dont les propriétés thermiques ne sont pas connues ou ne peuvent pas être déterminées (par exemple, couches à structure complexe dans les éléments muraux, etc.), on peut toujours supposer que la résistance thermique propre de la couche ou de l'élément est égale à zéro. Le coefficient de transmission thermique totale est alors entièrement déterminé par les résistances des surfaces de contact avec l'environnement intérieur et extérieur (compte tenu des surfaces développées), et, éventuellement, par les résistances thermiques des autres couches de l'élément.

Il ne faut pas tenir compte des passages de conduites (eau, gaz, électricité, égouts, etc.) et des éléments analogues présents dans les parois extérieures, pour autant que leur surface totale ne dépasse pas 0,25% de la surface totale ($A_{T,E}$) de l'unité PER concernée, à travers laquelle surviennent des déperditions par transmission (donc, à l'exception des parois adjacentes à des espaces adjacents chauffés). Dans ce cas, les éléments susmentionnés se voient attribuer la même valeur U que les parois dans lesquels ils se trouvent.

Quant aux volets, il faut supposer par convention qu'ils sont fermés 8 heures par jour[4].

7.8 Coefficient de transfert thermique par ventilation

7.8.1 Principe

On détermine le coefficient de transfert thermique par ventilation en multipliant la capacité thermique sensible de 1 m^3 d'air par la somme des débits d'air suivants :

- le débit d'air moyen résultant de l'infiltration et de l'exfiltration ;
- le débit d'air moyen résultant de la ventilation hygiénique, compte tenu d'un éventuel facteur de réduction pour le préchauffage ou de multiplication pour le prérefroidissement ;
- le cas échéant, le débit d'air moyen résultant d'une surventilation en cas d'application d'une pompe à chaleur sur l'air de ventilation rejeté pour la préparation d'eau chaude sanitaire ;
- et, pour l'évaluation du risque de surchauffe, le débit d'air moyen résultant de la ventilation par ouverture manuelle des parties ouvrantes.

L'extraction mécanique qui évacue la vapeur d'eau pendant la cuisson d'aliments est ignorée. Il en va de même pour l'extraction mécanique présente dans les toilettes ou la salle de bains, lorsque celle-ci assure une extraction plus élevée de manière temporaire mais n'est pas nécessaire pour satisfaire aux exigences de ventilation des annexes C.2 ou C.3 au présent arrêté. En ce qui concerne la consommation d'énergie des ventilateurs des systèmes mécaniques, on se reportera au § 11.2.

7.8.2 Règle de calcul

On détermine le coefficient de transfert thermique par ventilation du secteur énergétique i comme suit :

- pour les calculs de chauffage :

Eq. 29 $$H_{V,heat,sec\,i} = H_{V,inf/exfilt,heat,sec\,i} + H_{V,hyg,heat,sec\,i} + H_{V,over,heat,sec\,i} \quad (W/K)$$

- pour les calculs de refroidissement :

Eq. 30 $$H_{V,cool,sec\,i,m} = H_{V,inf/exfilt,cool,sec\,i} + H_{V,hyg,cool,sec\,i,m} + H_{V,over,cool,sec\,i} \quad (W/K)$$

- pour les calculs de l'indicateur de surchauffe :

Eq. 31 $$H_{V,overh,seci,m} = H_{V,inf/exfilt,overh,seci} + H_{V,hyg,overh,seci,m} + H_{V,over,overh,seci} + H_{V,free,nat,overh,seci} \quad (W/K)$$

avec :

$H_{V,heat,seci}$ le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation du secteur énergétique i pour les calculs de chauffage, en W/K ;

[4] Si les volets ne sont pas commandés depuis l'intérieur, aucune réduction ne s'applique.

$H_{V,cool,seci,m}$ le coefficient de déperdition mensuel de chaleur par ventilation du secteur énergétique i pour les calculs de refroidissement, en W/K ;

$H_{V,overh,seci,m}$ le coefficient de déperdition mensuel de chaleur par ventilation du secteur énergétique i pour les calculs de l'indicateur de surchauffe, en W/K ;

$H_{V,in/exfilt,heat,seci}$, $H_{V,in/exfilt,cool,seci}$ et $H_{V,in/exfilt,overh,seci}$ le coefficient de déperdition de chaleur par in/exfiltration pour la détermination des besoins de chauffage, de refroidissement et pour l'indicateur de surchauffe, déterminé selon le § 7.8.3, en W/K ;

$H_{V,hyg,heat,seci}$ le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation hygiénique pour la détermination des besoins de chauffage, déterminé selon le § 7.8.5, en W/K ;

$H_{V,hyg,cool,seci,m}$ et $H_{V,hyg,overh,seci,m}$ le coefficient de déperdition mensuel de chaleur par ventilation hygiénique pour la détermination des besoins de refroidissement et pour l'indicateur de surchauffe, déterminé selon le § 7.8.5, en W/K ;

$H_{V,over,heat,seci}$, $H_{V,over,cool,seci}$ et $H_{V,over,overh,seci}$ le coefficient de déperdition de chaleur par surventilation pour la détermination des besoins de chauffage, de refroidissement et pour l'indicateur de surchauffe, déterminé selon le § 7.8.7, en W/K ;

$H_{V,free,nat,overh,seci}$ le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrantes pour la détermination de l'indicateur de surchauffe, déterminé selon le § 7.8.8, en W/K.

7.8.3 Coefficient de déperdition de chaleur par in/exfiltration

Les expressions pour les coefficients de déperdition de chaleur par infiltration/exfiltration pour le secteur énergétique i sont les suivantes :

- pour les calculs de chauffage :

Eq. 32 $$H_{V,in/exfilt,heat,sec\,i} = 0{,}34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,heat,sec\,i} \quad (W/K)$$

- pour les calculs de refroidissement :

Eq. 33 $$H_{V,in/exfilt,cool,sec\,i} = 0{,}34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,cool,sec\,i} \quad (W/K)$$

- pour les calculs de l'indicateur de surchauffe :

Eq. 34 $$H_{V,in/exfilt,overh,sec\,i} = 0{,}34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,overh,sec\,i} \quad (W/K)$$

avec :

$\dot{V}_{in/exfilt,heat,seci}$, $\dot{V}_{in/exfilt,cool,seci}$ et $\dot{V}_{in/exfilt,over,seci}$ le débit d'in/exfiltration à travers l'enveloppe non étanche du bâtiment dans le secteur énergétique i, respectivement pour les calculs de chauffage, pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur de surchauffe, tel que déterminé ci-après, en m^3/h.

7.8.4 Débit d'infiltration et d'exfiltration

Le débit moyen d'in/exfiltration à appliquer dans le secteur énergétique i, en m³/h, est donné de manière conventionnelle par :

- pour les calculs de chauffage :

Eq. 35 $\dot{V}_{in/exfilt,heat,sec\,i} = 0{,}04 \cdot \dot{v}_{50,heat} \cdot A_{T,E,seci}$ (m³/h)

- pour les calculs de refroidissement :

Eq. 36 $\dot{V}_{in/exfilt,cool,sec\,i} = 0{,}04 \cdot \dot{v}_{50,cool} \cdot A_{T,E,sec\,i}$ (m³/h)

- pour les calculs de l'indicateur de surchauffe :

Eq. 37 si $H_{V,free,nat,overh,sec\,i} = 0$: $\dot{V}_{in/exfilt,overh,sec\,i} = 0{,}04 \cdot \dot{v}_{50,overh} \cdot A_{T,E,sec\,i}$

si $H_{V,free,nat,overh,sec\,i} > 0$: $\dot{V}_{in/exfilt,overh,sec\,i} = 0$ (m³/h)

avec :

$\dot{V}_{50,heat}$, $\dot{V}_{50,cool}$ et $\dot{V}_{50,overh}$ le débit de fuite à 50 Pa par unité de surface, respectivement pour les calculs de chauffage, les calculs de refroidissement et pour l'indicateur de surchauffe, tel que déterminé ci-après, en m³/(h.m²) ;

$A_{T,E,sec\,i}$ la surface totale de toutes les parois qui enveloppent le secteur énergétique i et à travers lesquelles des déperditions par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique[5] (voir également les § 5 et 7.7), en m².

Si une mesure de l'étanchéité à l'air de l'ensemble de l'unité PER (ou le cas échéant d'une partie plus grande du volume protégé) est réalisée, le débit de fuite à 50 Pa par unité de surface, $\dot{V}_{50,heat}$ et $\dot{V}_{50,cool}$, en m³/(h.m²), est de :

Eq. 38 $\dot{v}_{50,heat} = \dot{v}_{50,cool} = \dot{v}_{50,overh} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_{test}}$ (m³/(h.m²))

avec :

A_{test} la surface totale (sur base des dimensions extérieures) des parois qui enveloppent le volume mesuré lors de l'essai d'étanchéité à l'air, à l'exception des parois contigües à des espaces adjacents chauffés, en m² ;

$\dot{V}_{50}$ le débit de fuite à 50 Pa de l'enveloppe extérieure, en m³/h, déduit de l'essai d'étanchéité à l'air mesuré conformément à la méthode A de la norme NBN EN 13829 et aux spécifications complémentaires déterminées par le Ministre.

[5] Par conséquent, seules les constructions qui constituent la séparation entre le secteur énergétique et des espaces adjacents chauffés, ne sont pas prises en compte dans le calcul de $A_{T,E,sec\,i}$.

Sinon, les valeurs par défaut suivantes sont d'application, en $m^3/(h.m^2)$:

- pour les calculs de chauffage : $\dot{v}_{50,heat} = 12$;
- pour les calculs de refroidissement : $\dot{v}_{50,cool} = 0$;
- pour les calculs de l'indicateur de surchauffe : $\dot{v}_{50,overh} = 0$.

Le Ministre peut déterminer des spécifications complémentaires concernant les mesures d'étanchéité à l'air.

7.8.5 Coefficient de déperdition de chaleur par ventilation hygiénique

Le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation hygiénique est donné par :

- pour les calculs de chauffage :

Eq. 39 $$H_{V,hyg,heat,sec\,i} = 0{,}34\ r_{preh,heat,sec\,i}\ \dot{V}_{hyg,heat,sec\,i} \quad (W/K)$$

- pour les calculs de refroidissement :

Eq. 40 $$H_{V,hyg,cool,sec\,i,m} = 0{,}34\ r_{preh,cool,sec\,i}\ r_{precool,sec\,i,m}\ \dot{V}_{hyg,cool,sec\,i} \quad (W/K)$$

- pour les calculs de l'indicateur de surchauffe :

Eq. 41 $$H_{V,hyg,overh,sec\,i,m} = 0{,}34\ r_{preh,overh,sec\,i}\ r_{precool,sec\,i,m}\ \dot{V}_{hyg,overh,sec\,i} \quad (W/K)$$

avec :

$r_{preh,heat,sec\,i}$, $r_{preh,cool,sec\,i}$ et $r_{preh,overh,sec\,i}$ la valeur du facteur de réduction pour l'effet du préchauffage sur les besoins nets en énergie, respectivement pour les calculs de chauffage, pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur de surchauffe, calculé selon l'Annexe B de la présente annexe,(-) ;

$\dot{V}_{hyg,heat,sec\,i}$, $\dot{V}_{hyg,cool,sec\,i}$ et $\dot{V}_{hyg,overh,sec\,i}$ le débit de ventilation hygiénique dans le secteur énergétique i, respectivement pour les calculs de chauffage, pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur de surchauffe, tel que déterminé ci-après, en m^3/h ;

$r_{precool,seci,m}$ un facteur de multiplication mensuel pour l'effet de pré-refroidissement de l'air de ventilation pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur de surchauffe, calculée selon l'Annexe B de la présente annexe,(-).

7.8.6 Débit de ventilation hygiénique

On détermine le débit de ventilation hygiénique du secteur énergétique i comme suit :

Eq. 42 $$\dot{V}_{hyg,heat,seci} = \left[0{,}2 + 0{,}5 \cdot e^{\left(\frac{-V_{EPR}}{500}\right)}\right] \cdot f_{reduc,vent,heat,seci} \cdot m_{heat,seci} \cdot V_{seci} \quad (m^3/h)$$

Eq. 43 $$\dot{V}_{hyg,cool,seci} = \left[0{,}2 + 0{,}5 \cdot e^{\left(\frac{-V_{EPR}}{500}\right)}\right] \cdot f_{reduc,vent,cool,seci} \cdot m_{cool,seci} \cdot V_{seci} \quad (m^3/h)$$

Eq. 44 $$\dot{V}_{hyg,overh,seci} = \left[0,2 + 0,5 \cdot e^{\left(\frac{-V_{EPR}}{500}\right)}\right] \cdot f_{reduc,vent,overh,seci} \cdot m_{overh,seci} \cdot V_{seci} \quad (m^3/h)$$

avec :

V_{EPR} le volume total de l'unité PER, voir le § 6, en m^3 ;

$f_{reduc,vent,heat,seci}$, $f_{reduc,vent,cool,seci}$ et $f_{reduc,vent,overh,seci}$ un facteur de réduction pour la ventilation dans le secteur énergétique i, respectivement pour les calculs de chauffage, pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur de surchauffe, comme déterminé ci-dessous, (-) ;

$m_{heat,sec\ i}$, $m_{cool,sec\ i}$ et $m_{overh,sec\ i}$ un facteur multiplicateur qui est fonction du système de ventilation dans le secteur énergétique i et de la qualité d'exécution de ce dernier, respectivement pour les calculs de chauffage, pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur de surchauffe comme déterminé ci-dessous ;

$V_{sec\ i}$ le volume du secteur énergétique i, en m^3.

La valeur par défaut de $f_{reduc,vent,heat,seci}$, $f_{reduc,vent,cool,seci}$ et $f_{reduc,vent,overh,seci}$ est 1. Des valeurs plus favorables sont à déterminer selon des règles déterminées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

La valeur du facteur multiplicateur $m_{heat,sec\ i}$, $m_{cool,sec\ i}$ et $m_{overh,sec\ i}$ peut varier entre 1,0 et 1,5. La valeur par défaut de $m_{heat,sec\ i}$ est de 1,5. La valeur par défaut pour $m_{cool,sec\ i}$ et $m_{overh,sec\ i}$ est de 1,0. Pour déterminer des valeurs plus favorables, on se référera à l'Annexe B de la présente annexe.

7.8.7 Coefficient de déperdition de chaleur par surventilation

Pour un système de ventilation mécanique où l'air est extrait mécaniquement, l'air rejeté peut être utilisé par une pompe à chaleur comme source de chaleur pour la préparation d'eau chaude sanitaire.

Dans ce cas, on parle de surventilation lorsque la quantité d'air repris, nécessaire pour le bon fonctionnement de la pompe à chaleur à un moment donné, se situe au-dessus du débit de ventilation hygiénique à ce moment.

L'expression pour les coefficients de déperdition de chaleur par surventilation pour le secteur énergétique i est la suivante :

Eq. 45 $$H_{V,over,heat,sec\ i} = H_{V,over,cool,sec\ i} = H_{V,over,overh,sec\ i} = 0,34 \cdot \dot{V}_{over,sec\ i} \quad (W/K)$$

avec :

$\dot{V}_{over,seci}$ le débit d'air supplémentaire déterminé tel que ci-après, résultant d'une surventilation dans le secteur énergétique i, dans le cas des systèmes à extraction mécanique où une pompe à chaleur utilise l'air rejeté comme source de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire, en m^3/h.

L'effet de la surventilation n'est pas encore pris en compte. On considère donc : $\dot{V}_{over,sec\ i} = 0$.

7.8.8 Coefficient de déperdition de chaleur par ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrantes

L'expression pour le coefficient de perte de chaleur par ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrantes est la suivante :

Eq. 46 $H_{V,free,nat,overh,sec\,i} = 0{,}34 \cdot \dot{V}_{free,nat,overh,sec\,i}$ (m³/h)

avec :

$\dot{V}_{free,nat,overh,sec\,i}$ le débit de ventilation corrigé pour tenir compte de la durée et de la température, utilisé pour la détermination de l'indicateur de surchauffe dans le cas de la ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrantes, en m³/h.

7.8.9 Débit de ventilation corrigé pour l'ouverture manuelle des parties ouvrantes

Eq. 47 $\dot{V}_{free,nat,overh,sec\,i} = 45{,}3 \cdot A_{wo,sec\,i}$ (m³/h)

avec :

$A_{wo,sec\,i}$ la surface nette totale de toutes les parties ouvrantes du secteur énergétique i, qui font partie des éléments de l'enveloppe et qui sont en contact direct avec l'environnement extérieur, en m² ;

où :

Eq. 48 $A_{wo,sec\,i} = \sum_j r_{win,overh,j} \cdot A_{wo,j}$ (m²)

avec :

$A_{wo,j}$ la surface nette des ouvrants considérés de la fenêtre j, tel que déterminé ci-dessous, en m² ;

$r_{win,overh,j}$ un facteur prenant en compte le risque d'effraction, tel que déterminé ci-dessous.

Il faut faire la somme sur toutes les fenêtres j du secteur énergétique i.

Surface nette des ouvrants $A_{wo,j}$ de la fenêtre j

Seules les surfaces du vitrage A_{go}, du panneau de remplissage A_{po} et de la grille de ventilation A_{ro} des parties ouvrantes de la fenêtre sont prises en considération pour le calcul de la surface nette des ouvrants $A_{wo,j}$ (ces surfaces sont mesurées et calculées telles que les surfaces A_g, A_p et A_r définies au § 8 de l'annexe B.1 au présent arrêté) :

Eq. 49 $A_{wo,j} = \sum_k \left(A_{go,k} + A_{po,k} + A_{ro,k} \right)$ (m²)

avec :

$A_{go,k}$ la surface du vitrage de la partie ouvrante k, en m² ;

$A_{po,k}$ la surface du panneau opaque de la partie ouvrante k, en m² ;

$A_{ro,k}$ la surface de la grille de ventilation de la partie ouvrante k, en m².

Il faut faire la somme sur toutes les parties ouvrantes k de la fenêtre j.

Risque d'effraction

Le facteur prenant en compte le risque d'effraction $r_{win,overh,j}$ est déterminé comme suit :

Tableau [25] : Facteur prenant en compte le risque d'effraction $r_{win,overh}$

Type d'ouverture	Risque réel d'effraction	Faible risque d'effraction	Pas de risque d'effraction
Élément oscillant uniquement	0	1/3	1/3
Élément oscillo-battant	0	1/3	1
Élément battant uniquement	0	0	1

Si les éléments ouvrants d'une même fenêtre ont des types d'ouverture différents selon les catégories ci-dessus, on considère le cas le plus défavorable (valeur $r_{win,overh,j}$ la plus basse) pour l'ensemble des éléments de la fenêtre.

Le Ministre peut définir des spécifications complémentaires pour la détermination du risque de d'effraction (réel, faible, aucun).

7.9 Gains de chaleur internes mensuels

7.9.1 Principe

Les gains de chaleur internes sont égaux à toute la chaleur produite dans un secteur énergétique par des sources internes, à l'exception du système de chauffage des locaux : par exemples l'émission de chaleur des personnes, de l'éclairage et des appareils. Dans le cadre de la réglementation, on établit leur valeur de manière forfaitaire. Dans les espaces adjacents non chauffés, les gains de chaleur internes sont par hypothèse égaux à zéro.

7.9.2 Règle de calcul

On détermine les gains de chaleur internes dans un secteur énergétique i pendant un mois donné comme suit :

Eq. 50

$$\text{si } V_{EPR} \leq 192\ m^3 : Q_{i,seci,m} = \left(1,41 . V_{EPR} + 78\right) . \frac{V_{seci}}{V_{EPR}} . t_m$$

$$\text{si } V_{EPR} > 192\ m^3 : Q_{i,seci,m} = \left(0,67 . V_{EPR} + 220\right) . \frac{V_{seci}}{V_{EPR}} . t_m \quad \text{(MJ)}$$

avec :

V_{EPR} le volume total de l'unité PER, voir le § 6 , en m³ ;

$V_{sec\ i}$ le volume du secteur énergétique i, en m³ ;

t_m la longueur du mois considéré, en Ms, voir le Tableau [1].

7.10 Gains solaires mensuels

7.10.1 Principe

Les gains solaires relatifs à un mois donné se composent de la somme de 3 termes :

- les gains solaires par les fenêtres ;
- les gains solaires par les systèmes d'énergie solaire passifs non ventilés ;
- les gains solaires provenant d'espaces adjacents non chauffés.

Les systèmes d'énergie solaire passifs ventilés avec de l'air extérieur ou intérieur doivent être déterminés selon des règles déterminées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence et se baser sur l'annexe F de la norme NBN EN 13790.

7.10.2 Règle de calcul

On détermine les gains solaires dans un secteur énergétique i pendant un mois donné comme suit :

Eq. 51
$$Q_{s,heat,sec\ i,m} = \sum_{j=1}^{m} Q_{s,heat,w,m,j} + \sum_{k=1}^{n} Q_{s,heat,ps,m,k} + \sum_{l=1}^{p} Q_{s,heat,sec\ i,U,m,l} \quad (MJ)$$

avec :

$Q_{s,heat,w,m,j}$ les gains solaires par une fenêtre j pendant le mois considéré, en MJ, déterminés selon le § 7.10.3 ;

$Q_{s,heat,ps,m,k}$ les gains solaires par un système d'énergie solaire passif non ventilé k pendant le mois considéré, en MJ, déterminés selon le § 0 ;

$Q_{s,heat,sec\ i,U,m,l}$ la part des gains solaires, pendant le mois considéré, de l'espace adjacent non chauffé l qui profite indirectement au secteur énergétique i, en MJ, déterminée selon les Annexe A et Annexe C de la présente annexe.

A cette fin, il faut effectuer une somme sur toutes les fenêtres m, tous les systèmes d'énergie solaire passifs non ventilés n et tous les espaces adjacents non chauffés p du secteur énergétique i. La façon de traiter les espaces adjacents non chauffés se trouve à l'Annexe A de la présente annexe.

L'indice 'heat' (c.-à-d. la valeur utilisée pour la détermination des besoins nets en énergie pour le chauffage) est remplacé par l'indice 'cool' pour la détermination des besoins nets en énergie pour le refroidissement et par l'indice 'overh' pour la détermination de l'indicateur de surchauffe.

7.10.3 Gains solaires par une fenêtre

7.10.3.1 Définitions

Une fenêtre est une paroi (partiellement) transparente/translucide. Le châssis, les panneaux de remplissage éventuels et les grilles éventuelles constituent la partie opaque. Les portes pourvues d'un vitrage sont traitées comme des fenêtres. L'importance des gains solaires par une fenêtre dépend de l'écran formé par des éléments de l'environnement étrangers au bâtiment ou liés au bâtiment, par des protections solaires fixes et par des protections solaires mobiles. L'écran formé par des éléments de l'environnement est pris en compte

dans le calcul de l'ensoleillement incident ; l'écran formé par une protection solaire l'est par adaptation du facteur solaire g.

7.10.3.2 Règle de calcul

On détermine les gains solaires par la fenêtre j comme suit :

Eq. 52 $Q_{s,heat,w,m,j} = 0,95 \cdot g_{m,j} \cdot A_{g,j} \cdot I_{s,m,j,shad}$ (MJ)

avec :

0,95	le facteur de réduction lié à la salissure ;
$g_{m,j}$	le facteur solaire mensuel de la fenêtre j, déterminé selon le § 7.10.3.3, (-) ;
$A_{g,j}$	la surface vitrée de la fenêtre j en m² ;
$I_{s,m,j,shad}$	l'ensoleillement de la fenêtre j pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage d'obstacles fixes, en MJ/m², déterminé selon l'Annexe C de la présente annexe.

Si la valeur U de la fenêtre j est déterminée avec la méthode simplifiée, il faut toujours prendre :

Eq. 53 si $U_g \leq U_f$: $A_{g,j} = 0,7\ A_{w,d,j}$

si $U_g > U_f$: $A_{g,j} = 0,8\ A_{w,d,j}$ (m²)

avec :

$A_{w,d,j}$	la surface de l'ouverture de jour de la fenêtre j, en m².

7.10.3.3 Facteur solaire mensuel $g_{m,j}$ d'une fenêtre

7.10.3.3.1 Principe

Le facteur solaire mensuel d'une fenêtre ($g_{m,j}$) est déterminé par le facteur solaire de la partie transparente/translucide de cette fenêtre et par la nature de la protection solaire. A cet égard, il convient d'établir une distinction entre protection solaire intérieure, protection solaire extérieure et protection solaire intégrée. Une protection solaire intérieure se trouve du côté intérieur de la fenêtre, une protection solaire extérieure se trouve du côté extérieur, et une protection solaire intégrée se trouve entre les vitres qui constituent ensemble la partie transparente/translucide. Les protections solaires peuvent se situer dans le plan et en-dehors du plan de la fenêtre. Les volets, volets roulants, stores et persiennes sont des exemples de protections solaires situées dans le plan de la fenêtre. Les marquises, stores à projection et bannes solaires sont des exemples de protections solaires hors du plan de la fenêtre. Une protection solaire composée exclusivement d'écrans architectoniques est traitée comme un élément de l'environnement lié au bâtiment. Par ailleurs, les protections solaires peuvent être fixes, à commande manuelle ou automatique (distinction importante pour la détermination du facteur d'utilisation $a_{C,m,j}$). La position d'une protection solaire fixe est immuable ; les protections solaires à commande manuelle ou automatique ont au moins deux positions. Une commande automatique exige un activateur piloté de manière automatique (par exemple, un moteur) et au moins 1 capteur d'ensoleillement par orientation de façade ou un détecteur d'absence qui referme la protection solaire en cas d'absence. En présence d'une protection solaire intégrée où l'espace intérieur est ventilé avec de l'air intérieur ou extérieur, le facteur solaire doit faire l'objet d'une demande d'équivalence.

7.10.3.3.2 Règle de calcul

On détermine le facteur solaire mensuel d'une fenêtre comme suit :

Eq. 54 $g_{m,j} = 0,9 \cdot (a_{c,m} F_c + (1 - a_{c,m})) \cdot g_{g,\perp}$ (-)

avec :

0,9	une valeur fixe pour la correction de l'angle d'incidence ;
F_c	le facteur de réduction pour protection solaire, déterminé selon le § 7.10.3.4 ;
$a_{c,m}$	le facteur d'utilisation mensuel de la protection solaire, déterminé selon le § 7.10.3.5 ;
$g_{g,\perp}$	le facteur solaire du vitrage pour une incidence normale, déterminé selon la norme NBN EN 410.

Si une fenêtre est équipée de plusieurs systèmes de protection solaire mobile (par exemple, protection intérieure et extérieure), il faut prendre en considération le système qui possède la plus haute valeur F_c pour les calculs de chauffage, et le système possédant la valeur F_c la plus basse pour l'évaluation de l'indicateur de surchauffe et des besoins nets en énergie pour le refroidissement des espaces.

7.10.3.4 Facteur de réduction F_C pour protection solaire

7.10.3.4.1 Protection solaire dans le plan de la fenêtre

Le facteur de réduction pour une protection solaire située dans le plan de la fenêtre est donné par le rapport entre le facteur solaire pour une incidence normale de la combinaison de la partie transparente/translucide et de la protection solaire, et le facteur solaire pour une incidence normale de la seule partie transparente/translucide :

Eq. 55 $F_C = \frac{g_{g+C,\perp}}{g_{g,\perp}}$ (-)

avec :

$g_{g+C,\perp}$	le facteur solaire pour une incidence normale de la combinaison de la partie transparente/translucide et de protection solaire, déterminé selon les normes NBN EN 13363-1, NBN EN 13363-2 ou ISO 15099, NBN EN 13363-1 peut uniquement être appliqué si toutes les conditions spécifiées dans la norme sont respectées ;
$g_{g,\perp}$	le facteur solaire pour une incidence normale pour la partie transparente/translucide de la fenêtre, déterminé selon la norme NBN EN 410.

Si $g_{g+C,\perp}$ n'est pas indiqué, il faut utiliser les valeurs par défaut du

Tableau [3]. Ces valeurs sont indépendantes du facteur solaire de la partie transparente/translucide et restent constantes tout au long de l'année.

Tableau [3] : Valeurs par défaut pour le facteur de réduction F_C pour protection solaire dans le plan de la fenêtre

Système de protection solaire	F_C
Protection solaire extérieure	0,50
Protection solaire intégrée non ventilée	0,60
Protection solaire intérieure	0,90
Tous les autres cas	1,00

7.10.3.4.2 Protection solaire non située dans le plan de la fenêtre

Seules les protections solaires ayant un facteur de transmission solaire (moyenné sur la surface) $\tau_{e,dir,h}$ (angle d'incidence perpendiculaire, transmission hémisphérique) inférieur à 30% sont prises en considération. Les protections solaires qui ne satisfont pas à ce critère sont négligées.

Le facteur de réduction moyen mensuel F_C pour une protection solaire non située dans le plan de la fenêtre est donné par le rapport entre l'ensoleillement mensuel sur la fenêtre ombragée par la protection solaire et l'ensoleillement mensuel de la fenêtre non ombragée :

Eq. 56 $$F_C = \frac{I_{s,m,j,shad,wC}}{I_{s,m,j,shad,woC}} \quad (-)$$

avec :

$I_{s,m,j,shad,wC}$ l'ensoleillement sur la fenêtre j pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage assuré tant par les obstacles fixes que par la protection solaire, en MJ/m², déterminé selon l'Annexe C de la présente annexe. Ceci exige de déterminer l'angle de surplomb α_v. La protection solaire est traitée ici comme si elle était opaque.

$I_{s,m,j,shad,woC}$ l'ensoleillement sur la fenêtre j pour le mois considéré, compte tenu uniquement de l'ombrage d'obstacles fixes, en MJ/m², déterminé selon l'Annexe C de la présente annexe.

7.10.3.5 Facteur d'utilisation mensuel $a_{c,m}$

Le facteur d'utilisation mensuel $a_{c,m}$ doit être déterminé par fenêtre, en fonction du type de commande (manuelle ou automatique) et en fonction de l'orientation φ_j et de l'inclinaison θ_j de la surface vitrée j.

Avec une protection solaire fixe, $a_{c,m}$ est toujours égal à 1.

En cas de protection solaire mobile, on tire $a_{C,m}$ du

Tableau [4]. Les tableaux C1 et C2 sont repris à l'Annexe C de la présente annexe. La valeur varie selon qu'il s'agit de la détermination des besoins nets en énergie pour le chauffage ou pour le refroidissement, ou de l'indicateur de surchauffe.

Tableau [4] : Le facteur d'utilisation moyen $a_{C,m}$, en fonction du type de calcul

Calcul / Commande	Chauffage	Refroidissement	Surchauffe
Manuelle	0,0	0,2	Tableaux C1
Automatique	0,0	max(0 ;Tableaux C2 diminué de 0,1)	Tableaux C2

7.10.4 Gains solaires par un système d'énergie solaire passif non ventilé

7.10.4.1 Définitions

Un système d'énergie solaire passif non ventilé est une construction composée d'une partie extérieure transparente/translucide et d'une partie intérieure opaque, et où aucune circulation d'air extérieur ou intérieur n'a lieu dans la(les) lame(s) d'air (éventuellement) présente(s). Les murs (massifs) avec sur-vitrage, combinés ou non avec une isolation transparente/translucide supplémentaire, en sont des exemples.

7.10.4.2 Règle de calcul

On détermine les gains solaires d'un système d'énergie solaire passif non ventilé k pendant le mois considéré comme suit :

Eq. 57 $$Q_{s,heat,ps,m,k} = g_{eff,t,m,k} \cdot A_{ps,g,k} \cdot I_{s,m,k,shad} \quad (MJ)$$

avec :

$g_{eff,t,m,k}$ le facteur solaire effectif du système k, tel que déterminé ci-après, (-) ;

$A_{ps,g,k}$ la surface transparente/translucide du système d'énergie solaire passif k, en m² ;

$I_{s,m,k,shad}$ l'ensoleillement sur le système k pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage d'obstacles fixes, en MJ/m², déterminé selon l'Annexe C de la présente annexe.

On détermine $g_{eff,t,m,k}$ comme suit :

- concernant les systèmes constructifs extérieurs ayant une transmission non négligeable de l'énergie solaire, la valeur effective est proportionnelle à l'absorption de la partie opaque :

Eq. 58 $$g_{eff,t,m,k} = \alpha \cdot \left(g_{t,h} - c_{m,k} \cdot g_{t,\perp}\right) \frac{U}{U_{te}} \quad (-)$$

- concernant les systèmes constructifs extérieurs ayant une transmission négligeable de l'énergie solaire (par exemple, les constructions dans lesquelles un absorbeur est intégré), on adapte la valeur déterminée sur la base de mesures afin de tenir compte de la résistance thermique de la lame d'air (non ventilée) entre le système constructif et la partie opaque :

Eq. 59 $$g_{eff,t,m,k} = \left(R_{se} + R_t\right) \cdot \left(g_{t,h} - c_{m,k} \cdot g_{t,\perp}\right) \cdot U \quad (-)$$

avec :

Eq. 60 $$U = 1 / \left(R_{se} + R_t + R_{al} + R_i + R_{si}\right)$$ (W/m².K)

Eq. 61 $$U_{te} = 1 / \left(R_{se} + R_t + R_{al}\right)$$ (W/m².K)

et avec :

α le coefficient d'absorption de la partie opaque ;

$g_{t,h}$ le facteur solaire du système constructif pour un rayonnement solaire hémisphérique diffus ;

$c_{m,k}$ un coefficient repris au Tableau [5] ;

$g_{t,\perp}$ le facteur solaire du système constructif sous un angle d'incidence normal ;

U le coefficient de transmission thermique de l'élément de construction, de l'intérieur vers l'extérieur, en W/m².K ;

U_{te} le coefficient de transmission thermique externe de l'élément de construction, depuis la surface qui délimite le système constructif jusqu'à l'environnement extérieur, en W/m².K ;

R_{se} la résistance thermique superficielle externe, en m².K/W ;

R_t la résistance thermique du système constructif, en m².K/W ;

R_{si} la résistance thermique superficielle interne, en m².K/W ;

R_{al} la résistance thermique de la couche d'air (non ventilée) entre la partie opaque et le système constructif, en m².K/W ;

R_i la résistance thermique de la partie opaque derrière le système constructif, en m².K/W.

Tableau [5] : Coefficients $c_{m,k}$ pour le calcul du facteur solaire effectif d'une isolation transparente/translucide sur la base des valeurs mesurées pour l'incidence perpendiculaire et hémisphérique (pour les murs verticaux)

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
S	-0,105	-0,067	-0,023	0,042	0,073	0,089	0,094	0,062	0,005	-0,054	-0,093	-0,105
SO/SE	-0,034	-0,027	-0,010	0,002	0,022	0,037	0,036	0,013	-0,015	-0,025	-0,034	-0,026
O/E	0,054	0,033	0,016	-0,012	-0,005	-0,002	-0,012	-0,007	-0,001	0,024	0,049	0,052
NO/NE	0,002	0,008	0,016	0,030	0,018	0,013	0,013	0,024	0,033	0,014	0,004	0,000
N	0,000	0,000	0,000	0,011	0,021	0,031	0,042	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000

8 Risque de surchauffe et refroidissement

8.1 Principe

Dans un climat froid comme celui de la Belgique, une combinaison raisonnable d'interventions constructives et occupationnelles réduit suffisamment le risque de surchauffe estivale dans les bâtiments résidentiels pour pouvoir se passer de refroidissement actif. Il suffit de ne pas prendre une surface de fenêtres trop grande, de prévoir, si nécessaire, une protection solaire extérieure, de conférer aux murs intérieurs, aux plafonds et aux planchers une hauteur suffisante, une masse thermique suffisamment élevée et accessible, et d'assurer une ventilation supplémentaire la nuit.

Quand il y a encore des plaintes, elles sont généralement liées à une pièce. Les gains solaires par pièce, les gains de chaleur internes, la masse thermique accessible, les possibilités de ventilation et la température souhaitée (différente, par exemple, dans une salle de bains et dans une chambre à coucher) déterminent, entre autres, le risque de surchauffe dans cette pièce et la décision éventuelle de prévoir quand même un refroidissement actif. Une évaluation des risques de surchauffe devrait donc se faire au niveau de chaque pièce. Dans le cadre de la présente annexe, on utilise une méthode très simplifiée qui évalue la surchauffe par secteur énergétique sans donner de réponse définitive quant à la surchauffe possible dans une pièce.

L'évaluation se fait en 3 étapes.

Dans une première étape, pour chaque secteur énergétique, on évalue de façon conventionnelle le risque de surchauffe. Les gains de chaleur normalisés excédentaires sont pris comme indicateur du risque de surchauffe.

Une valeur de l'indicateur de surchauffe inférieure à la limite maximale autorisée ne donne aucune garantie qu'aucun problème de surchauffe ne surviendra. Un réel risque de surchauffe existe pour des valeurs proches de la valeur maximale. Si des problèmes de surchauffe se produisent, il y a de grandes chances pour qu'une installation de refroidissement actif soit installée, avec la consommation d'énergie associée. Pour tenir compte de manière équilibrée de l'effet de cette consommation sur la performance énergétique du bâtiment lors de la conception et de la construction, on introduit le concept de refroidissement fictif. De cette manière, on anticipe de manière conventionnelle l'utilisation éventuelle d'une installation de refroidissement.

Dans une deuxième étape, on définit, en fonction de l'indicateur de surchauffe, une sorte de probabilité conventionnelle qu'une installation de refroidissement actif soit effectivement placée. Deux cas peuvent se présenter :

- si une installation de refroidissement actif est placée dès la construction, on tient toujours entièrement compte des besoins de refroidissement. La probabilité qu'une installation de refroidissement soit placée est alors de 1, quelle que soit la valeur de l'indicateur de surchauffe.
- si on ne place pas de refroidissement actif lors de la construction, on considère un palier pour l'indicateur de surchauffe. Sous ce palier, le risque de surchauffe est considéré comme tellement faible que la probabilité que du refroidissement actif soit installé par après est prise comme étant égale à 0. Entre le palier et la valeur maximale autorisée, on considère conventionnellement une augmentation linéaire de la probabilité entre 0 et 1.

Au cas où la probabilité conventionnelle n'est pas nulle, on calcule, dans une troisième étape, le besoin net en énergie pour le refroidissement sur base des gains de chaleur excédentaires par rapport à la valeur de consigne pour le

refroidissement. On prend conventionnellement 23°C comme valeur de consigne. Lorsqu'une installation de refroidissement actif garanti un confort d'été, on considère que les occupants utiliseront moins les éventuelles protections solaires ou les possibilités de ventilation (nocturne) intensive. Ces installations sont donc considérées différemment que lors de l'évaluation du risque de surchauffe.

8.2 Détermination de l'indicateur de surchauffe

L'exigence pour le risque de surchauffe doit être évaluée au niveau de l'unité PEB. Le calcul ci-après de l'indicateur de surchauffe s'effectue, lui, par secteur énergétique. Le calcul de l'indicateur de surchauffe pour l'ensemble de l'unité PEB se fait exactement de la même manière que celui pour un secteur énergétique. Dans les formules ci-après, il suffit de remplacer partout l'indice "sec i" par l'indice "EPR".

On détermine, par secteur énergétique i, l'indicateur de surchauffe comme étant égal aux gains de chaleur annuels normalisés excédentaires par rapport à la température de consigne du chauffage pour le secteur énergétique i. Cette valeur étant égale à la somme des valeurs mensuelles :

Eq. 62 $$I_{overh,sec\ i} = Q_{excess\ norm,sec\ i,a} = \sum_{m=1}^{12} Q_{excess\ norm,sec\ i,m} \quad (Kh)$$

avec :

Eq. 63 $$Q_{excess\ norm,sec\ i,m} = \frac{\left(1 - \eta_{util,overh,sec\ i,m}\right) \cdot Q_{g,overh,sec\ i,m}}{H_{T,overh,sec\ i,m} + H_{V,overh,sec\ i,m}} \cdot \frac{1000}{3,6} \quad (Kh)$$

et avec :

Eq. 64 $$Q_{g,overh,sec\ i,m} = Q_{i,sec\ i,m} + Q_{s,overh,sec\ i,m} \quad (MJ)$$

Eq. 65 $$\eta_{util,overh,sec\ i,m} = a_m/(a_m + 1) \text{ pour } \gamma_{overh,sec\ i,m} = 1$$

$$\eta_{util,overh,sec\ i,m} = \frac{1 - \left(\gamma_{overh,sec\ i,m}\right)^{a_m}}{1 - \left(\gamma_{overh,sec\ i,m}\right)^{a_m+1}} \text{ pour les autres cas} \quad (-)$$

avec :

Eq. 66 $$\gamma_{overh,sec\ i,m} = Q_{g,overh,sec\ i,m}/Q_{L,overh,sec\ i,m} \quad (-)$$

Eq. 67 $$a = 1 + \frac{\tau_{overh,sec\ i,m}}{54000} \quad (-)$$

Eq. 68 $$Q_{L,overh,sec\ i,m} = Q_{T,overh,sec\ i,m} + Q_{V,overh,sec\ i,m} \quad (MJ)$$

Eq. 69 $$Q_{T,overh,sec\ i,m} = H_{T,overh,sec\ i,m} \cdot \left(23 - \left(\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m}\right)\right) \cdot t_m \quad (MJ)$$

Eq. 70 $$Q_{V,overh,sec\ i,m} = H_{V,overh,sec\ i,m} \cdot \left(23 - \left(\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m}\right)\right) \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 71 $$\tau_{overh,sec\ i,m} = \frac{C_{sec\ i}}{H_{T,overh,sec\ i,m} + H_{V,overh,sec\ i,m}} \quad \text{(s)}$$

avec :

$\eta_{util,overh,sec\ i,m}$ le taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels du secteur énergétique i, pour l'indicateur de surchauffe, (-) ;

$Q_{g,overh,sec\ i,m}$ les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et production de chaleur interne dans le secteur énergétique i pour l'indicateur de surchauffe, en MJ ;

$Q_{i,sec\ i,m}$ les gains de chaleur mensuel par production de chaleur interne dans le secteur énergétique i, en MJ, déterminé selon le § 7.9.2 ;

$Q_{s,overh,sec\ i,m}$ les gains de chaleur mensuel par ensoleillement dans le secteur énergétique i pour l'indicateur de surchauffe, en MJ, déterminé selon le § 7.10 ;

$\gamma_{overh,sec\ i,m}$ le rapport entre les gains de chaleur mensuels et les déperditions de chaleur mensuelles dans le secteur énergétique i pour l'indicateur de surchauffe, (-) ;

$Q_{L,overh,sec\ i,m}$ les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique i par transmission et par ventilation pour l'indicateur de surchauffe, en MJ ;

a_m un paramètre numérique ;

$Q_{T,overh,sec\ i,m}$ les déperditions de chaleur mensuelles par transmission du secteur énergétique i pour l'indicateur de surchauffe, en MJ ;

$Q_{V,overh,sec\ i,m}$ les déperditions de chaleur mensuelles par ventilation du secteur énergétique i pour l'indicateur de surchauffe, en MJ ;

$\theta_{e,m}$ la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, voir le Tableau [1] ;

$\Delta\theta_{e,m}$ une hausse de la température extérieure moyenne mensuelle pour le calcul du besoin net en énergie pour l'indicateur de surchauffe, égale par hypothèse à 1°C ;

$H_{T,overh,sec\ i}$ le coefficient de transfert thermique du secteur énergétique i par transmission pour l'indicateur de surchauffe, en W/K, tel que déterminé ci-dessous ;

$H_{V,overh,sec\ i,m}$ le coefficient de transfert thermique mensuel du secteur énergétique i par ventilation pour l'indicateur de surchauffe, en W/K, déterminé selon le § 7.8.2 ;

$\tau_{overh,sec\ i,m}$ la constante de temps mensuel du secteur énergétique i pour l'indicateur de surchauffe, en s ;

$C_{sec\ i}$ la capacité thermique effective du secteur énergétique i, en J/K, déterminée selon le § 7.6 ;

t_m la longueur du mois considéré, en Ms, voir le Tableau [1].

$H_{T,overh,sec\ i}$ est déterminé selon le § 7.7.2. Toutefois si l'influence des nœuds constructifs est calculée de manière forfaitaire (selon l'option C de l'annexe B.2 au présent arrêté), ce supplément forfaitaire n'est pas pris en considération dans le calcul de l'indicateur de surchauffe.

8.3 Probabilité conventionnelle que du refroidissement actif soit installé

Lors de la détermination de la performance énergétique, on applique par convention la valeur suivante pour la probabilité que du refroidissement actif soit placé (voir le § 8.1 pour plus d'explications) :

- si du refroidissement actif est installé dans le secteur énergétique i, on a : $p_{cool,sec\ i} = 1$ (-)
- si aucun refroidissement actif n'est installé dans le secteur énergétique i, on a :

Eq. 72 $$p_{cool,sec\ i} = \max\left\{0; \min\left(\frac{I_{overh,sec\ i} - I_{overh,thresh}}{I_{overh,max} - I_{overh,thresh}}; 1\right)\right\}$$ (-)

avec :

$I_{overh,thresh}$ la valeur de seuil au-dessus de laquelle il faut tenir compte, pour la détermination de la performance énergétique, d'un risque d'installation de refroidissement actif ultérieure. Cette valeur est par hypothèse égale à 1000 Kh ;

$I_{overh,max}$ la valeur maximale autorisée pour l'indicateur de surchauffe, cette valeur est par hypothèse égale à 6500 Kh.

8.4 Paragraphe vide

Ce paragraphe est volontairement vide.

8.5 Refroidissement

Les besoins nets en énergie pour le refroidissement par mois et par secteur énergétique i sont déterminés comme le produit de la probabilité conventionnelle que l'on installe un refroidissement actif et des besoins nets en énergie fondamentaux pour le refroidissement :

Eq. 73 $$Q_{cool,net,seci,m} = p_{cool,seci} \cdot Q_{cool,net,princ,seci,m}$$ (MJ)

avec :

$p_{cool,sec\ i}$ la probabilité conventionnelle d'installation d'un refroidissement actif, déterminé selon le § 8.3, (-) ;

$Q_{cool,net,princ,sec\ i,m}$ les besoins nets en énergie fondamentaux pour le refroidissement, en MJ, tels que déterminés ci-dessous.

On détermine les besoins nets en énergie fondamentaux pour le refroidissement, $Q_{cool,net,princ,sec\ i,m}$, comme suit :

Eq. 74 si $\lambda_{cool,sec\ i,m}$ est supérieur ou égal à 2,5, on a :

$$Q_{cool,net,princ,sec\ i,m} = 0$$

si $\lambda_{cool,sec\ i,m}$ est inférieur à 2,5, on a :

$$Q_{cool,net,princ,sec\ i,m} = Q_{g,cool,sec\ i,m} - \eta_{util,cool,sec\ i,m} \cdot Q_{L,cool,sec\ i,m}$$ (MJ)

avec :

Eq. 75 $$Q_{g,cool,seci,m} = Q_{i,seci,m} + Q_{s,cool,seci,m} \quad (MJ)$$

Eq. 76 $$\eta_{util,cool,sec\ i,m} = a_m/(1 + a_m) \text{ pour } \lambda_{cool,sec\ i,m} = 1$$

$$\eta_{util,cool,seci,m} = \frac{1 - (\lambda_{cool,seci,m})^{a_m}}{1 - (\lambda_{cool,seci,m})^{a_m+1}} \text{ pour les autres cas} \quad (-)$$

et :

Eq. 77 $$\lambda_{cool,seci,m} = Q_{L,cool,seci,m}/Q_{g,cool,seci,m} \quad (-)$$

Eq. 78 $$a_m = 1 + \frac{\tau_{cool,seci,m}}{54000} \quad (-)$$

Eq. 79 $$Q_{L,cool,seci,m} = Q_{T,cool,seci,m} + Q_{V,cool,seci,m} \quad (MJ)$$

Eq. 80 $$Q_{T,cool,seci,m} = H_{T,cool,seci} \cdot [23 - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})] \cdot t_m \quad (MJ)$$

Eq. 81 $$Q_{V,cool,seci,m} = H_{V,cool,seci,m} \cdot [23 - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})] \cdot t_m \quad (MJ)$$

Eq. 82 $$\tau_{cool,seci,m} = \frac{C_{seci}}{H_{T,cool,seci} + H_{V,cool,seci,m}} \quad (s)$$

avec :

$\eta_{util,cool,sec\ i,m}$ le taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels d'un secteur énergétique i, pour la détermination du besoin de refroidissement, (-) ;

$Q_{g,cool,sec\ i,m}$ les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production de chaleur interne dans le secteur énergétique i pour la détermination du besoin de refroidissement, en MJ ;

$Q_{i,sec\ i,m}$ les gains de chaleur mensuels par production de chaleur interne dans le secteur énergétique i, en MJ, déterminé selon le § 7.9.2 ;

$Q_{s,cool,sec\ i,m}$ les gains de chaleur mensuels par ensoleillement dans le secteur énergétique i pour la détermination du besoin de refroidissement, en MJ, déterminé selon le § 7.10 ;

$\lambda_{cool,sec\ i,m}$ le rapport entre les déperditions de chaleur mensuelles et les gains de chaleur mensuels dans le secteur énergétique i pour la détermination du besoin de refroidissement, (-) ;

$Q_{L,cool,sec\ i,m}$ les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique i par transmission et par ventilation pour la détermination du besoin de refroidissement, en MJ ;

a_m un paramètre numérique ;

$Q_{T,cool,sec\ i,m}$ les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique i par transmission pour la détermination du besoin de refroidissement, en MJ ;

$Q_{V,cool,sec\ i,m}$	les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique i par ventilation pour la détermination du besoin de refroidissement, en MJ ;
$\theta_{e,m}$	la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, voir le Tableau [1] ;
$\Delta\theta_{e,m}$	une hausse de la température extérieure moyenne mensuelle pour le calcul du besoin net en énergie pour le refroidissement, égale par hypothèse à 1°C ;
$H_{T,cool,sec\ i}$	le coefficient de transfert thermique du secteur énergétique i par transmission pour la détermination du besoin de refroidissement, en W/K. Cette valeur est par hypothèse égale à $H_{T,overh,sec\ i}$ tel que déterminé au § 8.2 ;
$H_{V,cool,sec\ i,m}$	le coefficient de transfert thermique mensuel du secteur énergétique i par ventilation pour la détermination du besoin de refroidissement, en W/K, déterminée selon le § 7.8 ;
$\tau_{cool,sec\ i,m}$	la constante de temps mensuel du secteur énergétique i pour la détermination du besoin de refroidissement, en s ;
$C_{sec\ i}$	la capacité thermique effective du secteur énergétique i, en J/K, déterminée selon le § 7.6 ;
23	la température intérieure imposée par la présente annexe pour la détermination du besoin de refroidissement, en °C ;
t_m	la longueur du mois considéré, en Ms, voir le Tableau [1].

Remarque :

Pour le climat belge, le besoin de refroidissement dépend fortement des conditions atmosphériques du moment. Le besoin de refroidissement d'une année météorologique moyenne n'est pas égal au besoin de refroidissement moyen sur différentes années car les années chaudes pèsent relativement plus lourd. Les calculs tiennent compte de ce phénomène, en prenant des températures quelque peu supérieures à la moyenne au long de l'année.

9 Besoins bruts en énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

9.1 Préambule

L'évaluation des besoins bruts en énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire tient compte du système de stockage de chaleur, de distribution de chaleur, d'émission de chaleur et de régulation pour le chauffage des locaux et l'eau chaude sanitaire. Les besoins bruts en énergie représentent l'énergie transmise par les installations de production de chaleur au système de distribution de chaleur (ou de stockage de chaleur) consacré au chauffage des locaux et au système de distribution d'eau chaude sanitaire.

Une installation de chauffage se compose de :

- une installation de production de chaleur. En cas de chauffage central, il s'agit de chaudières (hydroniques), de générateurs (d'air chaud), de pompes à chaleur ou d'installations de cogénération. En cas de chauffage local, la production de chaleur s'effectue dans les émetteurs de chaleur proprement dits ;
- éventuellement un système de stockage de chaleur ;
- un système de distribution de chaleur. Il s'agit de conduites en cas de chauffage central hydronique et de gaines en cas de chauffage à air chaud. Un chauffage local n'a pas de système de distribution de chaleur ;
- un système d'émission de chaleur. Radiateurs, convecteurs, conduites dans le sol, conduites dans le plafond, conduites dans les murs ou grilles en cas de chauffage central ; poêles, radiateurs ou convecteurs en cas de chauffage local ;
- la régulation de chacun de ces systèmes.

Les besoins bruts en énergie pour le chauffage comprennent les besoins nets en énergie pour le chauffage et toutes les déperditions qui surviennent lors du stockage, de la distribution et de l'émission de chaleur ainsi que lors de la régulation de chacun de ces systèmes. Ces déperditions sont calculées via le rendement du système.

Si, dans un secteur énergétique, plusieurs valeurs d'un rendement partiel donné devaient être d'application (par exemple, dans Tableau [6]), il faut calculer avec la valeur la plus négative pour l'ensemble du secteur énergétique. (Le cas échéant, le secteur énergétique peut évidemment être subdivisé en plusieurs secteurs énergétiques plus petits.)

Une installation d'eau chaude sanitaire se compose de :

- une production de chaleur. On distingue ici 2 types : les installations à production instantanée de l'eau chaude sanitaire et les installations à accumulation. Dans les deux cas, l'appareil producteur de chaleur destiné au chauffage des locaux peut fournir la chaleur, ou bien le chauffage et l'eau chaude sanitaire ont chacun leur propre appareil producteur de chaleur ;
- une distribution de chaleur.

Les besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire comprennent les besoins nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire et toutes les déperditions qui surviennent lors de la distribution. Ces déperditions sont calculées via le rendement du système. Au cas où plus d'une installation de production de chaleur assure la production d'eau chaude sanitaire, chacune est associée aux points de puisage qu'elle dessert.

9.2 Besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage

9.2.1 Principe

On obtient les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique i en divisant les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage par le rendement mensuel moyen du système de chauffage. Ce rendement mensuel moyen du système représente le rapport entre la chaleur utile que le système d'émission de chaleur émet chaque mois au profit du secteur énergétique et la chaleur que l'installation de production de chaleur correspondante transmet chaque mois au système de distribution de chaleur (et éventuellement au stockage de chaleur). L'écart entre les deux est déterminé, entre autres, par les flux de déperdition suivants :

- les déperditions de stockage et de distribution non récupérées ;
- un flux de déperdition supplémentaire à travers les parois extérieures à l'arrière, au-dessous ou au-dessus du corps de chauffe ;
- un flux de déperdition supplémentaire résultant de la stratification de la température, à cause de laquelle la température au niveau de référence est plus basse qu'au niveau du plafond ;
- un flux de déperdition supplémentaire dû au fait que le calcul d'une température intérieure un peu basse mais constante de 18°C intègre un abaissement nocturne de la température et des températures diurnes différenciées, et que la régulation n'est pas en mesure de réaliser simplement la différenciation souhaitée ;
- un flux de déperdition supplémentaire du fait que les utilisateurs du bâtiment considèrent la valeur de consigne moins le différentiel comme la température souhaitée.

Les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage sont calculés comme suit :

Eq. 83 $$Q_{heat,gross,sec\ i,m} = \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{\eta_{sys,heat,sec\ i,m}} \quad (MJ)$$

avec :

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage des locaux d'un secteur énergétique i, en MJ ;

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage des locaux d'un secteur énergétique i, en MJ, déterminés selon le § 7.2 ;

$\eta_{sys,heat,sec\ i,m}$ le rendement mensuel moyen du système pour le chauffage d'un secteur énergétique i, déterminé selon le § 9.2.2, (-).

9.2.2 Rendement mensuel moyen du système

9.2.2.1 Principe

Le rendement mensuel moyen du système défini ci-dessus se compose, à son tour, du produit du rendement mensuel moyen de l'émission, de la distribution et du stockage :

Eq. 84 $$\eta_{sys,heat,sec\ i,m} = \eta_{em,heat,sec\ i,m} \cdot \eta_{distr,heat,sec\ i,m} \cdot \eta_{stor,heat,sec\ i,m} \quad (-)$$

avec :

$\eta_{em,heat,sec\ i,m}$ le rendement mensuel moyen d'émission d'un secteur énergétique i, déterminé selon le § 9.2.2.2 ;

$\eta_{distr,heat,sec\ i,m}$ le rendement mensuel moyen de distribution d'un secteur énergétique i, déterminé selon le § 9.2.2.3 ;

$\eta_{stor,heat,sec\ i,m}$ le rendement mensuel moyen de stockage d'un secteur énergétique i, déterminé selon le § 9.2.2.4.

Le rendement mensuel moyen d'émission représente le rapport entre la chaleur utile que les corps de chauffe émettent chaque mois au profit du secteur énergétique et la chaleur totale qu'ils émettent chaque mois. Il comprend aussi bien les déperditions de chaleur inutiles de ces éléments que les déperditions dues à une régulation imparfaite.

Le rendement moyen mensuel de distribution représente le rapport entre la chaleur que les corps de chauffe émettent chaque mois au profit du secteur énergétique et la chaleur que l'/les installation(s) de production de chaleur et/ou le/les ballon(s) de stockage transmet(tent) chaque mois au système de distribution de chaleur.

En cas de stockage d'énergie thermique dans un réservoir tampon, le rendement moyen mensuel de stockage représente le rapport entre la chaleur fournie chaque mois au système de distribution et la chaleur que l'/les installation(s) de production de chaleur transmet(tent) chaque mois au(x) ballon(s) de stockage.

Le rendement de système mensuel moyen d'un système dit "Combilus" est déterminé selon des spécifications complémentaires déterminées par le Ministre. Par "Combilus", on entend une conduite de circulation commune (dans le sens où plusieurs unités PEB sont alimentées par le même appareil "Combilus") qui fournit de la chaleur pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire.

9.2.2.2 Rendement d'émission

Pour simplifier l'approche, on prend les valeurs du Tableau [6]. Pour un calcul détaillé, on se reportera à l'Annexe D de la présente annexe.

Si, dans le cas d'un chauffage central, il y a plus d'un système d'émission dans le secteur énergétique, on tient compte du système ayant le plus mauvais rendement d'émission du Tableau [6]. Dans ce cas, il n'est plus possible d'utiliser l'Annexe D de la présente annexe.

Si, dans un secteur énergétique, il devait y avoir plusieurs types de chauffage local, il faut obligatoirement affiner la subdivision en secteurs énergétiques, afin qu'il ne subsiste plus qu'un seul type dans chaque secteur : voir également le § 5.3.

Tableau [6] : Valeurs de calcul pour le rendement d'émission

Chauffage central		
régulation de la température intérieure	régulation de la température de départ de l'eau du circuit ou de l'air	
	valeur de consigne constante	valeur de consigne variable
commande de la température par local	0,87 (1)	0,89 (1)
Autres	0,85 (1)	0,87 (1)
Chauffage local		
poêle au bois		0,82
poêle au charbon		0,82
poêle au mazout		0,87
poêle au gaz		0,87
radiateur ou convecteur électrique, sans régulation électronique (par exemple, avec bilame)		0,90
radiateur ou convecteur électrique, avec régulation électronique		0,96
chauffage électrique à accumulation, sans capteur externe (par exemple, réglage manuel)		0,85
chauffage électrique à accumulation, avec capteur externe		0,92
chauffage électrique à résistance incorporé dans le plancher, le mur ou le plafond		0,87
Chauffage collectif		
Si plusieurs unités d'habitation disposent d'une installation de production de chaleur commune, les valeurs ci-dessus (relatives au chauffage central) doivent être diminuées comme suit : • si un décompte individuel des coûts de chauffage est établi par unité d'habitation sur la base d'une mesure individuelle de la consommation réelle : on multiplie la valeur d'application ci-dessus par le facteur 0,95 ; • si l'on n'effectue pas ce genre de décompte individualisé réel des coûts de chauffage : on multiplie la valeur d'application ci-dessus par le facteur 0,85. Remarque : la présence ou non d'un décompte individuel doit être évaluée individuellement pour chaque unité d'habitation.		

(1)Si 1 ou plusieurs éléments d'émission de chaleur du secteur énergétique sont (partiellement) installés devant un vitrage, le rendement est diminué de 0,08.

Dans les systèmes de chauffage central, il faut établir une distinction selon la régulation de la température de départ dans le système de distribution[6] :

- soit la valeur de consigne est constante ;
- soit la valeur de consigne change automatiquement (par exemple, avec la température extérieure).

Une régulation rentre dans la catégorie 'commande de la température par local' si l'émission de chaleur est régulée dans tous les locaux du secteur énergétique considéré de telle sorte que l'apport de chaleur se coupe automatiquement dès que la valeur de consigne de la température intérieure est atteinte. Cela peut se faire par exemple au moyen de vannes thermostatiques sur tous les éléments d'émission et/ou par une régulation thermostatique dans chaque pièce. Les vannes d'arrêt simples montées sur les radiateurs ne rentrent pas dans la catégorie 'pilotée par la température'.

9.2.2.3 Rendement de distribution

On prend comme approche simple du rendement mensuel de distribution les valeurs constantes du Tableau [7]. Pour un calcul détaillé, on consultera l'Annexe E de la présente annexe.

Tableau [7] : Rendement de distribution

Installation de chauffage	$\eta_{distr,heat,sec\ i,m}$
Chauffage local	1,00
Chauffage central à eau chaude ou à air chaud, chauffage collectif	
• Toutes les conduites ou les gaines à l'intérieur de la couche d'isolation du volume protégé	1,00
• Une partie des conduites ou des gaines à l'extérieur de la couche d'isolation du volume protégé	0,95

9.2.2.4 Rendement du stockage

On prend comme approche simplifiée du rendement mensuel de stockage les valeurs constantes du

[6] Exemple : une valeur de consigne variable peut être réalisée à l'aide d'une régulation glissante de la température de la chaudière ou d'une vanne à trois voies immédiatement après la chaudière pour autant qu'elle soit équipée d'une régulation automatique à point de consigne variable.

Tableau [8].

Tableau [8] : Rendement de stockage

Stockage de chaleur pour le chauffage dans un (ou plusieurs) réservoir(s) tampon(s)	$\eta_{stor,heat,sec\ i,m}$
Absent	1,00
Présent	
• à l'intérieur du volume protégé	1,00
• à l'extérieur du volume protégé	0,97

9.3 Besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire :

9.3.1 Principe

Les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire sont obtenus en divisant le besoin net en énergie par le rendement mensuel moyen correspondant du système :

Eq. 85 $$Q_{water,bath\ i,gross,m} = r_{water,bath\ i,gross} \cdot \frac{Q_{water,bath\ i,net,m}}{\eta_{sys,bath\ i,m}} \quad (MJ)$$

Eq. 86 $$Q_{water,sink\ i,gross,m} = r_{water,sink\ i,gross} \cdot \frac{Q_{water,sink\ i,net,m}}{\eta_{sys,sink\ i,m}} \quad (MJ)$$

avec :

$Q_{water,bath\ i,net,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire i, en MJ, déterminés selon le § 7.3 ;

$Q_{water,sink\ i,net,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine i, en MJ, déterminés selon le § 7.3 ;

$\eta_{sys,bath\ i,m}$ le rendement mensuel moyen du système pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire i, déterminé selon le § 9.3.2.2 (-) ;

$\eta_{sys,sink\ i,m}$ le rendement mensuel moyen du système pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine i, déterminé selon le § 9.3.2.2, (-) ;

$r_{water,bath\ i,gross}$ un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers le(s) appareil(s) producteur(s) de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou à une baignoire i, par récupération de la chaleur de l'évacuation, à déterminer selon des règles déterminées par le Ministre, (-) ;

$r_{water,sink\ i,gross}$ un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers le(s) appareil(s) producteur(s) de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, par récupération de la chaleur de l'évacuation, à déterminer selon des règles déterminées par le Ministre, (-).

Les facteurs de réduction $r_{water,gross}$ ne peuvent pas être appliqués dans le cas où l'eau chaude sanitaire destinée à la douche, la baignoire ou l'évier de cuisine est soutirée à une conduite de circulation. Dans ce cas, il faut faire appel au principe d'équivalence.

9.3.2 Rendement du système pour l'eau chaude sanitaire

9.3.2.1 Principe

Le rendement du système pour l'eau chaude sanitaire dépend du mode de distribution de l'eau chaude et du mode de puisage. A chaque prélèvement, de l'eau chaude refoule l'eau qui a refroidi entre-temps dans les conduites de puisage. De même, après cette évacuation initiale, l'eau chaude se refroidit lors de son passage dans les conduites de puisage. Les installations à conduite de circulation présentent une déperdition de chaleur proportionnelle à la longueur de la conduite. La conduite de circulation peut concerner aussi bien une unité PER (par exemple, une habitation individuelle) que plusieurs unités PER (par exemple, les différentes unités d'habitation d'un immeuble à appartements à production centrale collective d'eau chaude sanitaire).

Le rendement de système d'un système dit "Combilus" est déterminé selon des spécifications complémentaires déterminées par le Ministre.

9.3.2.2 Règle de calcul

On détermine comme suit le rendement du système dans les salles de bains et les cuisines :

- sans conduite de circulation :

Eq. 87
$$\eta_{sys,bath\ i,m} = \eta_{tubing,bath\ i}$$
$$\eta_{sys,sink\ i,m} = \eta_{tubing,sink\ i} \quad (-)$$

- avec conduite de circulation :

Eq. 88
$$\eta_{sys,bath\ i,m} = \eta_{tubing,bath\ i} \cdot \eta_{water,circk,m}$$
$$\eta_{sys,sink\ i,m} = \eta_{tubing,sink\ i} \cdot \eta_{water,circk,m} \quad (-)$$

avec :

$\eta_{tubing,bath\ i}$ la contribution au rendement du système des conduites d'eau sanitaire vers une douche ou une baignoire i, telle que déterminée ci-dessous, (-) ;

$\eta_{tubing,sink\ i}$ la contribution au rendement du système des conduites d'eau sanitaire vers un évier de cuisine i, telle que déterminée ci-dessous, (-) ;

$\eta_{water,circ\ k,m}$ la contribution au rendement du système des déperditions mensuelles de la conduite de circulation k, telle que déterminée ci-dessous, (-).

On détermine comme suit la contribution des conduites d'eau sanitaire :

Eq. 284
$$\eta_{tubing,bath\ i} = \frac{100}{100 + l_{tubing,bath\ i}/r_{water,bath\ i,net}} \quad (-)$$

Eq. 285
$$\eta_{tubing,sink\ i} = \frac{20}{20 + l_{tubing,sink\ i}/r_{water,sink\ i,net}} \quad (-)$$

avec :

$l_{tubing,bath\ i}$ la longueur des conduites vers une douche ou une baignoire i, en m. S'il n'y a pas de conduite de circulation : on prend la longueur égale à la somme des plus courtes distances à l'horizontale et à la verticale entre le point de raccordement du/des producteur(s) de chaleur concerné(s) pour l'eau chaude sanitaire et le milieu du plancher de la salle de bains considérée. En alternative, on peut également prendre la longueur réelle de la conduite.
S'il y a une conduite de circulation : on prend la longueur égale à la somme des plus courtes distances à l'horizontale et à la verticale entre le point d'embranchement concerné de la conduite de circulation et le milieu du plancher de la salle de bains considérée. En alternative, on peut également prendre la longueur réelle de la conduite ;

$r_{water,bath\ i,net}$ un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers la douche ou la baignoire i par récupération de la chaleur de l'évacuation, à déterminer selon des règles déterminées par le Ministre, (-) ;

$l_{tubing,sink\ i}$ la longueur des conduites vers un évier de cuisine i, en m. S'il n'y a pas de conduite de circulation : on prend la longueur égale à la somme des plus courtes distances à l'horizontale et à la verticale entre le(s) producteur(s) de chaleur concerné(s) pour l'eau chaude sanitaire et le milieu du plancher de la cuisine considérée. En alternative, on peut également prendre la longueur réelle de la conduite. S'il y a une conduite de circulation : on prend la longueur égale à la somme des plus courtes distances à l'horizontale et à la verticale entre le point d'embranchement concerné de la conduite de circulation et le milieu du plancher de la cuisine considérée. En alternative, on peut également prendre la longueur réelle de la conduite ;

$r_{water,sink\ i,net}$ un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers l'évier de cuisine i par récupération de la chaleur de l'évacuation, à déterminer selon des règles déterminées par le Ministre, (-) ;

Comme valeurs par défaut, on utilise :

- $l_{tubing,bath\ i}$ = 10 m
- $l_{tubing,sink\ i}$ = 20 m

On détermine comme suit la contribution de la conduite de circulation k :

Eq. 286
$$\eta_{water,circ\ k,m} = \frac{Q_{water\ out,circ\ k,m}}{Q_{water\ out,circ\ k,m} + t_m . f_{insul,circ\ k} . \sum_j \frac{l_{circ\ k,j} \cdot \left(60 - \theta_{amb,m,j}\right)}{R_{l,j}}} \quad (-)$$

avec :

$$Q_{water\,out,circ\,k,m} = \sum_i \frac{Q_{water,bath\,i,net,m}}{\eta_{tubing,bath\,i}} + \sum_i \frac{Q_{water,sink\,i,net,m}}{\eta_{tubing,sink\,i}}$$

Eq. 287

$$+ \sum_i \frac{Q_{water,other\,i,net,m}}{\eta_{tubing,other\,i}} + \sum_l Q_{water,ncalc,res,unit\,l,gross,m} + \sum_m Q_{water,ncalc,nres,bath\,m,gross,m} + \sum_n Q_{water,ncalc,nres,sink\,n,gross,m} \quad \text{(MJ)}$$

et :

t_m	la longueur du mois considéré, en Ms, voir le Tableau [1] ;
$f_{insul,circ\,k}$	un facteur de correction pour prendre en compte l'effet des ponts thermiques sur la résistance thermique des segments de la conduite de circulation k, telle que déterminé ci-dessous en fonction des propriétés de la conduite de circulation, (-) ;
$l_{circ\,k,j}$	la longueur du segment j de la conduite de circulation k, en m ;
$\theta_{amb,m,j}$	la température ambiante moyenne mensuelle du segment de conduite j, en °C : - si le segment de conduite se trouve à l'intérieur du volume protégé, alors : $\theta_{amb,m,j} = 18$; - si le segment de conduite se trouve dans un espace adjacent non chauffé, alors : $\theta_{amb,m,j} = 11 + 0,4.\theta_{e,m}$; - si le segment de conduite se trouve à l'extérieur, alors : $\theta_{amb,m,j} = \theta_{e,m}$; où : $\theta_{e,m}$ la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, selon le Tableau [1] ;
$R_{l,j}$	la résistance thermique linéaire du segment de conduite j, en m.K/W, déterminée selon le § E.3 de la présente annexe ;
$Q_{water,bath\,i,net,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire i, en MJ, déterminés selon le § 7.3 pour les unités PER et selon le § 5.10 de l'annexe A.2 pour les unités PEN, en MJ ;
$Q_{water,sink\,i,net,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine i, en MJ, déterminés selon le § 7.3 pour les unités PER et selon le § 5.10 de l'annexe A.2 pour les unités PEN.
$Q_{water,other\,i,net,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un autre point de puisage d'eau chaude i, en MJ, déterminés selon le § 5.10 de l'annexe A.2 ;
$\eta_{tubing,other\,i}$	la contribution au rendement du système des conduites d'eau sanitaire vers un autre point de puisage d'eau chaude i, (-), déterminée selon le § 6.5 de l'annexe A.2 ;
$Q_{water,ncalc,res,unit\,l,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une unité résidentielle l qui n'est pas une unité PER, en MJ, tels que déterminés ci-dessous ;
$Q_{water,ncalc,nres,bath\,m,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire m se trouvant

dans un bâtiment avec une destination non résidentielle et non industrielle et ne faisant pas partie d'une unité PEN, en MJ, tels que déterminés ci-dessous ;

$Q_{water,ncalc,nres,sink\ n,gross,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine n se trouvant dans un bâtiment avec une destination non résidentielle et non industrielle et ne faisant pas partie d'une unité PEN, en MJ, tels que déterminés ci-dessous.

Pour la détermination de $\eta_{water,circ\ k,m}$, il faut effectuer une somme sur tous les segments j de la conduite de circulation k.

Pour la détermination de $Q_{water\ out,circ\ k,m}$, il faut effectuer une somme sur :

- l'ensemble des douches, baignoires et éviers de cuisine i se trouvant dans une unité PER ou PEN et connectés à la conduite de circulation k ;
- l'ensemble des autres points de puisage d'eau chaude i se trouvant dans une unité PEN et connectés à la conduite de circulation k ;
- l'ensemble des unités résidentielles l qui ne sont pas des unités PER et qui sont connectés à la conduite de circulation k ;
- l'ensemble des douches et baignoires m et éviers de cuisine n se trouvant dans un bâtiment avec une destination non résidentielle et non industrielle, ne faisant pas partie d'une unité PEN, et qui sont connectés à la conduite de circulation k.

Le facteur de correction $f_{insul,circ\ k}$ dépend des propriétés de la conduite de circulation et des accessoires. Trois cas sont distingués.

Cas 1

Si la conduite de circulation et les accessoires satisfont à toutes les exigences ci-dessous, alors $f_{insul,circ\ k} = 1,1$.

- L'isolation de chaque coude (*) est exécutée dans le même matériau et a la même épaisseur que l'isolation des segments de conduites adjacentes. Elle est posée de manière telle que l'isolation soit continue.
- L'isolation n'est interrompue par aucune fixation de la conduite.
- L'isolation de la conduite principale n'est pas interrompue au niveau des branchements (*) et l'isolation thermique des conduites de puisage, le cas échéant, sera continue par rapport à l'isolation de la conduite principale.
- Chaque élément de robinetterie (**) a une résistance thermique équivalente satisfaisant à la règle suivante :

Eq. 288 $R_{eq,tap} \geq \max(R_{l,j})$ (m.K/W)

avec :

$R_{eq,tap}$ la résistance thermique équivalente de l'isolation thermique de l'élément de robinetterie, déterminé comme ci-dessous, en m.K/W ;

$R_{l,j}$ la résistance thermique linéaire du segment de conduite j auquel l'élément de robinetterie est connecté, tel qu'établi au § E.3, en m.K/W.

Il faut prendre la valeur maximale de tous les segments de conduite j connectés à l'élément de robinetterie.

- Chaque corps de pompe est pourvu d'un manteau en matériau isolant avec un coefficient de conductivité $\lambda_{insul,pumps}$ et une épaisseur minimale d'isolant i $d_{insul,pumps}$ pour lesquels :

Eq. 289 $$\frac{d_{insul,pumps}}{\lambda_{insul,pumps}} \geq 0,5 \quad \text{(m.K/W)}$$

avec :

$d_{insul,pumps}$ la plus courte distance entre les surfaces intérieure et extérieure de l'enveloppe isolante autour de la pompe, en ne tenant pas compte des pièces mobiles de commande, d'écrans d'affichage et des parties spécifiquement destinées à protéger l'électronique de la pompe contre la surchauffe (ailettes de refroidissement), en m ;

$\lambda_{insul,pumps}$ la conductivité thermique de l'isolation thermique autour de la pompe, en W/(m.K).

NOTE (*) Pour la conduite de circulation complète, il est possible de s'écarter des exigences décrites ci-dessus pour n_{exc} coudes ou branchements, n_{exc} étant déterminé comme ci-dessous.

NOTE (**) Elément de robinetterie : sont considérés dans cette annexe comme élément de robinetterie (à isoler) : collecteur, vanne d'isolement, vanne de régulation, robinet de purge, clapet anti-retour, débourbeur ou pot de décantation et bouteille casse-pression. .

Cas 2

Si le cas 1 n'est pas d'application mais que la conduite de circulation et les accessoires satisfont à toutes les exigences ci-dessous, alors $f_{insul,circ\ k} = 1,3$.

- L'isolation de chaque coude (*) est exécutée dans le même matériau et a la même épaisseur que l'isolation des segments de conduites adjacentes. Elle est posée de manière telle que l'isolation soit continue.
- L'isolation n'est interrompue par aucune fixation de la conduite
- L'isolation de la conduite principale n'est pas interrompue au niveau des branchements (*) et l'isolation thermique des conduites de puisage, le cas échéant, sera continue par rapport à l'isolation de la conduite principale.

NOTE (*) Pour la conduite de circulation complète, il est possible de s'écarter des exigences décrites ci-dessus pour n_{exc} coudes ou branchements, n_{exc} étant déterminé comme ci-dessous.

Cas 3

Dans tous les autres cas, $f_{insul,circ\ k} = 2$. Cette valeur est aussi la valeur par défaut.

On détermine la résistance thermique équivalente de l'élément de robinetterie, $R_{eq,tap}$, comme suit :

Eq. 290 $$R_{eq,tap} = \frac{1}{2.\pi.\lambda_{insul,\ tap}} \ln\left(\frac{D_{e,\ eq,tap}}{D_{i,\ eq,tap}}\right) + \frac{1}{h_{se,\ tap}.\pi.D_{e,\ eq,tap}} \quad \text{(m.K/W)}$$

avec :

Eq. 291 $D_{e,eq,tap} = D_{i,eq,tap} + 2 \cdot d_{insul,tap}$ (m)

Eq. 292 $D_{i,eq,tap} = \max(D_{i,j})$ (m)

et :

$\lambda_{insul,tap}$ la conductivité thermique de l'isolation thermique autour de l'élément de robinetterie, en W/(m.K) ;

$D_{e,eq,tap}$ le diamètre extérieur équivalent de l'isolation autour de l'élément de robinetterie, en m ;

$D_{i,eq,tap}$ le diamètre extérieur équivalent de l'élément de robinetterie non isolé, en m ;

$d_{insul,tap}$ la plus courte distance entre les surfaces intérieure et extérieure de l'enveloppe isolante autour de l'élément de robinetterie, ne tenant pas compte des organes de commande, en m ;

$D_{i,j}$ le diamètre extérieur du segment de conduite j non isolée auquel l'élément de robinetterie est connecté, en m ;

$h_{se,tap}$ le total des coefficients de transmission thermique externe (par convection et par rayonnement) de l'élément de robinetterie, en W/(m².K), supposé égal à :
- à l'intérieur du volume protégé : $h_{se,tap} = 8$;
- dans un espace adjacent non chauffé : $h_{se,tap} = 10$;
- à l'extérieur : $h_{se,tap} = 25$.

Il faut prendre la valeur maximale de tous les segments de conduite j connectés à l'élément de robinetterie.

Le nombre de coudes ou de branchements pour lequel le non respect des exigences d'isolation est accepté, n_{exc}, est déterminé comme suit :

Eq. 293 $$n_{exc} = \frac{\sum_j l_{circ\ k,j}}{100}$$ (-)

avec :

$l_{circ\ k,j}$ la longueur du segment j de la conduite de circulation k, en m.

Il faut faire une somme sur tous les segments j de la conduite de circulation k. Le résultat doit être arrondi à l'unité supérieure.

On détermine les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une unité résidentielle l qui n'est pas une unité PER, $Q_{water,ncalc,res,unit\ l,gross,m}$, comme suit :

Eq. 294 $$Q_{water,ncalc,res,unit\ l,gross,m} = \frac{\max\left[64;\ 64 + 0{,}220 \cdot \left(V_{unit\ l} - 192\right)\right] \cdot t_m}{\eta_{tubing,ncalc,res,unit\ l}}$$ (MJ)

avec :

$V_{unit\ l}$ le volume total de l'unité résidentielle l, en m³ ;

t_m la longueur du mois considéré, en Ms, voir le Tableau [1] ;

$\eta_{tubing,ncalc,res,unit\ l}$ la contribution au rendement du système des conduites d'eau chaude sanitaire dans l'unité résidentielle l, (-), déterminée comme $\eta_{tubing,bath\ i}$ avec, par convention :

- $r_{water,bath\ i,net} = 1$ et
- $l_{tubing,bath\ i} = 5$ m.

Comme valeur par défaut, on utilise : $V_{unit\ l} = 0$.

On détermine les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire m se trouvant dans un bâtiment avec une destination non résidentielle et non industrielle et ne faisant pas partie d'une unité PEN, $Q_{water,ncalc,nres,bath\ m,gross,m}$, comme suit :

Eq. 295 $$Q_{water,ncalc,nres,bath\ m,gross,m} = \frac{213 \cdot t_m}{\eta_{tubing,ncalc,nres,bath\ m}} \quad \text{(MJ)}$$

avec :

t_m la longueur du mois considéré, en Ms, voir le Tableau [1] ;

$\eta_{tubing,ncalc,nres,bath\ m}$ la contribution au rendement du système des conduites d'eau chaude sanitaire vers une douche ou une baignoire m, (-), déterminée comme $\eta_{tubing,bath\ i}$ avec, par convention :

- $r_{water,bath\ i,net} = 1$ et
- $l_{tubing,bath\ i} = 5$ m.

On détermine les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine n se trouvant dans un bâtiment avec une destination non résidentielle et non industrielle et ne faisant pas partie d'une unité PEN, $Q_{water,ncalc,nres,sink\ n,gross,m}$, comme suit :

Eq. 296 $$Q_{water,ncalc,nres,sink\ n,gross,m} = \frac{A_{f,sink} \cdot 30,53 \cdot t_m}{\eta_{tubing,ncalc,nres,sink\ n}} \quad \text{(MJ)}$$

avec :

$A_{f,sink}$ la surface d'utilisation des espaces nécessaires à la préparation des repas, en m², déterminée selon le § 5.10.2 de l'annexe A.2 ;

t_m la longueur du mois considéré, en Ms, voir le Tableau [1] ;

$\eta_{tubing,ncalc,nres,sink\ n}$ la contribution au rendement du système des conduites d'eau chaude sanitaire vers un évier de cuisine n, (-), déterminée comme $\eta_{tubing,sink\ i}$ avec, par convention :

- $r_{water,sink\ i,net} = 1$ et
- $l_{tubing,sink\ i} = 5$ m.

10 Consommation finale d'énergie pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement

10.1 Préambule

Les appareils de production de chaleur entrent en compte dans l'évaluation de la consommation finale d'énergie. Cela se fait généralement par le biais du rendement de production et, pour les pompes à chaleur, par le biais du facteur de performance saisonnier (SPF). Le cas échéant, on tient compte en même temps de la contribution utile des systèmes d'énergie solaire thermique. Une procédure spécifique s'applique au refroidissement.

Lors de l'extension d'un bâtiment, les cas suivants peuvent se présenter :

- si l'extension est chauffée par un nouvel appareil de production de chaleur qui fonctionne indépendamment des appareils existants, on applique la procédure ci-dessous dans son entièreté.
- si on place de nouveaux appareils de production de chaleur qui fonctionnent en combinaison avec les appareils existants, il faut appliquer la procédure ci-dessous sans prendre les appareils existants en considération.
- si on ne place pas d'appareils supplémentaires, mais que l'on fait uniquement usage d'appareils existants, alors on applique la procédure aux appareils existants. Si toutes les informations nécessaires ne sont pas disponibles, on peut alors utiliser des valeurs par défaut.

10.2 Consommation finale mensuelle d'énergie pour le chauffage des locaux

10.2.1 Principe

L'énergie nécessaire pour chauffer un secteur énergétique peut être fournie par un seul appareil de production ou par une combinaison d'appareils connectés en parallèle. Afin de traiter ce dernier cas, on introduit le formalisme d'un appareil connecté préférentiel d'une part et d'un ou des appareil(s) connecté(s) non préférentiel(s) d'autre part. Dans le cas (le plus courant) où il n'y a pas d'appareils connectés en parallèle, cela correspond à une part préférentielle de 100%. Les expressions ci-après donnent alors comme résultat une consommation nulle pour les appareils non préférentiels.

Ce principe s'applique également aux pompes à chaleur équipées d'une résistance électrique intégrée, où la pompe à chaleur et la résistance électrique peuvent fonctionner comme des appareils de production connectés en parallèle. Le Ministre peut définir des spécifications complémentaires et/ou divergentes pour la prise en compte des pompes à chaleur équipées d'une résistance électrique intégrée.

10.2.2 Règle de calcul

La consommation finale d'énergie pour le chauffage par mois et par secteur énergétique, sans compter l'énergie des auxiliaires, est donnée par :

Eq. 93
$$Q_{heat,final,sec\ i,m,pref} = \frac{f_{heat,m,pref} \cdot (1 - f_{as,heat,sec\ i,m}) \cdot Q_{heat,gross,sec\ i,m}}{\eta_{gen,heat,pref}} \quad (MJ)$$

Eq. 297
$$Q_{heat,final,sec\ i,m,npref} = \sum_{k} \frac{f_{heat,m,npref\ k} \cdot (1 - f_{as,heat,sec\ i,m}) \cdot Q_{heat,gross,sec\ i,m}}{\eta_{gen,heat,npref\ k}} \quad (MJ)$$

où :

$f_{heat,m,pref}$ la fraction mensuelle de la quantité totale de chaleur fournie par le(s) producteur(s) de chaleur préférentiel(s), tel que déterminée ci-dessous ;

$f_{heat,m,npref\ k}$ la fraction mensuelle de la production de chaleur totale fournie par le(s) producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) k, tel que déterminée ci-dessous, (-) ;

$f_{as,heat,sec\ i,m}$ la part des besoins thermiques totaux pour le chauffage d'un secteur énergétique i, couverte par le système d'énergie solaire thermique, déterminée selon le § 10.4, (-) ;

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique i, déterminés selon le § 9.2, en MJ ;

$\eta_{gen,heat,pref}$ le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur préférentiel(s), déterminé selon le § 10.2.3, (-) ;

$\eta_{gen,heat,npref}$ le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur non préférentiel(s), déterminé selon le § 10.2.3, (-) ;

En ce qui concerne le regroupement et la répartition de producteurs de chaleur préférentiels et non préférentiels, on applique les mêmes règles que celles spécifiées aux § 7.1 et § 7.2.1 de l'annexe A.2 au présent arrêté.

On détermine la fraction mensuelle de la quantité totale de chaleur fournie par le(s) générateur(s) préférentiel(s) comme suit :

- s'il n'y a qu'un seul type de générateur de chaleur, $f_{heat,m,pref} = 1$;
- sinon :
  - si le générateur de chaleur préférentiel n'est ni une cogénération sur site, ni une pompe à chaleur utilisant l'air extérieur comme source de chaleur, les valeurs de $f_{heat,m,pref}$ doivent être reprises du Tableau [34]. Pour appliquer le Tableau [34], il faut faire une interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires de x_m ;
  - si le générateur de chaleur préférentiel est une installation de cogénération, les valeurs de $f_{heat,m,pref}$ doivent être reprises du Tableau [10] ;
  - si le générateur de chaleur préférentiel est une pompe à chaleur utilisant l'air extérieur comme source de chaleur, les valeurs de $f_{heat,m,pref}$ doivent être reprises du Tableau [35]. Pour appliquer le Tableau [35], il faut faire une interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires de x_m.

La régulation entre appareils préférentiels et non préférentiels est une "régulation additionnelle de puissance de pointe" si le(s) appareil(s) non préférentiel(s) ne fonctionne(nt) qu'au moment où la demande de puissance est supérieure à la puissance que peut fournir l'appareil préférentiel, et si durant cette période l'appareil préférentiel fonctionne à pleine puissance. Si l'appareil préférentiel est coupé pendant cette période et dans tout autre cas, une "régulation de commutation de puissance de pointe" est d'application.

Un appareil préférentiel est acceptable en tant qu'appareil avec modulation restreinte si la puissance ne peut être modulée sous le seuil des 80% de la puissance nominale, en réponse à une demande de chaleur variable. Sinon, l'appareil est considéré comme appareil préférentiel modulant.

Les valeurs de $f_{heat,m,pref}$ sont toujours exprimées en fonction de la variable auxiliaire x_m. Cette variable auxiliaire est déterminée selon le § 7.3.1 de l'annexe A.2 au présent arrêté.

Tableau [34] : Fraction mensuelle de la chaleur totale fournie par le(s) générateur(s) préférentiel(s), $f_{heat,m,pref}$ - cas où le système de production préférentiel n'est ni une cogénération, ni une pompe à chaleur utilisant l'air extérieur comme source de chaleur

Variable auxiliaire x_m	Appareil préférentiel modulant		Appareil préférentiel avec modulation restreinte	
	Régulation de commutation de puissance de pointe	Régulation additionelle de puissance de pointe	Régulation de commutation de puissance de pointe	Régulation additionelle de puissance de pointe
$x_m = 0$	1,00	1,00	0	0
$x_m = 0,05$	0,99	1,00	0	0
$x_m = 0,15$	0,97	0,99	0,04	0,06
$x_m = 0,25$	0,93	0,99	0,08	0,14
$x_m = 0,35$	0,87	0,97	0,15	0,25
$x_m = 0,45$	0,78	0,96	0,20	0,38
$x_m = 0,55$	0,62	0,92	0,19	0,49
$x_m = 0,65$	0,48	0,86	0,16	0,55
$x_m = 0,75$	0,35	0,79	0,13	0,56
$x_m = 0,85$	0,28	0,74	0,11	0,57
$x_m = 0,95$	0,25	0,71	0,10	0,56
$x_m = 1,05$	0,16	0,63	0,06	0,53
$x_m = 1,15$	0,15	0,61	0,06	0,52
$x_m = 1,25$	0,14	0,59	0,06	0,52
$x_m = 1,35$	0,09	0,51	0	0,45
$x_m = 1,45$	0,08	0,47	0	0,41
$x_m = 1,55$	0,07	0,46	0	0,41
$x_m = 1,65$	0,07	0,46	0	0,40
$x_m = 1,75$	0,06	0,44	0	0,40
$x_m = 1,85$	0,05	0,44	0	0,37
$x_m = 1,95$	0	0,39	0	0,33
$x_m = 2,05$	0	0,36	0	0,32
$x_m = 2,15$	0	0,35	0	0,31
$x_m = 2,25$	0	0,34	0	0,29
$x_m = 2,35$	0	0,31	0	0,28
$x_m = 2,45$	0	0,30	0	0,28
$x_m = 2,55$	0	0,30	0	0,28
$x_m = 2,65$	0	0,30	0	0,27
$x_m = 2,75$	0	0,28	0	0,26
$x_m = 2,85$	0	0,28	0	0,26
$x_m = 2,95$	0	0,27	0	0,26
$x_m = 3,00$	0	0,25	0	0,24
$3,00 < x_m$	0	0,25	0	0,24

Tableau [10] : Valeurs de la fraction mensuelle de chaleur totale fournie par le(s) générateur(s) préférentiel(s), $f_{heat,m,pref}$ - cas où le système de production préférentiel est une cogénération

Cas		Fraction mensuelle
$V_{stor,cogen} < V_{stor,30\ min}$	$0 \leq x_m < 0,3$	0
	$0,3 \leq x_m < 0,9$	$\frac{2}{3} \cdot x_m - 0,2$
	$0,9 \leq x_m < 1,3$	$0,43 \cdot x_m + 0,013$
	$1,3 \leq x_m < 8,9$	$\frac{1,05 \cdot x_m - 0,245}{(x_m + 0,1)^2}$
	$8,9 \leq x_m$	$\frac{1}{x_m}$
$V_{stor,cogen} \geq V_{stor,30\ min}$	$0 \leq x_m < 0,05$	0
	$0,05 \leq x_m < 0,35$	$1,66 \cdot x_m - 0,083$
	$0,35 \leq x_m < 0,9$	$0,36 \cdot x_m + 0,376$
	$0,9 \leq x_m < 8,9$	$\frac{1,05 \cdot x_m - 0,245}{(x_m + 0,1)^2}$
	$8,9 \leq x_m$	$\frac{1}{x_m}$

Les symboles présents dans le tableau sont définis comme suit :

$V_{stor,cogen}$ le volume d'eau du ballon, servant au stockage de chaleur fournie par l'installation de cogénération, en m³ ;

$V_{stor,30\ min}$ le volume d'eau minimal du ballon afin de couvrir pendant 30 minutes la production de l'installation de cogénération sur site à pleine puissance, en m³, tel que déterminé au § A.6 de l'annexe A.2 au présent arrêté, en m³.

Tableau [35] : Valeurs de la fraction mensuelle de chaleur totale fournie par le(s) générateur(s) préférentiel(s), $f_{heat,m,pref}$ - cas où le système de production préférentiel est une pompe à chaleur utilisant l'air extérieur comme source de chaleur

Régulation	Régulation de commutation de puissance de pointe						Régulation additionelle de puissance de pointe					
$f_{\theta,heat} \cdot COP_{test}$	<2,25	<2,50	<2,75	<3,00	<3,50	≥3,50	<2,25	<2,50	<2,75	<3,00	<3,50	≥3,50
$x_m = 0$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$x_m = 0,05$	0,73	0,82	0,91	0,97	0,99	0,99	0,73	0,82	0,91	0,97	1,00	1,00
$x_m = 0,15$	0,65	0,79	0,89	0,94	0,97	0,97	0,65	0,80	0,90	0,96	0,99	0,99
$x_m = 0,25$	0,53	0,68	0,79	0,85	0,93	0,93	0,53	0,70	0,81	0,89	0,98	0,99
$x_m = 0,35$	0,40	0,54	0,66	0,73	0,83	0,84	0,41	0,56	0,69	0,79	0,92	0,96
$x_m = 0,45$	0,33	0,45	0,56	0,64	0,73	0,75	0,34	0,48	0,61	0,72	0,88	0,93
$x_m = 0,55$	0,30	0,41	0,50	0,56	0,62	0,63	0,33	0,46	0,59	0,70	0,84	0,89
$x_m = 0,65$	0,27	0,35	0,42	0,46	0,51	0,52	0,31	0,44	0,56	0,66	0,80	0,84
$x_m = 0,75$	0,23	0,28	0,33	0,37	0,40	0,41	0,31	0,42	0,54	0,63	0,74	0,78
$x_m = 0,85$	0,20	0,25	0,29	0,31	0,34	0,34	0,31	0,42	0,53	0,61	0,71	0,74
$x_m = 0,95$	0,17	0,21	0,24	0,27	0,29	0,30	0,30	0,40	0,49	0,57	0,67	0,71
$x_m = 1,05$	0,13	0,15	0,18	0,20	0,21	0,21	0,28	0,38	0,46	0,53	0,62	0,64
$x_m = 1,15$	0,12	0,15	0,17	0,18	0,20	0,20	0,26	0,36	0,45	0,51	0,60	0,62
$x_m = 1,25$	0,11	0,13	0,15	0,17	0,18	0,18	0,25	0,33	0,41	0,48	0,57	0,60
$x_m = 1,35$	0,07	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,25	0,33	0,40	0,45	0,52	0,53
$x_m = 1,45$	0,05	0,06	0,08	0,09	0,09	0,10	0,20	0,27	0,34	0,40	0,47	0,49
$x_m = 1,55$	0	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,17	0,24	0,30	0,36	0,44	0,47
$x_m = 1,65$	0	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,17	0,24	0,30	0,36	0,44	0,47
$x_m = 1,75$	0	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,17	0,24	0,30	0,36	0,44	0,47
$x_m = 1,85$	0	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,17	0,24	0,30	0,36	0,44	0,47
$x_m = 1,95$	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,36	0,40	0,40
$x_m = 2,05$	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,36	0,40	0,40
$x_m = 2,15$	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,30	0,36	0,40
$x_m = 2,25$	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,30	0,36	0,36
$x_m = 2,35$	0	0	0	0	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,30	0,32	0,32
$x_m = 2,45$	0	0	0	0	0	0	0,17	0,24	0,30	0,30	0,30	0,32
$x_m = 2,55$	0	0	0	0	0	0	0,17	0,24	0,30	0,30	0,30	0,32
$x_m = 2,65$	0	0	0	0	0	0	0,17	0,24	0,30	0,30	0,30	0,32
$x_m = 2,75$	0	0	0	0	0	0	0,10	0,16	0,20	0,24	0,27	0,30
$x_m = 2,80$	0	0	0	0	0	0	0,10	0,14	0,18	0,20	0,25	0,25
$2,80 < x_m$	0	0	0	0	0	0	0,10	0,14	0,18	0,20	0,25	0,25

Les symboles représentés dans le tableau sont définis comme suit :

COP_{test} le coefficient de performance de la pompe à chaleur, déterminé selon § 10.2.3.3, (-) ;

$f_{\theta,heat}$ un facteur de correction pour le différence entre la température de départ de conception vers le système d'émission de chaleur (ou installations à accumulation, dans ce cas-ci) et la température de sortie du condenseur, déterminé selon § 10.2.3.3, (-).

S'il y a un générateur de chaleur non préférentiel pour le secteur énergétique considéré, ou si tous les générateurs de chaleurs non préférentiels ont le même rendement de production selon le § 10.2.3 (et utilisent le même vecteur énergétique), la fraction mensuelle pour le chauffage du/des générateur(s) non préférentiel(s) k est déterminé comme suit :

Eq. 298 $f_{heat,m,npref\ k} = 1 - f_{heat,m,pref}$ (-)

S'il y a plusieurs générateurs de chaleur non préférentiels avec différents rendements de production selon le § 10.2.3 (et/ou s'ils utilisent différents vecteurs énergétiques), la fraction mensuelle pour le chauffage du/des générateur(s) non préférentiel(s) k est déterminée comme suit :

Eq. 299 $f_{heat,m,npref,k}=(1-f_{heat,m,pref}).\frac{P_{gen,heat,npref\ k}}{\sum_k P_{gen,heat,npref\ k}}$ (-)

où :

$f_{heat,m,npref\ k}$ la fraction mensuelle de la production de chaleur totale fournie par le(s) générateur(s) non préférentiel(s) k, (-) ;

$f_{heat,m,pref}$ la fraction mensuelle de la production de chaleur totale fournie par le(s) générateur(s) préférentiel(s), (-) ;

$P_{gen,heat,npref\ k}$ la puissance nominale totale du/des générateur(s) non préférentiel(s) k, en kW.

Il faut effectuer une somme sur tous les générateurs de chaleur non préférentiels k.

NOTE 1 La puissance nominale des chaudières est la puissance nominale visée par la Directive européenne Chaudières.

NOTE 2 La puissance thermique des pompes à chaleur est déterminée selon la norme NBN EN 14511, dans les conditions de test explicitées au § 10.2.3.3.

NOTE 3 La puissance thermique d'une installation de cogénération sur site est déterminée selon la méthode pour les appareils au gaz.

10.2.3 Rendement de production pour le chauffage des locaux et l'humidification

10.2.3.1 Principe

Le rendement de production pour le chauffage est défini comme le rapport entre la fourniture de chaleur par l'installation de production de chaleur au système de distribution de chaleur et l'énergie nécessaire pour générer cette chaleur. La consommation d'énergie électrique des auxiliaires pour les chaudières à eau chaude et les générateurs d'air chaud est calculée au § 11.

La détermination du rendement de production, telle que décrite dans ce chapitre, est également d'application pour la production de chaleur destinée à l'humidification, voir § 7.4.1 de l'annexe A.2 au présent arrêté.

10.2.3.2 Rendement de production de producteurs de chaleur qui ne sont pas des pompes à chaleur électriques

On trouve le rendement de production dans le Tableau [11]. Pour la plupart des types d'appareil, des valeurs par défaut sont reprises dans la troisième colonne du tableau.

Tableau [11] : Rendement de production pour le chauffage (à l'exception des pompes à chaleur électriques)

Appareil de production de chaleur	Rendement de production $\eta_{gen,heat}$	
Chauffage central	Calcul détaillé	Valeurs par défaut
chaudière à eau chaude à condensation (1)(2)	$f_{NCV/GCV}[\eta_{30\%} + 0,003 .(\theta_{30\%} - \theta_{ave,boiler})]$	0,73
chaudière à eau chaude non à condensation (1)(2)	$f_{NCV/GCV}\ \eta_{30\%}$	0,73
générateur d'air chaud (1)	$f_{NCV/GCV}\ \eta_{30\%}$	0,73
cogénération sur site	$\varepsilon_{cogen,th}$	-[7]
fourniture de chaleur externe	$\eta_{heat,dh}$	0,97
chauffage électrique par résistance (1)	1,00	1,00
Chauffage local (3)		
poêle au charbon	$f_{NCV/GCV}$ 0,77	
poêle au bois	$f_{NCV/GCV}$ 0,77	
poêle au mazout	$f_{NCV/GCV}$ 0,80	
poêle au gaz	$f_{NCV/GCV}$ 0,83	
chauffage électrique par résistance	1,00	
Cas spéciaux	équivalence (4)	

(1) Si l'appareil est installé en dehors du volume protégé, il faut diminuer le rendement obtenu de 0,02.

(2) Si la chaudière est équipée d'une régulation qui maintient la chaudière à température en permanence, et donc aussi pendant les périodes sans demande de chaleur [8] (c.-à-d. : entre 2 périodes de fonctionnement du brûleur, la chaudière ne peut pas se refroidir de manière illimitée, pour atteindre finalement la température ambiante), il faut diminuer le rendement obtenu de 0,05. Si l'on ne

[7] Le rendement de conversion thermique d'une cogénération est déterminé selon le § A.2 de l'annexe A.2 au présent arrêté. Vu que la performance d'une cogénération est déterminée sur base de rendements fixes déterminés en fonction de la puissance électrique, aucune valeur par défaut n'est spécifiée. Une méthode simplifiée pour la détermination de la puissance électrique pourrait éventuellement être précisée au § A.2.1 de l'annexe A.2 au présent arrêté.

[8] Peu importe que la température de la chaudière reste constante ou qu'elle puisse quand même baisser de manière limitée jusqu'à un niveau de température moins élevé (mais pas tout à fait jusqu'à la température ambiante).

sait pas exactement comment la chaudière est contrôlée, il est supposé qu'un tel système de régulation existe (et que la chaudière ne peut pas se refroidir).

(3) Si le fabricant peut présenter, pour le rendement de production d'un corps de chauffe local, une valeur qui a été déterminée suivant des règles déterminées par le Ministre, on peut utiliser cette valeur au lieu de la valeur par défaut ci-dessus.

(4) Les dérogations par rapport aux catégories ci-dessus doivent être traitées sur base d'une demande d'équivalence ou, si elles existent, selon des règles déterminées par le Ministre. A défaut, on peut également utiliser une valeur par défaut de 0,73.

Les symboles du tableau ont été définis comme suit :

$f_{NCV/GCV}$	est un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, repris à l'Annexe F de la présente annexe ;
$\eta_{30\%}$	le rendement à charge partielle pour une charge de 30%. Dans le cas de producteurs d'air chaud pour lesquels le rendement à 30% de charge ne peut pas être mesuré, on peut appliquer la valeur à 100% de charge ;
$\theta_{30\%}$	la température d'entrée de la chaudière à laquelle le rendement à charge partielle de 30% a été déterminé, en °C ;
$\theta_{ave,boiler}$	la température moyenne saisonnière de l'eau de la chaudière à appliquer, tel que déterminé ci-dessous, en °C ;
$\varepsilon_{cogen,th}$	le rendement de conversion thermique pour une cogénération sur site, tel que déterminé au § A.2 de l'annexe A.2 au présent arrêté ;
$\eta_{heat,dh}$	le rendement pour une fourniture de chaleur externe , à déterminer selon des règles déterminées par le Ministre.

Dans le cas de chaudières à condensation, on détermine la température moyenne saisonnière de l'eau de la chaudière par :

Eq. 95 $\theta_{ave,boiler} = 6,4 + 0,63 \cdot \theta_{return,design}$ (°C)

où :

$\theta_{ave,boiler}$	la température moyenne saisonnière de l'eau de la chaudière à utiliser, en °C ;
$\theta_{return,design}$	la température de retour de conception du système d'émission de chaleur, en °C.

La valeur par défaut pour la température de retour de conception est de 45°C pour les systèmes de chauffage de surface (chauffage par le sol, par le mur ou par le plafond) et de 70°C pour tous les autres systèmes d'émission de chaleur. Si dans 1 secteur énergétique les deux types de système sont présents, c'est le système ayant la température de retour de conception la plus élevée qui est pris en considération[9].

On peut introduire des valeurs meilleures conformément à des règles déterminées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

[9] Il est toujours possible de diviser un secteur énergétique en différents secteurs énergétiques plus petits et pour chacun d'entre eux prendre en considération leur système d'émission de chaleur.

Le rendement de production d'un système dit "Combilus" est déterminé selon des spécifications complémentaires déterminées par le Ministre.

10.2.3.3 Rendement de production des pompes à chaleur électriques

En présence de pompes à chaleur électriques, le rendement de production est assimilé au facteur de performance saisonnière moyen (SPF). Le facteur de performance saisonnière moyen exprime le rapport entre la chaleur que la pompe à chaleur fournit au cours de la saison de chauffe et l'énergie nécessaire à cette fin. Le facteur de performance saisonnière moyenne dépend de la température moyenne de l'évaporateur et de la température moyenne du condenseur pendant la période considérée, et de l'énergie nécessaire pour prélever la chaleur à la source et dégivrer l'évaporateur pendant cette période. Le facteur de performance saisonnière moyen diffère selon la source d'où la pompe à chaleur prélève la chaleur :

- Sol : la pompe à chaleur pompe un fluide caloporteur (généralement, une solution antigel, par exemple, un mélange eau-glycol) à travers un échangeur de chaleur enterré vertical ou horizontal. La chaleur prélevée dans le sol par ce fluide caloporteur est cédée à l'évaporateur. Dans une solution alternative, le fluide réfrigérant de la pompe à chaleur peut circuler directement dans des conduites enterrées et s'y évaporer ;
- Nappe phréatique : l'eau de la nappe phréatique est pompée, cède sa chaleur à l'évaporateur et est réinjectée dans le sol ;
- Air extérieur : l'air extérieur est amené jusqu'à l'évaporateur à l'aide d'un ventilateur et y cède sa chaleur ;
- Air repris : l'air repris du système de ventilation est amené sur l'évaporateur et y cède sa chaleur.

Le Ministre peut déterminer des spécifications complémentaires et/ou divergentes pour calculer le COP_{test} et le SPF.

Remarque :

Dans le présent texte, on entend par pompes à chaleur des machines actives qui prélèvent de la chaleur à une source à basse température et qui émettent cette chaleur à une température plus élevée pour le chauffage des locaux, pour l'humidification ou pour la production d'eau chaude sanitaire. Une telle augmentation de température de la chaleur s'effectue forcément avec l'apport d'une (quantité moindre d') énergie valorisable.

Avec certains systèmes de ventilation, il est aussi possible de transférer la chaleur de l'air repris à l'air neuf (plus froid) à l'aide d'échangeurs de chaleur passifs. Le transfert de chaleur s'effectue dans ce cas de manière tout à fait naturelle de la température haute vers la température basse sans apport d'énergie supplémentaire (à part une petite quantité d'énergie auxiliaire supplémentaire, par exemple une petite consommation supplémentaire pour les ventilateurs afin de surmonter la perte de charge supplémentaire de l'échangeur de chaleur. Les appareils de ce genre se présentent sous différentes variantes (par exemple, échangeurs de chaleur à plaques à flux croisé ou à contre-courant, roues thermiques, échangeurs de chaleur à faisceau tubulaire, systèmes régénérateurs, etc.) et sont désignés ici sous le terme général d'appareil de récupération de chaleur. L'évaluation énergétique des appareils de récupération de chaleur s'effectue lors du traitement des déperditions de ventilation au § 7.4.

Quand on utilise des pompes à chaleur pour l'air de ventilation, elles sont souvent combinées avec des appareils de récupération de chaleur. C'est normalement plus intéressant du point de vue énergétique. Pour éviter les doubles comptages, le coefficient de performance de la pompe à chaleur utilisé dans ce chapitre ne peut se rapporter qu'à la pompe à chaleur proprement dite sans intégrer l'effet de l'appareil de récupération de chaleur, puisque ce dernier est explicitement repris dans le calcul du chapitre concernant la ventilation. La combinaison de l'évaluation de la pompe à chaleur au sens strict dans le présent chapitre et de l'appareil de récupération de chaleur dans le chapitre ventilation donne une évaluation correcte du système combiné dans son ensemble lors de la détermination de la consommation d'énergie caractéristique.

La valeur par défaut pour $\eta_{gen,heat}$ pour les pompes à chaleur utilisant l'air comme source de chaleur et comme fluide caloporteur est fixé à 1,25. Pour tous les autres types de pompes à chaleur, la valeur par défaut pour $\eta_{gen,heat}$ est fixée à 2,00. On peut également déterminer le rendement de production en détail selon la méthode suivante.

On suppose alors dans ce cas que le rendement de production des pompes à chaleur est égal au facteur de performance saisonnière moyen, SPF :

Eq. 96 $\eta_{gen,heat} = SPF$ (-)

avec :

Eq. 97 $SPF = f_{\theta,heat} \cdot f_{\Delta\theta} \cdot f_{pumps} \cdot f_{AHU} \cdot COP_{test}$ (-)

où :

$f_{\theta,heat}$ un facteur de correction pour l'écart entre la température de départ de conception vers le système d'émission de chaleur (ou, le cas échéant, le stockage de chaleur) et la température de sortie du condenseur dans l'essai selon la norme NBN EN 14511, en cas de transport de chaleur par l'eau ;

$f_{\Delta\theta}$ un facteur de correction pour l'écart dans la variation de température, d'une part, du système d'émission de chaleur dans des conditions de conception (ou, le cas échéant, le stockage de chaleur) et, d'autre part, de l'eau à travers le condenseur dans des conditions d'essai selon la norme NBN EN 14511, en cas de transport de chaleur par l'eau ;

f_{pumps} un facteur de correction pour la consommation d'énergie d'une pompe sur le circuit vers l'évaporateur ;

f_{AHU} un facteur de correction pour la différence entre le débit d'air de conception et le débit d'air lors de l'essai selon NBN EN 14511, f_{AHU} intervient uniquement pour les pompes à chaleur couplées à l'air de ventilation ;

COP_{test} le coefficient de performance (coefficient of performance) de la pompe à chaleur selon la norme NBN EN 14511 dans les conditions d'essai décrites dans le Tableau [12] ci-dessous :

Tableau [12] : Conditions d'essai pour la détermination du COP_{test}

Source de chaleur	Emission de chaleur	Conditions de test
sur base du tableau 3 de la norme NBN EN 14511-2		
air extérieur, éventuellement en combinaison avec de l'air rejeté	air recyclé, éventuellement en combinaison avec de l'air extérieur	A2/A20
air extérieur, éventuellement en combinaison avec de l'air rejeté	uniquement de l'air extérieur, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	A2/A2
uniquement de l'air extérieur	uniquement de l'air extérieur, en utilisant un appareil de récupération de chaleur	A2/A20
uniquement de l'air rejeté, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	air recyclé, éventuellement en combinaison avec de l'air extérieur	A20/A20
uniquement de l'air rejeté, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	uniquement de l'air extérieur, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	A20/A2
uniquement de l'air rejeté, en utilisant un appareil de récupération de chaleur	air recyclé, éventuellement en combinaison avec de l'air extérieur	A2/A20
sur base du tableau 5 de la norme NBN EN 14511-2		
sol par l'intermédiaire d'un circuit hydraulique	air recyclé, éventuellement en combinaison avec de l'air extérieur	B0/A20
sol par l'intermédiaire d'un circuit hydraulique	uniquement de l'air extérieur, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	B0/A2
sol par l'intermédiaire d'un circuit hydraulique	uniquement de l'air extérieur, en utilisant un appareil de récupération de chaleur	B0/A20
sol par l'intermédiaire d'eau souterraine	air recyclé, éventuellement en combinaison avec de l'air extérieur	W10/A20
sol par l'intermédiaire d'eau souterraine	uniquement de l'air extérieur, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	W10/A2
sol par l'intermédiaire d'eau souterraine	uniquement de l'air extérieur, en utilisant un appareil de récupération de chaleur	W10/A20

sur base du tableau 7 de la norme NBN EN 14511-2		
sol par l'intermédiaire d'un circuit hydraulique	eau	B0/W35
sol par l'intermédiaire d'eau souterraine	eau	W10/W35
sur base du tableau 12 de la norme NBN EN 14511-2		
uniquement de l'air extérieur, éventuellement en combinaison avec de l'air rejeté, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	eau	A2/W35
uniquement de l'air rejeté, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	eau	A20/W35

où :

A air comme vecteur (air). Le chiffre qui suit est la température d'entrée au bulbe sec, en °C.

B fluide intermédiaire avec une température de congélation inférieure à celle de l'eau (brine). Le chiffre qui suit est la température d'entrée à l'évaporateur, en °C.

W eau comme vecteur (water). Le chiffre qui suit est la température d'entrée à l'évaporateur ou la température de sortie au condenseur, en °C.

NOTE : certaines conditions d'essai correspondent aux "standard rating conditions" de la norme NBN EN 14511-2. D'autres correspondent aux "application rating conditions". La plupart des conditions d'essai pour le chauffage direct de l'air extérieur constituent un ajout : ces combinaisons spécifiques ou conditions de températures n'apparaissent pas telles quelles dans la norme.

Facteur de correction $f_{\theta,heat}$

- L'air comme fluide caloporteur : $f_{\theta,heat} = 1$;
- L'eau comme fluide caloporteur :

Eq. 98 $$f_{\theta,heat} = 1 + 0,01 \cdot \left(43 - \theta_{supply,\ design}\right) \quad (-)$$

avec :

$\theta_{supply,design}$ la température de départ vers le système d'émission de chaleur en °C dans les conditions de conception. Il faut tenir compte ici non seulement du système d'émission, mais aussi du dimensionnement d'un éventuel réservoir tampon (température maximum de stockage). On peut prendre comme valeur par défaut pour les systèmes de chauffage de surface (chauffage par le sol, le mur et le plafond) $\theta_{supply,design} = 55°C$ et, pour tous les autres systèmes d'émission, $\theta_{supply,design} = 90°C$.

Si dans 1 secteur énergétique les deux types de système sont présents, c'est le système ayant la température de départ la plus élevée qui est pris en considération[10].

On peut introduire des valeurs meilleures conformément à des règles déterminées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

Facteur de correction $f_{\Delta\theta}$

- L'air comme fluide caloporteur : $f_{\Delta\theta} = 1$;
- L'eau comme fluide caloporteur :

Eq. 99 $$f_{\Delta\theta} = 1 + 0,01 \cdot \left(\Delta\theta_{design} - \Delta\theta_{test}\right) \quad (-)$$

avec :

$\Delta\theta_{design}$ l'écart de température entre le départ et le retour du système d'émission (ou, le cas échéant, le stockage de chaleur) dans les conditions de conception, en °C ;

$\Delta\theta_{test}$ l'augmentation de température de l'eau à travers le condenseur, déterminée lors des essais selon la norme NBN EN 14511, en °C.

On peut prendre $f_{\Delta\theta} = 0,93$ comme valeur par défaut.

Facteur de correction f_{pumps}

- Pas de pompe pour l'apport de chaleur vers l'évaporateur : $f_{pumps} = 1$ (c.-à-d. l'air comme source de chaleur ou évaporation directe dans le sol) ;
- Puissance électrique de la pompe inconnue : $f_{pumps} = 5/6$;
- Puissance électrique de la pompe (P_{pumps}, en kW) connue :

Eq. 100 $$f_{pumps} = \frac{1}{1 + P_{pumps}/P_{HP}} \quad (-)$$

avec :

P_{HP} la puissance électrique (en kW) de la pompe à chaleur selon la norme NBN EN 14511 dans les mêmes conditions d'essai que pour la détermination de COP_{test}.

Facteur de correction f_{AHU}

Ce facteur intervient uniquement quand on utilise l'alimentation de la ventilation et/ou l'évacuation de la ventilation.

- Air de ventilation repris comme seule source de chaleur (sans mélange préalable avec de l'air extérieur), air de ventilation fourni comme seul fluide caloporteur (sans recyclage de l'air du local).

Eq. 101 $$f_{AHU} = \frac{0,51 + 0,7\ \min\left(\dot{V}_{supply}; \dot{V}_{extr}\right)/\dot{V}_{max}}{0,51 + 0,7\ \dot{V}_{test}/\dot{V}_{max}} \quad (-)$$

[10] Il est toujours possible de diviser un secteur énergétique en différents secteurs énergétiques plus petits et pour chacun d'entre eux prendre en considération leur système d'émission de chaleur.

On peut prendre comme valeur par défaut : f_{AHU} = 0,51

- Air de ventilation repris comme seule source de chaleur (sans mélange préalable avec l'air extérieur), l'émission de chaleur ne se faisant pas uniquement vers l'air de ventilation fourni :

Eq. 102 $$f_{AHU} = \frac{0,75 + 0,35\ \dot{V}_{extr}/\dot{V}_{max}}{0,75 + 0,35\ \dot{V}_{test}/\dot{V}_{max}}$$ (-)

On peut prendre comme valeur par défaut : f_{AHU} = 0,75

- Air de ventilation fourni comme seul fluide caloporteur (sans recyclage de l'air du local), l'air de ventilation repris n'étant pas la seule source de chaleur :

Eq. 103 $$f_{AHU} = \frac{0,75 + 0,35\ \dot{V}_{supply}/\dot{V}_{max}}{0,75 + 0,35\ \dot{V}_{test}/\dot{V}_{max}}$$ (-)

On peut prendre comme valeur par défaut : f_{AHU} = 0,75

- Dans tous les autres cas : f_{AHU}=1 ;

avec :

$\dot{V}_{max}$	le débit d'air maximal dans l'installation en m^3/h, tel qu'indiqué par le fabricant. Si le fabricant indique une plage de débits, on prend alors la valeur la plus grande ;
$\dot{V}_{test}$	le débit d'air dans l'installation en m^3/h lors de l'essai selon la norme NBN EN 14511 ;
$\dot{V}_{extr}$	le débit d'évacuation de conception dans l'installation en m^3/h ;
$\dot{V}_{supply}$	le débit d'alimentation de conception dans l'installation en m^3/h.

10.3 Consommation finale mensuelle d'énergie pour l'eau chaude sanitaire

10.3.1 Principe

L'énergie nécessaire pour produire de l'eau chaude sanitaire peut être fournie par un seul appareil de production ou par une combinaison d'appareils connectés en parallèle. On peut éventuellement utiliser différents appareils (ou une combinaison d'appareils) pour les différents points de puisage de la salle de bains et de la cuisine. En raison du cas où plusieurs appareils sont montés en parallèle, on introduit le formalisme d'un appareil connecté préférentiel et un ou plusieurs appareil(s) non préférentiel(s), de manière tout à fait analogue au cas du chauffage. Dans le cas (le plus courant) où il n'y a pas d'appareil monté en parallèle, cela correspond à une part préférentielle de 100%. Les expressions ci-après donnent alors comme résultat une consommation nulle pour l'appareil non préférentiel.

Ce principe s'applique également aux pompes à chaleur équipées d'une résistance électrique intégrée, où la pompe à chaleur et la résistance électrique peuvent fonctionner comme des appareils de production connectés en parallèle.

Exception : si le rendement de production d'une pompe à chaleur équipée d'une résistance électrique intégrée est déterminé selon le § 10.3.3.4.1 et que la

résistance électrique était activée lors du test réalisé conformément au Règlement Européen concerné, l'appareil est considéré comme un seul générateur. Si le rendement de production d'une pompe à chaleur équipée d'une résistance électrique intégrée est déterminé selon le § 10.3.3.4.1 et que la résistance électrique n'était pas activée lors du test réalisé conformément au Règlement Européen concerné, cette exception ne s'applique pas, le formalisme preférentiel/non-préférentiel est conservé et le rendement de production de la résistance électrique intégrée est déterminé selon le § 10.3.3.4.2.

10.3.2 Règle de calcul

La consommation finale d'énergie pour l'eau chaude sanitaire est donnée par mois par :

Eq. 104 $$Q_{water,bath\,i,final,m,pref} = \frac{f_{water,bath\,i,m,pref} \cdot (1 - f_{as,water,bath\,i,m}) \cdot Q_{water,bath\,i,gross,m}}{\eta_{gen,water,bath\,i,m,pref} \cdot \eta_{stor,water,bath\,i,m,pref}}$$ (MJ)

Eq. 300 $$Q_{water,bath\,i,final,m,npref} = \sum_k \frac{f_{water,bath\,i,m,npref\,k} \cdot (1 - f_{as,water,bath\,i,m}) \cdot Q_{water,bath\,i,gross,m}}{\eta_{gen,water,bath\,i,m,npref\,k} \cdot \eta_{stor,water,bath\,i,m,npref\,k}}$$ (MJ)

Eq. 106 $$Q_{water,sink\,i,final,m,pref} = \frac{f_{water,sink\,i,m,pref} \cdot (1 - f_{as,water,sink\,i,m}) \cdot Q_{water,sink\,i,gross,m}}{\eta_{gen,water,sink\,i,m,pref} \cdot \eta_{stor,water,sink\,i,m,pref}}$$ (MJ)

Eq. 301 $$Q_{water,sink\,i,final,m,npref} = \sum_k \frac{f_{water,sink\,i,m,npref\,k} \cdot (1 - f_{as,water,sink\,i,m}) \cdot Q_{water,sink\,i,gross,m}}{\eta_{gen,water,sink\,i,m,npref\,k} \cdot \eta_{stor,water,sink\,i,m,npref\,k}}$$ (MJ)

avec :

$f_{water,m,pref}$ la fraction mensuelle de la fourniture totale de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire par le(s) producteur(s) de chaleur préférentiel(s), avec l'indice 'bath i' ou 'sink i' selon le cas (-) :

- s'il y a seulement 1 appareil, on a : $f_{water,m,pref} = 1$;
- s'il y a plusieurs producteurs de chaleur parallèles et que ces appareils assurent également le chauffage, on tire la valeur du Tableau [34], Tableau [10] ou Tableau [35] selon le cas ;
- si plusieurs producteurs de chaleur sont raccordés en parallèles et que ces appareils assurent uniquement la préparation de l'eau chaude sanitaire, on tire la valeur du Tableau [36] ;

$f_{water,m,npref\,k}$ la fraction mensuelle de la fourniture totale de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire par le(s) producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) k, avec l'indice 'bath i' ou 'sink i' selon le cas (-) :

- s'il y a seulement un appareil, on a :

Eq. 302 $f_{water,m,npref\,k} = 1 - f_{water,m,pref}$ (-)

- si plusieurs producteurs de chaleur sont raccordés en parallèle et que ces appareils assurent également le chauffage, on détermine la valeur de $f_{water,m,npref\,k}$ selon le § 10.2.2 ;

- si plusieurs producteurs de chaleur sont raccordés en parallèle et que ces appareils assurent uniquement la préparation de l'eau chaude sanitaire, on détermine la valeur de $f_{water,m,npref\ k}$ comme expliqué ci-dessous ;

$f_{as,m}$ la part des besoins de chaleur totaux couverte par le système d'énergie solaire thermique, déterminée selon le § 10.4 avec les indices 'water,bath i' et 'water,sink i' pour la préparation de l'eau chaude sanitaire respectivement, soit pour la douche/baignoire, soit pour l'évier de cuisine ;

$Q_{water,bath\ i,gross,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire i, déterminés selon le § 9.3.1, en MJ ;

$Q_{water,sink\ i,gross,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine i, déterminés selon le § 9.3.1, en MJ ;

$\eta_{gen,water,bath\ i,m,pref}$ le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire i, déterminé selon le § 10.3.3, (-) ;

$\eta_{gen,water,bath\ i,m,n\ pref\ k}$ le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) k pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire i, déterminé selon le § 10.3.3, (-) ;

$\eta_{gen,water,sink\ i,m,pref}$ le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminé selon le § 10.3.3, (-) ;

$\eta_{gen,water,sink\ i,m,n\ pref\ k}$ le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) k pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminé selon le § 10.3.3, (-) ;

$\eta_{stor,water,bath\ i,m,pref}$ et $\eta_{stor,water,bath\ i,m,npref\ k}$ le rendement de stockage mensuel du ballon d'eau chaude pour la douche ou la baignoire i, connectée, selon l'indice 'pref' ou 'npref k', au(x) producteur(s) préférentiel(s) ou non préférentiel(s), déterminé selon le § 10.3.3, (-) ;

$\eta_{stor,water,sink\ i,m,pref}$ et $\eta_{stor,water,sink\ i,m,npref\ k}$ le rendement de stockage mensuel du ballon d'eau chaude pour l'évier i, connecté , selon l'indice 'pref' ou 'npref k', au(x) producteur(s) préférentiel(s) ou non préférentiel(s), déterminé selon le § 10.3.3, (-).

Si le ballon d'eau chaude est connecté au(x) producteur(s) préférentiel(s) et au(x) producteur(s) non préférentiel(s) k (ce qui est souvent le cas), on a, avec l'indice 'bath i' ou 'sink i' selon le cas :

Eq. 255 $\eta_{stor,water,m,pref} = \eta_{stor,water,m,npref\ k}$ (-)

Les valeurs pour $f_{water,m,pref}$ données dans le Tableau [36] sont exprimées en fonction de la variable auxiliaire x_m, déterminé selon le § 7.3.1 de l'annexe A.2 du présent arrêté.

Tableau [36] : Fractions mensuelles de la chaleur totale fournie par le(s) générateur(s) préférentiel(s) pour la production de l'eau chaude sanitaire, $f_{water,m,pref}$

Variable auxiliaire x_m	Fraction mensuelle
$x_m = 0$	1,00
$x_m = 0,05$	1,00
$x_m = 0,15$	0,99
$x_m = 0,25$	0,98
$x_m = 0,35$	0,96
$x_m = 0,45$	0,93
$x_m = 0,55$	0,93
$x_m = 0,65$	0,90
$x_m = 0,75$	0,69
$x_m = 0,85$	0,56
$x_m = 0,95$	0,51
$x_m = 1,0$	0,48
$1,0 < x_m$	$0,4765.x_m^{-0.998}$

S'il y a plusieurs producteurs de chaleurs non préférentiels avec différents rendements de production selon le § 10.2.3 (et/ou qui utilisent différents vecteurs énergétiques) qui n'assurent que la production d'eau chaude sanitaire, les fractions mensuelles pour l'eau chaude sanitaire du/des producteur(s) non préférentiel(s) k sont déterminées comme suit :

Eq. 303 $$f_{water,m,npref,k} = (1 - f_{water,m,pref}) \cdot \frac{P_{gen,water,npref,k}}{\sum_k P_{gen,water,npref,k}} \quad (-)$$

où :

$f_{water,m,npref\ k}$ la fraction mensuelle de la chaleur totale fournie pour la préparation d'eau chaude sanitaire par le(s) producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) k, (-) ;

$f_{water,m,pref}$ la fraction mensuelle de la chaleur totale fournie pour la préparation d'eau chaude sanitaire par le(s) producteur(s) de chaleur préférentiel(s), (-) ;

$P_{gen,water,npref\ k}$ la puissance nominale totale du/des producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) k, pour la préparation d'eau chaude sanitaire, en kW.

Il faut effectuer une somme sur tous les générateurs de chaleur non préférentiels k.

NOTE 1 La puissance nominale des chaudières est la puissance nominale visée par la Directive européenne Chaudières.

NOTE 2 La puissance thermique des pompes à chaleur est déterminée selon la norme NBN EN 14511, dans les conditions de test explicitées au § 10.2.3.3.

NOTE 3 La puissance thermique d'une installation de cogénération sur site est déterminée selon la méthode pour les appareils au gaz.

10.3.3 Rendements de production et de stockage pour l'eau chaude sanitaire

10.3.3.1 Principe

Les rendements de production et de stockage pour l'eau chaude sanitaire sont déterminés, lorsque c'est possible, à l'aide de données produits établies de manière harmonisée à travers l'Union européenne.

A cette fin, le présent texte fait référence à deux Directives européennes :

- la Directive 2009/125/CE du 21 octobre 2009, dite "Directive écodesign", établissant un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'écoconception applicables aux produits liés à l'énergie ;
- la Directive 2010/30/UE du 19 mai 2010 concernant l'indication, par voie d'étiquetage et d'informations uniformes relatives aux produits, de la consommation en énergie et en autres ressources des produits liés à l'énergie ;

et, plus particulièrement, aux Règlements (délégués) qui complètent ces Directives :

- le Règlement délégué (UE) n°811/2013 de la Commission du 18 février 2013, complétant la Directive 2010/30/UE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne l'étiquetage énergétique des dispositifs de chauffage des locaux, des dispositifs de chauffage mixtes, des produits combinés constitués d'un dispositif de chauffage des locaux, d'un régulateur de température et d'un dispositif solaire et des produits combinés constitués d'un dispositif de chauffage mixte, d'un régulateur de température et d'un dispositif solaire ;
- le Règlement délégué (UE) n°812/2013 de la Commission du 18 février 2013, complétant la Directive 2010/30/UE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne l'étiquetage énergétique des chauffe-eau, des ballons d'eau chaude et des produits combinés constitués d'un chauffe-eau et d'un dispositif solaire ;
- le Règlement (UE) n°813/2013 de la Commission du 2 août 2013, portant application de la Directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences d'écoconception applicables aux dispositifs de chauffage des locaux et aux dispositifs de chauffage mixtes ;
- le Règlement (UE) n°814/2013 de la Commission du 2 août 2013, portant application de la Directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences d'écoconception applicables aux chauffe-eau et aux ballons d'eau chaude.

L'énergie électrique consommée par les auxiliaires pour l'eau chaude sanitaire est, le cas échéant, comprise dans le rendement de production.

10.3.3.2 Classement de systèmes de production d'eau chaude sanitaires

Les systèmes de production d'eau chaude sanitaire peuvent être classés en plusieurs catégories :

- les systèmes qui sont soumis au Règlement délégué (UE) n°811/2013, c'est-à-dire, sauf exceptions prévus dans le Règlement, les systèmes de production pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, d'une puissance nominale inférieure ou égale à 70 kW ;
- les systèmes qui sont soumis au Règlement (UE) n°813/2013, c'est-à-dire, sauf exceptions prévus dans le Règlement, les systèmes de production pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, d'une puissance nominale inférieure ou égale à 400 kW ;

- les systèmes qui sont soumis au Règlement délégué (UE) n°812/2013, c'est-à-dire, sauf exceptions prévus dans le Règlement, les systèmes de production d'eau chaude sanitaire uniquement, d'une puissance nominale inférieure ou égale à 70 kW et dont le stockage éventuel est inférieur ou égal à 500 litres ;
- les systèmes qui sont soumis au Règlement (UE) n°814/2013, c'est-à-dire, sauf exceptions prévus dans le Règlement, les systèmes de production d'eau chaude sanitaire uniquement, d'une puissance nominale inférieure ou égale à 400 kW et dont le stockage éventuel est inférieur ou égal à 2000 litres ;
- les systèmes non soumis à l'un des Règlements précités. Parmi les systèmes non soumis à l'un des Règlements précités, on retrouve notamment les producteurs de chaleur conçus spécifiquement pour utiliser des combustibles gazeux ou liquides produits à partir de la biomasse, ou des combustibles solides (par exemple, pellets, charbon), les dispositifs de cogénération dont la puissance électrique maximale est égale ou supérieure à 50 kW.

10.3.3.3 Données nécessaires au calcul des rendements de production et de stockage pour l'eau chaude sanitaire

Les termes mentionnés en italique et soulignés sont définis dans le Règlement applicable (seule la première occurrence du terme est mise en italique et soulignée).

Les conditions climatiques à prendre en considération, si nécessaire, sont les *conditions climatiques moyennes*, telles que définies dans les Règlements précités.

10.3.3.3.1 Systèmes soumis au Règlement délégué (UE) n°811/2013 ou au Règlement délégué (UE) n°812/2013

Pour les systèmes soumis au Règlement délégué (UE) n°811/2013 ou au Règlement délégué (UE) n°812/2013, les données d'entrée nécessaires au calcul des rendements de production et de stockage sont les suivantes, telles que définies dans le Règlement délégué (UE) n°811/2013 et le Règlement délégué (UE) n°812/2013 :

- l'*efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau* η_{wh}, en %, ou, à défaut, la *classe d'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau* ;
- le *profil de soutirage déclaré* ;
- le cas échéant : les *pertes statiques* [d'un *ballon d'eau chaude*] S, en W.

Ces données peuvent provenir d'une des sources suivantes :

- une étiquette telle que définie à l'annexe III du Règlement applicable ;
- une fiche de produit conforme à l'annexe IV du Règlement applicable ;
- une documentation technique conforme à l'annexe V du Règlement applicable ;
- des "informations à fournir" dans les cas prévus par l'annexe VI du Règlement applicable.

Pour les *chauffe-eau solaires*, l'efficacité énergétique (ou, le cas échéant, la classe d'efficacité énergétique) est l'*efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau du générateur de chaleur* $\eta_{wh,nonsol}$, tel que défini à l'annexe VIII du Règlement applicable, les performances du capteur solaire étant évaluées selon le § 10.4. Toutefois, si $\eta_{wh,nonsol}$ n'est pas disponible, le chauffe-eau solaire est évalué selon les § 10.3.3.3.3 et 10.3.3.4.2, et ce même s'il est soumis à un des Règlements précités.

Pour les *produits combinés* avec un *dispositif solaire*, l'efficacité énergétique (ou, le cas échéant, la classe d'efficacité énergétique) à prendre en considération est l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau seul, sans tenir compte du dispositif solaire, dont les performances sont évaluées selon le § 10.4.

Si l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau η_{wh} n'est pas connue, mais que la classe d'efficacité est connue, l'efficacité η_{wh} peut être prise comme l'efficacité énergétique minimale de la classe d'efficacité énergétique pour le profil de soutirage déclaré correspondant, telle que définie dans le Règlement délégué (UE) n°811/2013 et le Règlement délégué (UE) n°812/2013 et reprise au Tableau [30].

Tableau [30] : Efficacité énergétique η_{wh} minimale, en %, des classes d'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau, selon les profils de soutirage déclaré, selon les Règlements délégués (UE) n°811/2013 et (UE) n°812/2013

		Profil de soutirage déclaré							
		3XS	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL
Classe d'efficacité énergétique	A^{+++}	62	62	69	90	163	188	200	213
	A^{++}	53	53	61	72	130	150	160	170
	A^{+}	44	44	53	55	100	115	123	131
	A	35	35	38	38	65	75	80	85
	B	32	32	35	35	45	50	55	60
	C	29	29	32	32	36	37	38	40
	D	26	26	29	29	33	34	35	36
	E	22	23	26	26	30	30	30	32
	F	19	20	23	23	27	27	27	28

NOTE 1 En vertu du Règlement (UE) n°813/2013 et du Règlement (UE) n°814/2013, il n'est plus autorisé, depuis le 26 septembre 2015, à mettre sur le marché des chauffe-eau dont l'efficacité énergétique est inférieure à l'efficacité énergétique minimale de la classe E (sauf exception définie dans le Règlement (UE) n°814/2013).

NOTE 2 Le Règlement délégué (UE) n°811/2013 et le Règlement délégué (UE) n°812/2013 définissent une classe G, pour les systèmes dont l'efficacité énergétique est inférieure à l'efficacité énergétique minimale de la classe F. Etant donné la note 1 ci-dessus et la valeur par défaut dont il est question ci-dessous, cette classe n'a pas été reprise au Tableau [30].

Si ni l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau, ni la classe d'efficacité énergétique ne sont connues ou si le profil de soutirage déclaré n'est pas connu, la valeur par défaut η_{wh} = 22% s'applique.

10.3.3.3.2 Systèmes soumis au Règlement (UE) n°813/2013 ou au Règlement (UE) n°814/2013

Sont visés ici les systèmes soumis au Règlement (UE) n°813/2013 ou au Règlement (UE) n°814/2013 mais non soumis au Règlement délégué (UE) n°811/2013 ou au Règlement délégué (UE) n°812/2013, c'est-à-dire les systèmes dont la puissance nominale est supérieure à 70 kW et inférieure ou égale à 400 kW ou dont le stockage éventuel est supérieur à 500 litres et inférieur ou égal à 2000 litres.

Pour ces systèmes, les données d'entrée nécessaires au calcul des rendements de production et de stockage sont les suivantes, telles que définies dans le Règlement (UE) n°813/2013 et le Règlement (UE) n°814/2013 :

- l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau η_{wh}, en % ;
- le profil de soutirage déclaré ;
- le cas échéant : les pertes statiques [d'un ballon d'eau chaude] S, en W.

Ces données peuvent provenir d'une documentation technique ou d'une autre source d'information conforme aux exigences de l'article 4 et à l'annexe II du Règlement applicable.

Pour les produits combinés avec un dispositif solaire, l'efficacité énergétique à prendre en considération est l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau seul, sans tenir compte du dispositif solaire, dont les performances seront évaluées sont le § 10.4.

Si l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau ou si le profil de soutirage déclaré n'est pas connu, la valeur par défaut η_{wh} = 32% s'applique.

10.3.3.3.3 Systèmes non soumis aux Règlements précités

Pour les systèmes non soumis au Règlement délégué (UE) n°811/2013, au Règlement délégué (UE) n°812/2013, au Règlement (UE) n°813/2013 ou au Règlement (UE) n°814/2013, aucune donnée spécifique n'est nécessaire. Les rendements de production et de stockage sont évalués en fonction de caractéristiques générales du système.

10.3.3.4 Règles de calcul des rendements de production et de stockage pour l'eau chaude sanitaire

10.3.3.4.1 Systèmes soumis aux Règlements précités

Les rendements de production $\eta_{gen,water}$ et de stockage $\eta_{stor,water}$ d'un système dit "Combilus" sont déterminés selon des spécifications complémentaires déterminées par le Ministre.

Rendement de production $\eta_{gen,water}$

Pour les systèmes de production d'eau chaude sanitaire soumis au Règlement délégué (UE) n°811/2013, au Règlement délégué (UE) n°812/2013, au Règlement (UE) n°813/2013 ou au Règlement (UE) n°814/2013, le rendement de production (par rapport au pouvoir calorifique supérieur) $\eta_{gen,water}$ est déterminé selon l'Eq. 256.

Eq. 256 si le vecteur énergétique est différent de l'électricité :

$$\eta_{gen,water} = (\eta_{wh} / 100) \cdot f_{stor>gen,water} \cdot f_{dim,gen,water}$$

si le vecteur énergétique est l'électricité :

$$\eta_{gen,water} = (\eta_{wh} / 100) \cdot CC \cdot f_{stor>gen,water} \cdot f_{dim,gen,water} \quad (-)$$

avec :

η_{wh} l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau, exprimée par rapport au pouvoir calorifique supérieur, en %, déterminé comme expliqué aux § 10.3.3.3.1 ou 10.3.3.3.2 ;

CC le coefficient de conversion [pour l'électricité], tel que défini dans les Règlements précités, (-), et valant 2,50 ;

$f_{stor>gen,water}$ un facteur de correction pour tenir compte de l'influence du stockage sur le rendement de production, (-), déterminé comme expliqué ci-dessous ;

$f_{dim,gen,water}$ un facteur de correction pour tenir compte du dimensionnement du système de production d'eau chaude sanitaire, (-) ; actuellement, ce facteur est conventionnellement fixé à 1,00.

Facteur de correction $f_{stor>gen,water}$ et rendement de stockage $\eta_{stor,water}$

S'il n'y a pas de stockage (production instantanée), ou si l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire est déterminée en intégrant la présence du stockage (par exemple, ballon d'eau chaude intégré au producteur d'eau chaude chaude sanitaire), on a :

- $f_{stor>gen,water} = 1,00$;
- $\eta_{stor,water} = 1,00$.

S'il y a un stockage et si l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire est déterminée sans tenir compte de la présence du stockage (par exemple, ballon d'eau chaude séparé), ou si on ne sait pas si l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau est déterminée en intégrant ou non la présence du stockage, on a :

- $f_{stor>gen,water} = 1,02$;
- $\eta_{stor,water,m}$ est déterminé mensuellement selon :

Eq. 257 $$\eta_{stor,water,m} = \frac{Q_{stor,water,gross,m}}{(Q_{stor,water,gross,m} + Q_{loss,stor,water,m})} \quad (-)$$

où :

$Q_{stor,water,gross,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie totaux pour l'eau chaude sanitaire de tous les points de puisage connectés au ballon d'eau chaude sanitaire, en MJ, déterminé selon l'Eq. 258 ;

$Q_{loss,stor,water,m}$ les pertes mensuelles de stockage du ballon d'eau chaude sanitaire, en MJ, déterminé selon l'Eq. 259 ;

avec :

Eq. 258 $$Q_{stor,water,gross,m} = \sum_{bath\ j} Q_{water,bath\ j,gross,m} + \sum_{sink\ k} Q_{water,sink\ k,gross,m} \quad (MJ)$$

où :

$Q_{water,bath\ i,gross,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire i, déterminés selon le § 9.3.1, en MJ ;

$Q_{water,sink\ i,gross,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine i, déterminés selon le § 9.3.1, en MJ.

Il faut faire la somme pour toutes les douches ou baignoires j et tous les éviers k connectés au ballon d'eau chaude sanitaire.

Les pertes mensuelles de stockage du ballon d'eau chaude sanitaire sont données par :

Eq. 259 $$Q_{loss,stor,water,m} = S.t_m \quad (MJ)$$

avec :

S les pertes statiques du ballon d'eau chaude couplé au producteur, en W, telle que définies au § 10.3.3.3, ou à défaut selon l'Eq. 260 ;

t_m la durée du mois considéré, en Ms, reprise au Tableau [1].

Si les pertes statiques S ne sont pas connues, alors il faut utiliser la valeur par défaut suivante :

Eq. 260 $S=31+16,66 . V^{0,4}$ (W)

avec :

V le volume du ballon d'eau chaude sanitaire, en litres.

Si le volume du ballon d'eau chaude n'est pas connu, alors il faut utiliser la valeur par défaut suivante : V = 2000 litres.

10.3.3.4.2 Systèmes non soumis aux Règlements précités

Pour les systèmes non soumis aux Règlements précités, les rendements de production et de stockage ne sont pas évalués séparément mais ensemble. Les valeurs de calculs ci-dessous sont valables tant pour les appareils producteurs qui réchauffent uniquement l'eau chaude sanitaire, que pour les appareils qui assurent aussi bien le chauffage des locaux que l'approvisionnement en eau chaude sanitaire.

Le rendement ($\eta_{gen,water} . \eta_{stor,water}$) d'un système dit "Combilus" est déterminé selon des spécifications complémentaires déterminées par le Ministre.

Appareils autres que les appareils à combustion

Pour les appareils autres que les appareils à combustion, le produit du rendement de production $\eta_{gen,water}$ et du rendement de stockage $\eta_{stor,water}$ est donné au

Tableau [31].

Tableau [31] : Valeurs de calcul pour ($\eta_{gen,water}$. $\eta_{stor,water}$) pour les appareils autres que les appareils à combustion

	chauffage instantané[11]	avec stockage de chaleur[12]
chauffage électrique par résistance	0,75	0,70
pompe à chaleur électrique	1,45	1,40
cogénération sur site (1)	$\varepsilon_{cogen,th}$	$\varepsilon_{cogen,th}$ - 0,05
fourniture de chaleur externe	$\eta_{water,dh}$	$\eta_{water,dh}$ - 0,05
autres cas	équivalence (2)	

(1) Ces valeurs de calcul indiquent déjà les rendements par rapport au pouvoir calorifique supérieur.

(2) Les dérogations par rapport aux catégories ci-dessus doivent être traitées, sur base d'une demande d'équivalence ou, si elles existent, selon des règles déterminées par le Ministre.

Les symboles du tableau ont été définis comme suit :

$\varepsilon_{cogen,th}$ le rendement de conversion thermique pour une cogénération sur site, tel que déterminé au § A.2 de l'annexe A.2 au présent arrêté ;

$\eta_{water,dh}$ le rendement à considérer pour une fourniture de chaleur externe pour la préparation d'eau chaude sanitaire, à déterminer en détail selon des règles déterminées par le Ministe et par défaut égale à 0,97.

[11] Les installations de production qui chauffent l'eau instantanément génèrent de la chaleur uniquement aux moments où l'on prélève de l'eau chaude sanitaire, sans qu'il y ait stockage de chaleur dans l'installation. Dès que le puisage d'eau chaude cesse, la production de chaleur s'arrête également et l'ensemble du système refroidit jusqu'à température ambiante (en l'absence d'un nouveau puisage).

[12] Les installations de production avec stockage de chaleur tiennent une quantité de chaleur à disposition dans un réservoir de stockage, y compris aux moments où l'on ne prélève pas d'eau chaude. Le stockage de chaleur peut se faire aussi bien sous la forme de l'eau chaude sanitaire proprement dite, que sous la forme d'eau de chaudière ; dans ce dernier cas, l'eau sanitaire est réchauffée par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur au moment précis des prélèvements. Les mêmes produits des rendements de production et de stockage restent d'application même si l'installation ne maintient pas de la chaleur à disposition en permanence, mais peut refroidir librement pendant certaines périodes (la nuit, par exemple).

Appareils à combustion

Pour les appareils à combustion, plusieurs cas peuvent se présenter :

- pour les appareils à combustion individuels[13], on a :
  - si le chauffage est instantané : $\eta_{gen,water} \cdot \eta_{stor,water} = 0,50$
  - s'il y a stockage de chaleur : $\eta_{gen,water} \cdot \eta_{stor,water} = 0,45$

- pour les appareils à combustion collectifs[14] dont la puissance nominale est inférieure ou égal à 70kW et dont le stockage éventuel est inférieur ou égal à 500 litres, on a :
  - si le chauffage est instantané : $\eta_{gen,water} \cdot \eta_{stor,water} = 0,50$
  - s'il y a stockage de chaleur : $\eta_{gen,water} \cdot \eta_{stor,water} = 0,45$

- pour les appareils à combustion collectifs[14] dont la puissance nominale est supérieure à 70kW ou dont le stockage éventuel est supérieur à 500 litres, le produit du rendement de production $\eta_{gen,water}$ et du rendement de stockage $\eta_{stor,water}$ est donné au Tableau [32].

Tableau [32] : Valeurs de calcul pour ($\eta_{gen,water} \cdot \eta_{stor,water}$) pour les appareils à combustion collectifs pour l'eau chaude sanitaire dont la puissance nominale est supérieure à 70kW ou dont le stockage éventuel est supérieur à 500 litres

Type de ballon(s) d'eau chaude	Sans ballon	Ballon(s) indirectement chauffé(s) (1)			Ballon(s) directement chauffé(s) (2)
Epaisseur x de l'isolation du(des) ballon(s) en mm / Type de chaudière	---	20 mm ≤ x	10 mm ≤ x < 20 mm	0 mm ≤ x < 10 mm	0 mm ≤ x
Chaudière non à condensation	0,75	0,67	0,60	0,37	0,50
Chaudière à condensation	0,85	0,76	0,68	0,42	

(1) avec utilisation d'un fluide intermédiaire

(2) au moyen d'un système de chauffage direct présent dans l'appareil lui-même

NOTE Ces valeurs de calcul indiquent déjà les rendements par rapport au pouvoir calorifique supérieur.

[13] C'est-à-dire : ne desservant qu'une seule unité PEB (qui n'est pas une habitation collective).

[14] C'est-à-dire : desservant plusieurs unités PEB ou une unité d'habitation collective.

10.4 Contribution énergétique utile mensuelle d'un système d'énergie solaire thermique

Seuls les systèmes d'énergie solaire thermique de qualité sont pris en compte dans le calcul de la contribution énergétique utile mensuelle d'un système d'énergie solaire thermique. Le Ministre peut déterminer des règles pour déterminer la qualité du système d'énergie solaire thermique. Le Ministre peut déterminer les conditions auxquelles un système d'énergie solaire thermique doit satisfaire pour être considéré comme un système d'énergie solaire thermique de qualité.

La contribution énergétique utile mensuelle d'un système d'énergie solaire thermique se détermine comme suit :

- si le système dessert le chauffage des locaux ainsi que l'eau chaude sanitaire, se reporter au § 10.4.1 ;
- s'il dessert uniquement l'eau chaude sanitaire, se reporter au § 10.4.2 ;
- s'il n'y a pas de système d'énergie solaire thermique qui dessert le secteur énergétique i, $f_{as,heat,sec\ i,m}$ est nul ;
- si un point de puisage particulier (baignoire / douche i ou évier de cuisine i) n'est pas préchauffé par un système d'énergie solaire thermique, la valeur respective de $f_{as,water,bath\ i,m}$ et/ ou $f_{as,water,sink\ i,m}$ est nulle.

10.4.1 Chauffage des locaux et eau chaude sanitaire

10.4.1.1 Approche simple

On détermine la contribution énergétique utile mensuelle (comme part de la demande totale de chaleur) d'un système d'énergie solaire thermique destiné au chauffage et à la préparation d'eau chaude sanitaire comme suit[15] :

Eq. 108
$$f_{as,heat,sec\ i,m} = f_{as,water,bath\ i,m} = f_{as,water,sink\ i,m} = \min\left(1\ ;\ \eta_{as,sh+wh,m} Q_{as,m} / Q_{demand,as,sh+wh,m}\right) \quad (-)$$

avec :

Eq. 109
$$Q_{as,m} = \sum_j \left(A_{as,j}\ .\ I_{as,m,shad,j}\right) \quad (MJ)$$

Eq. 110
$$Q_{demand,as,sh+wh,m} = Q_{demand,as,water,m} + \sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m} \quad (MJ)$$

Eq. 111
$$Q_{demand,as,water,m} = \sum_i Q_{water,bath\ i,gross,m} + \sum_i Q_{water,sink\ i,gross,m} \quad (MJ)$$

et où :

$\eta_{as,sh+wh,m}$ le rendement mensuel moyen du système d'énergie solaire thermique, (-) ;

[15] Le terme anglais pour f est 'solar fraction', traduit par la suite par 'fraction solaire'. Elle peut théoriquement varier entre une valeur de 0 (contribution nulle de l'énergie solaire) et une valeur de 1 (couverture totale par l'énergie solaire).

$Q_{as,m}$ l'ensoleillement mensuel du système d'énergie solaire thermique, compte tenu de l'ombrage, en MJ ;

$Q_{demand,as,sh+wh,m}$ la demande de chaleur totale à laquelle le système d'énergie solaire thermique contribue, en MJ ;

$A_{as,j}$ la surface d'entrée des capteurs à orientation j du système d'énergie solaire thermique, en m² ;

$I_{as,m,shad,j}$ l'ensoleillement de la surface des capteurs à orientation j pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage, en MJ/m², déterminé selon l'Annexe C de la présente annexe ;

$Q_{demand,as,water,m}$ la demande mensuelle de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire, à laquelle le système d'énergie solaire thermique contribue, en MJ ;

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique i, déterminés selon le § 9.2.1, en MJ ;

$Q_{water,bath\ i,gross,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire i, déterminés selon le § 9.3.1, en MJ ;

$Q_{water,sink\ i,gross,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminés selon le § 9.3.1, en MJ.

Il faut faire une somme sur toutes les orientations j et tous les secteurs énergétiques i auxquels le système d'énergie solaire fournit de la chaleur pour le chauffage, et sur l'ensemble des douches, baignoires et éviers de cuisine i auxquels le système d'énergie solaire fournit de la chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire.

Le rendement mensuel moyen constant du système d'énergie solaire thermique est calculé comme suit :

Eq. 112 si $\sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m} > 0$:

$$\eta_{as\ sh+wh,m} = \min\left\{\max\left(0\ ;\ 0{,}16 + 0{,}2\,\frac{Q_{demand,as,water,a}}{Q_{as,a}} + 0{,}015\sqrt{\frac{\sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m}}{Q_{as,m}}}\right)\ ;\ 0{,}8\right\}$$

si $\sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m} = 0$:

$$\eta_{as,sh+wh,m} = \min\left\{\max\left(0\ ;\ 0{,}16 + 0{,}2\,\frac{Q_{demand,as,water,a}}{Q_{as,a}}\right)\ ;\ 0{,}8\right\} \quad (-)$$

avec :

$Q_{demand,as,water,a}$ la demande annuelle de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire de l'installation, en MJ (égale à la somme des 12 besoins énergétiques mensuels bruts pour la préparation d'eau chaude sanitaire, $Q_{demand,as,water,m}$, en MJ) ;

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique i, déterminés selon le § 9.2.1, en MJ ;

$Q_{as,a}$ l'ensoleillement annuel du système d'énergie solaire thermique, en MJ (égal à la somme de l'ensoleillement de chacun des 12 mois, en MJ).

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques i auxquels le système d'énergie solaire fournit de la chaleur pour le chauffage.

10.4.1.2 Calcul détaillé

Si l'on connaît la conception du système d'énergie solaire thermique et les caractéristiques de chacun des éléments, on peut déterminer sa contribution énergétique mensuelle utile (fraction solaire) à l'aide d'un programme de calcul approprié, préalablement reconnu par le Ministre. L'énergie des auxiliaires (par exemple, pour un circulateur) doit, en outre, être multipliée par le facteur de conversion en énergie primaire pour l'électricité et soustraite lors de la détermination de la contribution énergétique mensuelle utile.

10.4.2 Eau chaude sanitaire

10.4.2.1 Méthode simple

On détermine la contribution mensuelle utile (égale à la part de la demande totale de chaleur de l'installation) d'un système d'énergie solaire thermique qui participe uniquement à la préparation de l'eau chaude sanitaire comme suit :

Eq. 113 $$f_{as,water,bath\ i,m} = f_{as,water,sink\ i,m} = \min\left(1 ; \eta_{as,water,m} \cdot Q_{as,m} / Q_{demand,as,water,m}\right) \quad (-)$$

avec :

$\eta_{as,water,m}$ le rendement mensuel moyen du système d'énergie solaire thermique ;

$Q_{as,m}$ l'ensoleillement mensuel du système d'énergie solaire thermique, compte tenu de l'ombrage, en MJ, déterminé selon le § 10.4.1.1 ;

$Q_{demand,as,water,m}$ la demande de chaleur mensuelle totale de l'installation pour la préparation d'eau chaude sanitaire, en MJ, déterminée selon le § 10.4.1.1.

Le rendement mensuel moyen du système d'énergie solaire thermique est calculé comme suit :

Eq. 114 $$\eta_{as,water,m} = \min\left\{\max\left(0 ; 0,16 + 0,20 \cdot \frac{Q_{demand,as,water,a}}{Q_{as,a}}\right) ; 0,8\right\} \quad (-)$$

avec :

$Q_{demand,as,water,a}$ la demande annuelle de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire à laquelle le système d'énergie solaire contribue, en MJ (égale à la somme des 12 besoins énergétiques mensuels bruts pour la préparation d'eau chaude sanitaire, $Q_{demand,as,water,m}$, en MJ) ;

$Q_{as,a}$ l'ensoleillement annuel du système d'énergie solaire thermique, en MJ (égal à la somme de l'ensoleillement de chacun des 12 mois, en MJ).

10.4.2.2 Calcul détaillé

Si l'on connaît la conception du système d'énergie solaire et les caractéristiques de chacun des éléments, on peut déterminer leur contribution énergétique utile mensuelle (fraction solaire) à l'aide d'un programme de calcul approprié, préalablement reconnu par le Ministre. L'énergie des auxiliaires (par exemple, pour un circulateur) doit, en outre, être multipliée par le facteur de

conversion en énergie primaire pour l'électricité et soustraite lors de la détermination de la contribution énergétique mensuelle utile.

10.5 Consommation d'énergie mensuelle équivalente pour le refroidissement

S'il y a trop de gains de chaleur excédentaires, le risque de surchauffe est élevé. Même si on n'installe pas de refroidissement actif lors de la construction, il est possible qu'on en installe un par la suite. C'est pourquoi on tient compte également, dans ces cas, d'une consommation de refroidissement fictive équivalente, voir chapitre 8.

On détermine la consommation d'électricité mensuelle équivalente pour le refroidissement comme suit :

Eq. 115 $$Q_{cool,final,sec\ i,m} = \frac{Q_{cool,net,sec\ i,m}}{8,1} \quad \text{(kWh)}$$

avec :

$Q_{cool,net,sec\ i,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement d'un secteur énergétique i, calculés selon le § 8.5 ;

8,1 le produit du rendement forfaitaire du système (0,9), d'un EER forfaitaire du système de refroidissement (2,5) et du facteur de conversion de MJ en kWh (3,6).

11 Consommation mensuelle d'énergie des auxiliaires

11.1 Consommation mensuelle d'énergie pour les fonctions auxiliaires

11.1.1 Consommation d'énergie auxiliaire électrique pour la distribution

11.1.1.1 Principe

La consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique pour la distribution est déterminée dans ce chapitre. La conversion en énergie primaire se fait au § 13.5.

En ce qui concerne le refroidissement, aucune énergie auxiliaire ne doit être calculée pour la distribution. Il est considéré par convention que celle-ci est déjà prise en compte dans la détermination de la consommation d'énergie mensuelle équivalente pour le refroidissement (voir le § 10.5).

11.1.1.2 Règle de calcul pour la consommation d'énergie auxiliaire pour la distribution

11.1.1.2.1 Règle de calcul générale

On détermine la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire pour la distribution comme suit :

Eq. 304 $$W_{aux,dis,\ m} = \sum_j P_{pumps,dis,\ instal,j} \cdot \frac{t_{on,dis,j,m}}{3,6} \quad \text{(kWh)}$$

où :

$W_{aux,dis,m}$ la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique pour la distribution dans l'unité PER, en kWh ;

$P_{pumps,dis,instal,j}$ la puissance installée du circulateur j desservant l'unité PER considérée, telle que définie au § 11.1.1.3, en W ;

$t_{on,dis,j,m}$ le temps de fonctionnement mensuel du circulateur j pour la distribution, tel que défini au § 11.1.1.4, en Ms.

Il faut faire la somme sur tous les circulateurs j qui desservent l'unité PER.

11.1.1.2.2 Exceptions

Les circulateurs de secours sont redondants pour le système. Leur consommation d'énergie auxiliaire ne doit donc pas être prise en compte.

11.1.1.3 Détermination de la puissance installée $P_{pumps,dis,instal,j}$

$P_{pumps,dis,instal,j}$ est la puissance installée du circulateur j, en W, et est déterminée comme suit :

- pour les circulateurs à rotor noyé : la puissance électrique moyenne mesurée à 100% du débit, nommée $P_{L,100\%}$, selon le Règlement (CE) n° 641/2009 ;
- pour les circulateurs à moteur ventilé dont le moteur électrique est séparé du rotor : la puissance électrique maximale que le moteur électrique peut délivrer en service continu, déterminée selon la norme NBN EN 60034-1 pour "Service type S1".

A défaut de donnée de produit, les valeurs par défaut suivantes peuvent être utilisées, en fonction du type de distribution :

- dans le cas de distribution pour le chauffage :

Eq. 305 $P_{pumps,dis,\ instal,j} = MAX(70\ ;\ 0,084 \cdot \sum_i V_{sec\,i})$ (W)

avec :

$V_{sec\ i}$ le volume du secteur énergétique i, en m^3.

Il faut faire la somme sur tous les secteurs énergétiques i desservis par le circulateur j.

- dans le cas de distribution de l'eau chaude sanitaire (conduite de circulation) :

Eq. 306 $$P_{pumps,dis,instal,j} = MAX\left(25; \frac{\Delta p_{pumps}}{\eta_{pumps}} . f_{insul,circ\ k} \cdot \frac{\sum_l \frac{l_{circ\ k,j} \cdot (60-\theta_{amb,January,j})}{R_{l,j}}}{\rho_W \cdot c_W \cdot \Delta\theta}\right)$$ (W)

- dans le cas d'une combinaison de distribution de l'eau chaude sanitaire et de distribution pour le chauffage (combilus) :

Eq. 307 $$P_{pumps,dis,instal,j} = MAX\left(70; \frac{\Delta p_{pumps}}{\eta_{pumps}} . f_{insul,circ\ k} \cdot \frac{\sum_l \frac{l_{circ\ k,j} \cdot (60-\theta_{amb,January,j})}{R_{l,j}}}{\rho_W \cdot c_W \cdot \Delta\theta}\right)$$ (W)

où :

Δp_{pumps} la hauteur manométrique minimale, en Pa, déterminée comme mentionné ci-dessous ;

$f_{insul,circ\ k}$ un facteur de correction pour prendre en compte l'effet des ponts thermiques sur la résistance thermique des segments de la conduite de circulation k, telle que déterminé au § 9.3.2 ;

$l_{circ\ k,l}$ la longueur du segment l de la conduite de circulation k, en m ;

η_{pumps} le rendement du circulateur. Celui-ci est établi par convention égal à 0,2,(-) ;

$\theta_{amb,January,l}$ la température ambiante moyenne pour le mois de janvier du segment de conduite l, en °C, telle que déterminée au § 9.3.2.2 ;

$R_{l,l}$ la résistance thermique linéaire $R_{l,l}$ du segment l, en m.K/W, telle que déterminée au § E.3 ;

ρ_W la densité de l'eau, en kg/m³. Celle-ci est prise par convention égale à 998 kg/m³ ;

c_W la capacité thermique spécifique de l'eau, en J/(kg.K). Celle-ci est prise par convention égale à 4182 J/(kg.K) ;

$\Delta\theta$ la différence de température entre le départ et le retour, en K. Celle-ci est prise par convention égale à 5 K.

Il faut faire la somme sur tous les segments l de la conduite de circulation k qui sont desservis par le circulateur j.

La hauteur manométrique minimale est donné par :

Eq. 308 $\Delta p_{pumps} = \sum_l l_{circ\ k,l} \cdot 300$ (Pa)

avec :

$l_{circ\ k,l}$ la longueur du segment l de la conduite de circulation k, en m.

Il faut faire la somme sur tous les segments l de la conduite de circulation k qui sont desservis par le circulateur j.

Si un circulateur dessert plusieurs unités PEN et/ou PER, la puissance du circulateur ($P_{pumps,dis,instal,j}$) doit être répartie de façon proportionnelle entre ces unités PEN et/ou PER sur base des besoins bruts de chaleur des unités respectives.

Dans le cas de distribution de chaleur pour le chauffage, la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour le chauffage. Dans le cas d'une distribution de l'eau chaude sanitaire ou d'un combilus, la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en eau chaude sanitaire.

11.1.1.4 Détermination du temps de fonctionnement $t_{on,dis,j,m}$

Le temps de fonctionnement mensuel du circulateur j, $t_{on,dis,j,m}$, en Ms, est déterminé en fonction du type de distribution, de la manière suivante :

- Pour les circulateurs pour la distribution d'eau chaude sanitaire (conduite de circulation) :

Eq. 309 $t_{on,dis,j,m} = t_m$ (Ms)

- Pour les circulateurs pour la distribution pour le chauffage :

Eq. 310 $t_{on,dis,j,m} = \max(t_{on,dis,heat,j,m,sec\,i})$ (Ms)

avec :

t_m	la longueur du mois considéré, en Ms, reprise du Tableau [1], en Ms ;
$t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$	le temps de fonctionnement mensuel du circulateur j pour la distribution pour le chauffage dans le secteur énergétique i, déterminé comme indiqué ci-dessous, in Ms.

Le temps de fonctionnement mensuel du circulateur j pour la distribution pour le chauffage dans le secteur énergétique i, $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$, est déterminé comme suit :

- pour un circulateur à rotor noyé avec régulation (excepté régulation marche/arrêt) dont le EEI est connu :

Eq. 311 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = MIN\left(t_{heat,sec\,i,\,m} \cdot \left(0,6+0,625 \cdot \frac{EEI}{0,23}\right)\ ;\ t_m \cdot \frac{1}{2}\right)$ (Ms)

- pour un circulateur à rotor ventilé avec régulation (excepté régulation marche/arrêt) :

Eq. 312 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = MIN\left(t_{heat,sec\,i,\,m}\ ;\ t_m \cdot \frac{1}{2}\right)$ (Ms)

- pour un circulateur avec régulation marche/arrêt ou pour un circulateur à rotor noyé avec régulation (excepté régulation marche/arrêt) dont le EEI est inconnu :

Eq. 313 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = t_m \cdot \frac{1}{2}$ (Ms)

- dans tous les autres cas ou si la régulation est inconnue :

Eq. 314 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = t_m$ (Ms)

où :

$t_{heat,sec\ i,m}$ le temps de fonctionnement mensuel conventionel du système d'émission de chaleur du secteur énergétique i, en Ms, déterminé selon le § D.1 ;

EEI l'indice d'efficacité énergétique, selon le Règlement (CE) n° 641/2009, (-) ;

t_m la longueur du mois considéré, en Ms, reprise du Tableau [1], en Ms.

En ce qui concerne le temps de fonctionnement, un combilus est considéré comme une conduite pour la distribution d'eau chaude sanitaire.

11.1.2 Energie auxiliaire électrique pour la production

11.1.2.1 Principe

La consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique des auxiliaires pour la production de chaleur est déterminée dans ce chapitre. La conversion en consommation d'énergie primaire s'effectue au § 13.5.

En ce qui concerne le refroidissement, aucune énergie auxiliaire ne doit être calculée pour la production. Celle-ci est déjà prise en compte dans le rendement de production forfaitaire.

11.1.2.2 Règle de calcul pour l'énergie auxiliaire électrique pour la production

11.1.2.2.1 Règle de calcul générale

On détermine la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire pour la production dans l'unité PER, $W_{aux,gen,m}$, comme suit :

Eq. 315 $W_{aux,gen,m} = W_{throttle/fans,gen,m} + W_{electr,gen,m}$ (kWh)

avec :

$W_{throttle/fans,gen,m}$ la consommation mensuelle d'électricité des vannes gaz et/ou des ventilateurs des générateurs de l'unité PER considérée, définie selon le § 11.1.2.3, en kWh ;

$W_{electr,gen,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour l'électronique et les dispositifs d'allumage des générateurs de l'unité PER considérée, définie comme ci-dessous, en kWh.

$W_{electr,gen,m}$ est défini selon :

Eq. 316 $W_{electr,gen,\ m} = \sum_j P_{electr,gen,\ j} \cdot \frac{t_m}{3,6}$ (kWh)

avec :

$P_{electr,gen,j}$ la puissance des pertes en mode veille de l'électronique pour la production, en W. Par générateur j, la puissance des pertes est définie égale à 10 W ;

t_m la longueur du mois considéré, en Ms, reprise du Tableau [1], en Ms.

Il faut toujours faire la somme sur tous les générateurs j qui desservent l'unité PER.

Si un générateur dessert plusieures unités PEN et/ou PER, la puissance des pertes en mode veille doit être répartie de façon proportionelle entre les unités PEN et/ou PER concernées sur base des besoins bruts totaux des unités PEN et/ou PER concernées. Si le générateur ne sert qu'au chauffage, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts pour le chauffage. Si le générateur ne sert qu'à la production d'eau chaude sanitaire, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire. Si le générateur sert aux deux, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire.

11.1.2.2.2 Exceptions

Pour les installations d'eau chaude sanitaire dont le rendement pour la génération et le stockage est calculé suivant § 10.3.3.4.1, la consommation d'énergie auxiliaire électrique du générateur est déjà prise en compte et ne doit plus être comptabilisée dans l'Eq. 315.

La consommation éventuelle d'énergie auxiliaire par les appareils de chauffage locaux est déjà prise en compte dans le rendement de production et n'est donc plus considérée à nouveau dans les calculs.

11.1.2.3 Définition de la consommation mensuelle d'électricité des vannes gaz et/ou ventilateurs $W_{throttle/fans,gen,m}$

11.1.2.3.1 Règle de calcul générale

$W_{throttle/fans,gen,m}$ est défini comme suit :

Eq. 317 $$W_{throttle/fans,\ gen,\ m} = \sum_j P_{throttle/fans,gen,spec} \cdot P_{throttle/fans,gen,j} \cdot \frac{t_{on,gen,j,m}}{3,6} \quad \text{(kWh)}$$

où :

$P_{throttle/fans,gen,spec}$ la puissance spécifique pour la production des générateurs possédant un ventilateur et/ou une vanne gaz, considérée égale à 1 W/kW ;

$P_{throttle/fans,gen,j}$ la puissance nominale du générateur j, en kW ;

$t_{on,gen,j,m}$ le temps de fonctionnement mensuel de la vanne gaz et/ou du ventilateur du générateur j, défini suivant le § 11.1.2.3.2, en Ms.

Il faut toujours faire la somme sur tous les générateurs j qui desservent l'unité PER et qui font usage d'une vanne gaz et/ou d'un ventilateur.

Si un générateur dessert plusieures unités PEN et/ou PER, la puissance nominale du générateur dans l'Eq. 317 doit être répartie de façon proportionelle entre

les unités PEN et/ou PER concernées sur base des besoins bruts totaux des unités PEN et/ou PER concernées. Si le générateur ne sert qu'au chauffage, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts pour le chauffage. Si le générateur ne sert qu'à la production d'eau chaude sanitaire, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire. Si le générateur sert aux deux, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire.

11.1.2.3.2 Définition du temps de fonctionnement $t_{on,gen,j,m}$

$t_{on,gen,j,m}$ est défini comme suit :

Eq. 318

$$t_{on,gen,j,m}=\mathrm{MIN}\left[t_m;\frac{\left(\begin{array}{c}\Sigma_i Q_{heat,gross,sec\ i,\ m}+\Sigma_k Q_{water,bath\ k,\ gross,m}\\ +\Sigma_k Q_{water,sink\ k,\ gross,m}+\Sigma_k Q_{water,other\ k,\ gross,m}+\Sigma_l Q_{hum,net,l}+\Sigma_o \Sigma_n \frac{Q_{cool,gross,sec\ n,m}}{EER_{nom,o}}\end{array}\right)}{P_{throttle/fans,gen,j}\cdot 1000}\right] \quad \text{(Ms)}$$

où :

t_m	la longueur du mois considéré, en Ms, reprise du Tableau [1], en Ms ;
$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage des locaux du secteur énergétique i, déterminés selon le § 9.2.1 de cette annexe pour les unités PER et selon le § 6.2 de l'annexe PEN pour les unités PEN, en MJ, pour autant que ces besoins soient couverts par le générateur j en accord avec le § 10.2.2 de cette annexe pour les unités PER ou avec le § 7.2.1 de l'annexe PEN pour les unités PEN ;
$Q_{water,bath\ k,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'un bain k, déterminés selon le § 9.3.1 de cette annexe pour les unités PER et selon le § 6.5 de l'annexe PEN pour les unités PEN, en MJ, pour autant que ces besoins soient couverts par le générateur j en accord avec le § 10.3.2 de cette annexe pour les unités PER ou avec le § 7.6 de l'annexe PEN pour les unités PEN ;
$Q_{water,sink\ k,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine k, déterminés selon le § 9.3.1 de cette annexe pour les unités PER et selon le § 6.5 de l'annexe PEN pour les unités PEN, en MJ, pour autant que ces besoins soient couverts par le générateur j en accord avec le § 10.3.2 de cette annexe pour les unités PER ou avec le § 7.6 de l'annexe PEN pour les unités PEN ;
$Q_{water,other\ k,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un autre point de puisage k, déterminés selon le § 6.5 de l'annexe PEN, en MJ, pour autant que ces besoins soient couverts par le générateur j en accord avec le § 7.6 de l'annexe PEN ;
$Q_{hum,net,l,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification de l'appareil d'humidification l, déterminés selon le § 5.11 de l'annexe PEN, en MJ pour autant que ces besoins soient couverts par le générateur j en accord avec le § 7.2.1 de l'annexe PEN ;
$Q_{cool,gross,sec\ n,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement des locaux du secteur énergétique n, fourni par la machine de

	refroidissement par absorption, déterminés selon le § 6.2 de l'annexe PEN, en MJ, pour autant que ces besoins soient couverts par la machine de refroidissement par absorption o en accord avec le § 7.2.2 de l'annexe PEN et pour autant que la chaleur pour la machine de refroidissement par absorption o soit couverte par le générateur j en accord avec le § 7.2.1 de l'annexe PEN ;
$EER_{nom,o}$	le coefficient d'efficacité frigorifique de la machine de refroidissement par absorption o, déterminé selon le § 7.5.2 de l'annexe PEN, (-) ;
$P_{throttle/fans,gen,j}$	la puissance nominale du générateur j, en kW.

Il faut toujours faire la somme sur :

- tous les secteurs énergétiques i (dans l'unité PER considérée ou dans une autre unité PER ou PEN) qui sont desservis par le générateur j ;
- tous les bains ou douches k (dans l'unité PER considérée ou dans une autre unité PER ou PEN) qui sont desservis par le générateur j ;
- tous les éviers de cuisine k (dans l'unité PER considérée ou dans une autre unité PER ou PEN) qui sont desservis par le générateur j ;
- tous autres points de puisage k (dans une autre unité PEN) qui sont desservis par le générateur j ;
- tous les appareils d'humidification l (dans une autre unité PEN) qui sont desservis par le générateur j ;
- tous les secteurs énergétiques n (dans une autre unité PEN) qui sont desservis par la machine de refroidissement par absorption o et sur toutes les machines de refroidissement o qui sont desservis par le générateur j.

11.2 Consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs

11.2.1 Principe

Pour le calcul de la consommation électrique mensuelle des ventilateurs, on tient compte des ventilateurs présents dans les systèmes de ventilation mécanique pour la ventilation hygiénique et/ou dans les systèmes de chauffage par air, à l'exception des ventilateurs d'extraction dans un système A ou B qui sont conformes à la remarque "3)" du § 4.3.1.3 de la norme NBN D50-001.

Les ventilateurs suivants ne sont donc pas pris en compte : ventilateurs supplémentaires pour d'autres applications (par exemple, une hotte) et ventilateurs pour la ventilation qui desservent uniquement des espaces sans exigence de ventilation hygiénique.

Pour le calcul de la consommation électrique, on a le choix entre une méthode simplifiée (méthode 1 – voir § 11.2.2) et un calcul détaillé (méthode 2 et méthode 3 – voir § 11.2.3). Le choix de la méthode 1, 2 ou 3 doit être fait pour l'ensemble de l'unité PER.

Par "mode ventilation", on entend, dans les paragraphes suivants, que le ventilateur fonctionne uniquement pour la ventilation hygiénique et donc pour l'alimentation en air neuf (ou en air recyclé vers le séjour, le cas échéant) ou pour l'extraction de l'air vers l'extérieur. Par "mode chauffage", on entend que le ventilateur fonctionne dans le but de transporter de l'air chauffé ((partiellement) recirculé) vers les espaces desservis, en combinaison ou non avec la ventilation hygiénique.

11.2.2 Consommation électrique mensuelle des ventilateurs – méthode simplifiée (méthode 1)

Si on choisit le calcul simplifié, la consommation électrique mensuelle totale des ventilateurs dans l'unité PER vaut :

Eq. 261 $$W_{aux,fans,m} = \sum_{z} W_{aux,fans,zonez,m} \quad \text{(kWh)}$$

avec :

$W_{aux,fans,zone\ z,m}$ la consommation électrique mensuelle des ventilateurs dans la zone de ventilation z, en kWh, telle que déterminée ci-dessous.

Il faut faire une somme sur toutes les zones de ventilation de l'unité PER.

La consommation électrique mensuelle des ventilateurs est déterminée par zone de ventilation comme suit :

Eq. 262 $$W_{aux,fans,zonez,m} = t_m \cdot \left(f_{vent,zonez,m} \cdot \Phi_{fans,vent,zonez} + f_{heat,zonez,m} \cdot \Phi_{fans,heat,zonez} \right) / 3,6 \quad \text{(kWh)}$$

avec :

t_m la longueur du mois considérée, en Ms, voir Tableau [1] ;

$f_{vent,zone\ z,m}$ la fraction mensuelle conventionnelle du temps où les ventilateurs fonctionnent en mode ventilation, dans la zone de ventilation z, déterminée selon le § 11.2.2.3, (-) ;

$\Phi_{fans,vent,zone\ z}$ la valeur de calcul pour la puissance électrique de tous les ventilateurs ensemble dans la zone de ventilation z en mode ventilation, déterminée selon le § 11.2.2.1, en W ;

$f_{heat,zone\ z,m}$ la fraction mensuelle conventionnelle du temps où les ventilateurs fonctionnent en mode chauffage, dans la zone de ventilation z, déterminée selon le § 11.2.2.3, (-) ;

$\Phi_{fans,heat,zone\ z}$ la valeur de calcul pour la puissance électrique de tous les ventilateurs ensemble dans la zone de ventilation z en mode chauffage, déterminée selon le § 11.2.2.2, en W.

11.2.2.1 Valeur de calcul par défaut pour la puissance électrique en mode ventilation

On prend, comme valeur de calcul pour la puissance électrique de tous les ventilateurs ensemble dans la zone de ventilation z en mode ventilation, les valeurs du

110	Méthode PER 2017

Tableau [16].

Tableau [16] : Valeurs de calcul par défaut pour la puissance électrique en mode ventilation ($V_{sec\ i}$: volume du secteur énergétique i)

Installation	**Type ventilateur**	**Puissance $\Phi_{fans,vent,zone\ z}$ (W)**
Alimentation naturelle et évacuation naturelle	s.o.	0
Mécanique simple flux par insufflation ou extraction	ventilateurs à courant alternatif	0,125 $\Sigma V_{sec\ i}$
	ventilateurs à courant continu	0,085 $\Sigma V_{sec\ i}$
Mécanique double flux	ventilateurs à courant alternatif	0,235 $\Sigma V_{sec\ i}$
	ventilateurs à courant continu	0,150 $\Sigma V_{sec\ i}$
Mécanique simple flux par extraction avec utilisation de l'air repris comme source de chaleur pour une pompe à chaleur	ventilateurs à courant alternatif	0,145 $\Sigma V_{sec\ i}$
	ventilateurs à courant continu	0,100 $\Sigma V_{sec\ i}$
Mécanique double flux avec utilisation de l'air repris comme source de chaleur pour une pompe à chaleur	ventilateurs à courant alternatif	0,270 $\Sigma V_{sec\ i}$
	ventilateurs à courant continu	0,185 $\Sigma V_{sec\ i}$

Pour l'application du

Tableau [16], on prend la valeur "ventilateurs à courant continu" si tous les ventilateurs dans la zone de ventilation z sont des ventilateurs entraînés par un moteur à commutation électronique (moteur EC). Dans tous les autres cas, on prend la valeur "ventilateurs à courant alternatif".

Il faut faire une somme sur le volume de tous les secteurs énergétiques i de la zone de ventilation considérée.

11.2.2.2 Valeur de calcul par défaut pour la puissance électrique en mode chauffage

On prend, comme valeur de calcul pour la puissance électrique de tous les ventilateurs ensemble dans la zone de ventilation z en mode chauffage, les valeurs du

Tableau [17].

Tableau [17] : Valeurs de calcul par défaut pour la puissance électrique en mode chauffage ($V_{sec\ i}$: volume du secteur énergétique i)

Installation	Type de régulation du ventilateur	Puissance $\Phi_{fans,heat,zone\ z}$ (W)
Pas de chauffage par air	s.o.	0
Chauffage par air	Pas de régulation ou régulation non automatique	0,780 . $\Sigma V_{sec\ i}$
	Régulation automatique	0,525 . $\Sigma V_{sec\ i}$

Il faut faire une somme sur le volume de tous les secteurs énergétiques i de la zone de ventilation considérée.

11.2.2.3 Détermination de la fraction mensuelle conventionnelle du temps où les ventilateurs fonctionnent en mode ventilation ou en mode chauffage

La fraction mensuelle conventionnelle du temps où les ventilateurs, dans la zone de ventilation z, fonctionnent en mode ventilation ou chauffage respectivement, est donnée par :

- si les ventilateurs, dans la zone de ventilation z, servent uniquement au chauffage et n'assurent pas de ventilation hygiénique, alors on a pour tous les mois :
  - $f_{vent,zone\ z,m} = 0$
  - $f_{heat,zone\ z,m}$ comme déterminé avec **Eq. 264**
- si les ventilateurs, dans la zone de ventilation z, servent uniquement à la ventilation hygiénique et n'assurent pas de chauffage par air, alors on a pour tous les mois :
  - $f_{vent,zone\ z,m} = 1$
  - $f_{heat,zone\ z,m} = 0$
- s'il y a, dans la zone de ventilation z, à la fois des ventilateurs qui servent à la ventilation hygiénique et des ventilateurs qui servent au chauffage par air (ou s'il y a des ventilateurs qui servent aux deux fonctions), alors on a pour chaque mois m :

Eq. 263 $f_{vent,zone\ z,m} = 1 - f_{heat,zone\ z,m}$ (-)

Eq. 264 $$f_{heat,zone\ z,m} = \min\left[1; \sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m} \Big/ \left(1000 \cdot P_{nom,zonez} \cdot t_m\right)\right]$$ (-)

avec :

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique i, déterminés selon le § 9.2.1, en MJ ;

$P_{nom,zone\ z}$ la somme des puissances nominales des unités de production d'air chaud qui desservent la zone de ventilation z, en kW ;

t_m la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau [1].

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques i de la zone de ventilation z.

11.2.3 Consommation électrique mensuelle des ventilateurs - calcul détaillé

Si on choisit le calcul détaillé, la consommation électrique mensuelle totale des ventilateurs dans l'unité PER vaut :

Eq. 265 $$W_{aux,fans,m} = \sum_j W_{aux,fans,m,j}$$ (kWh)

avec :

$W_{aux,fans,m,j}$ la consommation électrique mensuelle du ventilateur (groupe) j, en kWh, comme déterminée ci-dessous.

Il faut faire une somme sur tous les ventilateurs (groupes) j qui contribuent à la ventilation hygiénique de l'unité PER (alimentation et/ou évacuation et/ou recirculation) et tous les ventilateurs qui servent au chauffage par air (en combinaison ou non avec la ventilation hygiénique).

On détermine la consommation électrique mensuelle du ventilateur (groupe) j comme suit :

Eq. 266 $$W_{aux,fans,m,j} = t_m \cdot \left(f_{vent,m,j} \cdot \Phi_{fans,vent,j} + f_{heat,m,j} \cdot \Phi_{fans,heat,j}\right) / 3,6$$ (kWh)

avec :

t_m la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau [1] ;

$f_{vent,m,j}$ la fraction mensuelle conventionnelle du temps où les ventilateurs fonctionnent en mode ventilation, déterminée selon le § 11.2.2.3, (-) ;

$\Phi_{fans,vent,m,j}$ la valeur de calcul pour la puissance électrique de tous les ventilateurs ensemble en mode ventilation, déterminée selon le § 11.2.2.1, en W ;

$f_{heat,m,j}$ la fraction mensuelle conventionnelle du temps où les ventilateurs fonctionnent en mode chauffage, déterminée selon le § 11.2.2.3, (-) ;

$\Phi_{fans,heat,m,j}$ la valeur de calcul pour la puissance électrique de tous les ventilateurs ensemble en mode chauffage, déterminée selon le § 11.2.2.2, en W.

11.2.3.1 Valeur de calcul pour la puissance électrique en mode ventilation - calcul détaillé

La valeur de calcul pour la puissance électrique en mode ventilation est déterminée au choix selon une des deux options suivantes :

- Option "méthode 2" : détermination de la valeur de calcul en un point de fonctionnement représentatif sur base de la puissance électrique installée (§ 11.2.3.1.1) ;
- Option "méthode 3" : détermination de la valeur de calcul en un point représentatif sur base de la puissance électrique mesurée en position nominale (§ 11.2.3.1.2).

Si un ventilateur (groupe) dessert plusieurs unités PEB (PER ou PEN[16]) (par exemple, un système centralisé pour plusieurs appartements), on détermine la valeur de calcul pour la puissance électrique de la zone z considérée en multipliant :

- la valeur de calcul totale déterminée ci-dessous,
- le rapport entre le maximum des débits exigés pour l'unité PER considérée et la somme des maximum des débits exigés pour toutes les zones de ventilation desservies par ce ventilateur.

Si un ventilateur (groupe) assure aussi l'alimentation et/ou l'évacuation dans des locaux sans exigences de ventilation hygiénique, aucune réduction (supplémentaire) ne peut être prise en compte pour ces locaux.

11.2.3.1.1 Option "méthode 2" : détermination de la valeur de calcul sur base de la puissance électrique installée

La valeur de calcul est déterminée en même temps pour tous les ventilateurs qui desservent ensemble une zone de ventilation.

Si un ventilateur (groupe) dessert plusieurs zones de ventilation et/ou unités PEB (PER ou PEN), on détermine la valeur de calcul en même temps pour tous les ventilateurs qui desservent toutes ces zones de ventilation et/ou unités PEB.

La méthode consiste en deux étapes :

Etape 1 : détermination du rapport de débit entre le point de fonctionnement représentatif et la position nominale

On détermine le rapport de débit $\beta_{\dot{V}}$ comme décrit au § 11.2.3.1.3.

Etape 2 : détermination de la puissance électrique au point de fonctionnement représentatif

On détermine la puissance électrique en mode ventilation de chaque ventilateur (groupe) j au point de fonctionnement représentatif comme suit :

Eq. 267 $$\Phi_{fans,vent,j} = f_{ctrl,j} \cdot P_{fans,max,j} \quad (W)$$

avec :

$f_{ctrl,j}$ un facteur de réduction qui tient compte du type de régulation du débit du système, pour le ventilateur (groupe) j, y inclus la ventilation à la demande, déterminé selon le § 11.2.3.1.4, (-) ;

$P_{fans,max,j}$ la puissance électrique maximale du moteur électrique ou de la combinaison moteur électrique-ventilateur du ventilateur (groupe) j, en W.

Pour la définition de la puissance électrique maximale, se reporter au § 2.

[16] Si le ventilateur dessert aussi des destinations non résidentielles, il faut considérer le débit de conception au lieu du maximum des débits exigés.

11.2.3.1.2 Option "méthode 3" : détermination de la valeur de calcul sur base de la puissance électrique mesurée en position nominale

La valeur de calcul est déterminée en même temps pour tous les ventilateurs qui desservent ensemble une ou plusieurs zones de ventilation.

Si un ventilateur (groupe) dessert plusieurs unités PEB (PER ou PEN) différentes, on détermine la valeur de calcul en même temps pour tous les ventilateurs qui desservent toutes ces unités PEB.

La méthode consiste en trois étapes, avec des conditions accompagnant éventuelles :

Etape 1 : mise en position nominale et mesure des débits et de la puissance électrique absorbée

Tous les ventilateurs sont placés en position nominale. Dans tous les espaces qui sont desservis par les ventilateurs, on mesure ensuite le débit mécanique d'alimentation en air neuf $\dot{V}_{mech.supply,rm\ r}$ (pour les séjours, inclus le débit de recirculation éventuel) et/ou le débit mécanique d'extraction vers l'extérieur $\dot{V}_{mech.extr,rmr}$. Pour chaque ventilateur (groupe), on mesure ensuite la puissance électrique absorbée in situ, $P_{fans,nom,j}$, conformément aux règles définies par le Ministre.

Pour chaque espace r dans lequel un débit mécanique d'alimentation est assuré par le(s) ventilateur(s) (groupe(s)), la condition suivante doit être satisfaite :

Eq. 268 $\dot{V}_{mech.supply,rm\ r} \geq \dot{V}_{req,supply,rm\ r}$ (m³/h)

Pour chaque espace r dans lequel un débit mécanique d'extraction est assuré par le(s) ventilateur(s) (groupe(s)), la condition suivante doit être satisfaite :

Eq. 269 $\dot{V}_{mech.extr,rm\ r} \geq \dot{V}_{req,extr,rm\ r}$ (m³/h)

avec :

$\dot{V}_{req,supply,rm\ r}$	le débit d'alimentation en air neuf exigé dans l'espace r, en m³/h ;
$\dot{V}_{req,extr,rmr}$	le débit d'extraction vers l'extérieur exigé dans l'espace r, en m³/h ;
$\dot{V}_{mech.supply,rm\ r}$	le débit d'alimentation en air neuf dans l'espace r, tel que mesuré dans l'étape 1 de 11.2.3.1.2, pour les séjours y inclus le débit de recirculation le cas échéant, en m³/h ;
$\dot{V}_{mech.extr,rmr}$	le débit d'extraction vers l'extérieur de l'espace r, tel que mesuré dans l'étape 1 de 11.2.3.1.2, en m³/h.

Si ces conditions ne sont pas satisfaites, on doit choisir la méthode 2 ou la méthode 1 (calcul simplifié).

Etape 2 : détermination du rapport de débit entre le point de fonctionnement représentatif et la position nominale

On détermine le rapport de débit $\beta_{\dot{V}}$ comme décrit en 11.2.3.1.3.

Le rapport de débit $\beta_{\dot{V}}$ doit être inférieur ou égal à 1. Si cette condition n'est pas satisfaite, on doit choisir la méthode 2 ou la méthode 1 (calcul simplifié).

Etape 3 : détermination de la puissance électrique au point de fonctionnement représentatif

On détermine la puissance électrique en mode ventilation de chaque ventilateur (groupe) j au point de fonctionnement représentatif comme suit :

Eq. 270 $$\Phi_{fans,vent,j} = f_{ctrl,j} \cdot P_{fans,nom,j} \quad (W)$$

avec :

$f_{ctrl,j}$ un facteur de réduction qui tient compte du type de régulation du débit du système, pour le ventilateur (groupe) j, y inclus la ventilation à la demande, déterminé selon le § 11.2.3.1.4, (-) ;

$P_{fans,nom,j}$ la puissance électrique absorbée du ventilateur (groupe) j mesurée en position nominale, telle que déterminée dans l'étape 1, en W.

11.2.3.1.3 Détermination du rapport de débit entre entre le point de fonctionnement représentatif et la position nominale

On détermine le rapport de débit $\beta_{\dot{V}}$ comme suit :

- Si on choisit l'option "méthode 2" :
  - Dans le cas d'un système B :

Eq. 271 $$\beta_{\dot{V}} = \min\left(1;0,65 \cdot \frac{\sum_z \dot{V}_{req,zonez}}{\sum_r \dot{V}_{req,supply,rmr}}\right) \quad (-)$$

  - Dans le cas d'un système C :

Eq. 272 $$\beta_{\dot{V}} = \min\left(1;0,65 \cdot \frac{\sum_z \dot{V}_{req,zonez}}{\sum_r \dot{V}_{req,extr,rmr}}\right) \quad (-)$$

  - Dans le cas d'un système D :

Eq. 273 $$\beta_{\dot{V}} = \min\left(1;0,65 \cdot \frac{\sum_z \dot{V}_{req,zonez}}{\min\left(\sum_r \dot{V}_{req,supply,rmr};\sum_r \dot{V}_{req,extr,rmr}\right)}\right) \quad (-)$$

- Si on choisit l'option "méthode 3" :
  - Dans le cas d'un système B :

Eq. 274 $$\beta_{\dot{V}} = \max\left[0,65; 0,65 \cdot \frac{\sum_{z} \dot{V}_{req,zonez}}{\sum_{r} \dot{V}_{mech.supply,rmr}}\right] \quad (-)$$

  - Dans le cas d'un système C :

Eq. 275 $$\beta_{\dot{V}} = \max\left[0,65; 0,65 \cdot \frac{\sum_{z} \dot{V}_{req,zonez}}{\sum_{r} \dot{V}_{mech.extr,rmr}}\right] \quad (-)$$

  - Dans le cas d'un système D :

Eq. 276 $$\beta_{\dot{V}} = \max\left[0,65; 0,65 \cdot \frac{\sum_{z} \dot{V}_{req,zonez}}{\min\left(\sum_{r} \dot{V}_{mech.supply,rmr}; \sum_{r} \dot{V}_{mech.extr,rmr}\right)}\right] \quad (-)$$

avec :

$\dot{V}_{req,zonez}$ le maximum des débits exigés de la zone de ventilation z, tel que déterminé ci-dessous en m³/h ;

$\dot{V}_{req,supply,rm\ r}$ le débit d'alimentation en air neuf exigé dans l'espace r, en m³/h ;

$\dot{V}_{req,extr,rmr}$ le débit d'extraction vers l'extérieur exigé dans l'espace r, en m³/h ;

$\dot{V}_{mech.supply,rm\ r}$ le débit d'alimentation en air neuf dans l'espace r, tel que mesuré dans l'étape 1 de 11.2.3.1.2, pour les séjours y inclus le débit de recirculation, le cas échéant, en m³/h ;

$\dot{V}_{mech.extr,rmr}$ le débit d'extraction vers l'extérieur de l'espace r, tel que mesuré dans l'étape 1 de 11.2.3.1.2, en m³/h.

Il faut faire la somme sur tous les espaces r et toutes les zones de ventilation z et/ou toutes les unités PEB (PER ou PEN) desservies par le ventilateur (groupe).

On détermine le maximum des débits exigés de la zone de ventilation z comme suit :

Eq. 277 $$\dot{V}_{req,zonez} = \max\left(\sum_{r} \dot{V}_{req,supply,rmr}; \sum_{r} \dot{V}_{req,extr,rmr}\right) \quad (m^3/h)$$

avec :

$\dot{V}_{req,supply,rm\ r}$ le débit d'alimentation en air neuf exigé dans l'espace r, en m³/h ;

$\dot{V}_{req,extr,rmr}$ le débit d'extraction vers l'extérieur exigé dans l'espace r, en m^3/h.

Il faut faire une somme sur tous les espaces de la zone de ventilation z.

11.2.3.1.4 Facteur de réduction pour le type de régulation du débit (et la ventilation à la demande)

On détermine le facteur de réduction, $f_{ctrl,j}$, qui tient compte du type de régulation du débit du système, pour le ventilateur (groupe) j, y inclus la ventilation à la demande, en fonction de la stratégie de régulation du système de ventilation et du type de variation de vitesse de rotation du ventilateur comme spécifié dans le Tableau [33].

Si le facteur de réduction, $f_{ctrl,j}$, est déterminé pour un groupe de ventilation j contenant plusieurs ventilateurs, il se peut que la stratégie de régulation du système de ventilation et/ou le type de variation de vitesse de rotation du ventilateur soient différents pour ces différents ventilateurs. Dans ce cas, le facteur de réduction, $f_{ctrl,j}$, du groupe de ventilation j est la valeur la plus élevée des différents facteurs de réduction, $f_{ctrl,j}$, déterminés séparément pour chacun des ventilateurs de ce groupe de ventilation.

Tableau [33] : Formules de calcul pour $f_{ctrl,j}$ pour différentes configurations

Stratégie de régulation du système de ventilation / Type de variation de vitesse de rotation du ventilateur	Régulation par vitesse de rotation variable et pression variable	Régulation par vitesse de rotation variable et pression constante	Etranglement et tous les autres types de régulation
Moteur EC avec régulation de la commutation Ou Moteur AC asynchrone avec régulation de la fréquence	$0.2+0.8\cdot(f_{reduc}\cdot\beta_{\dot{V}})^3$	$0.4+0.6\cdot(f_{reduc}\cdot\beta_{\dot{V}})^2$	1
Moteur AC avec régulation de la tension (via transformateur ou semi-conducteurs)	$0.4+0.6\cdot(f_{reduc}\cdot\beta_{\dot{V}})^3$	$0.4+0.6\cdot(f_{reduc}\cdot\beta_{\dot{V}})^2$	1
Tous les autres types de régulation du moteur ou du ventilateur	1	1	1

avec :

Eq. 278 $f_{reduc} = f_{reduc,vent,heat,zonez}$ (-)

et avec :

$\beta_{\dot{V}}$ le rapport de débit entre le point de fonctionnement représentatif et la position nominale, comme déterminé dans 11.2.3.1.3, (-) ;

f_{reduc} un facteur de réduction pour la ventilation dans la zone de ventilation z, pour la consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs, (-) ;

$f_{reduc,vent,heat,zonez}$ un facteur de réduction pour la ventilation dans la zone de ventilation z pour les calculs de chauffage, déterminé dans 7.8.6, (-) ;

Pour appartenir à la stratégie de régulation « régulation par vitesse de rotation variable et pression variable », les conditions suivantes doivent être satisfaites :

- Si variation de vitesse uniquement :
  - le ventilateur j ne peut desservir qu'une seule unité PER ;
  - le réseau d'alimentation ou d'évacuation auquel le ventilateur j appartient doit être régulé uniquement par variation de la vitesse de rotation du ventilateur j, sans aucun organe d'étranglement (manuel ou automatique) pour la régulation de ce réseau (locale, par zone, centrale ou manuelle) ;
  - si la régulation est manuelle, le ventilateur j doit être réglable manuellement grâce à un bouton de commande accessible, dans l'unité PER considérée, avec au moins 3 positions de régulation.
- Si variation de vitesse en combinaison avec étranglement :
  - le ventilateur j peut desservir une ou plusieurs unités PER ;
  - le réseau d'alimentation ou d'évacuation auquel le ventilateur j appartient doit être pourvu de clapets automatiques pour la régulation locale, par zone ou centrale de ce réseau :
    - si la régulation est locale, chaque espace desservi par le ventilateur j doit être pourvu d'un clapet automatique ;
    - si la régulation est par zone, chaque zone desservie par le ventilateur j doit être pourvue d'un clapet automatique ;
    - si la régulation est centrale (uniquement si le ventilateur j dessert plusieurs unités PER), chaque unité PER desservie par le ventilateur j doit être pourvue d'un clapet automatique ;
  - la vitesse de rotation du ventilateur j et l'ouverture des différents clapets automatiques du réseau d'alimentation ou d'évacuation auquel le ventilateur j appartient doivent être régulés de manière combinée afin d'obtenir, en permanence, au moins un clapet en position complètement ouverte.

Pour appartenir à la stratégie de régulation « régulation par vitesse de rotation variable et pression constante », les conditions suivantes doivent être satisfaites :

- le ventilateur j doit être un ventilateur à régulation automatique qui délivre une pression constante ;
- le réseau d'alimentation ou d'évacuation auquel le ventilateur j appartient doit être pourvu de clapets pour la régulation locale, par zone, centrale ou manuelle de ce réseau :
  - régulation locale ou par zone :
    - le ventilateur j peut desservir une ou plusieurs unités PER ;
    - si la régulation est locale, chaque espace desservi par le ventilateur j doit être pourvu d'un clapet automatique ;
    - si la régulation est par zone, chaque zone desservie par le ventilateur j doit être pourvue d'un clapet automatique ;

- régulation centrale ou manuelle :
  - le ventilateur j doit desservir plusieurs unités PER ;
  - si la régulation est centrale, chaque unité PER desservie par le ventilateur j doit être pourvue d'un clapet automatique ;
  - si la régulation est manuelle, chaque unité PER desservie par le ventilateur j doit être pourvue d'un clapet, réglable manuellement grâce à un bouton de commande accessible dans l'unit PER correspondante avec au moins 3 positions de régulation.

11.2.3.2 Valeur de calcul pour la puissance électrique en mode chauffage – calcul détaillé

On détermine la puissance électrique de chaque ventilateur (groupe) j en mode chauffage comme suit :

Eq. 279 $\Phi_{fans,heat,j} = P_{fans,max,j}$ (W)

avec :

$P_{fans,max,j}$ la puissance électrique maximale du moteur électrique ou de la combinaison moteur électrique-ventilateur du ventilateur (groupe) j, en W.

Pour la définition de la puissance électrique maximale, se reporter au § 2.

Si un ventilateur (groupe) assure aussi le chauffage de plusieurs unités PEB (PER ou PEN) (par exemple, un système centralisé pour plusieurs appartements), on détermine la valeur de calcul pour la puissance électrique en multipliant :

- la valeur de calcul totale déterminée ci-dessus ;
- le rapport entre le débit maximum de conception dans l'unité PER considérée et le débit maximal total de conception de ce ventilateur.

11.2.3.3 Détermination de la fraction mensuelle conventionnelle du temps où les ventilateurs fonctionnent en mode ventilation ou en mode chauffage

La fraction mensuelle conventionnelle du temps où le ventilateur j fonctionnent en mode ventilation ou chauffage respectivement, est donnée par :

- si le ventilateur j sert uniquement au chauffage et n'assure pas de ventilation volontaire, alors on a, pour tous les mois :
  - $f_{vent,m,j} = 0$
  - $f_{heat,m,j}$ comme déterminé avec Eq. 281
- si le ventilateur j sert uniquement à la ventilation hygiénique et n'assure pas de chauffage par air, alors on a, pour tous les mois :
  - $f_{vent,m,j} = 1$
  - $f_{heat,m,j} = 0$
- si le ventilateur j sert à la fois à la ventilation hygiénique et au chauffage par air, alors on a, pour chaque mois m :

Eq. 280 $f_{vent,m,j} = 1 - f_{heat,m,j}$ (-)

Eq. 281 $$f_{heat,m,j} = \min\left[1; \sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m} \Big/ \left(1000 \cdot P_{nom,j} \cdot t_m\right)\right]$$ (-)

avec :

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique i, déterminés selon le § 9.2.1, en MJ ;

$P_{nom,j}$ la puissance nominale de l'unité de production d'air chaud[17], en kW ;

t_m la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau [1].

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques i de l'unité PER qui sont pourvus de chauffage par air par le ventilateur j.

Si un ventilateur j chauffe également des locaux en-dehors de l'unité PER considérée, le numérateur (c.-à-d. le besoin mensuel brut en énergie) est multiplié par le rapport entre le volume total chauffé à l'aide du ventilateur j et la somme des volumes des secteurs énergétiques i situés à l'intérieur de l'unité PER considérée chauffés à l'aide du ventilateur j.

11.3 Consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'alimentation en air

La consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'alimentation en air est donné par :

Eq. 124 $$W_{precool,m} = W_{soil/water,m} + W_{evap,m}$$ (kWh)

avec :

$W_{soil/water,m}$ la consommation mensuelle d'électricité de l'échangeur de chaleur sol-eau, telle que définie au § 11.3.1, en kWh ;

$W_{evap,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour le refroidissement par évaporation, telle que définie au § 11.3.2. en kWh.

Pour d'autres technologies, $W_{precool,m}$ sera déterminée selon des règles déterminées par le Ministre.

11.3.1 Consommation mensuelle d'électricité de l'échangeur sol-eau

On détermine la consommation mensuelle d'électricité de l'échangeur de chaleur sol-eau comme suit :

Eq. 125
$$W_{soil/water,m} = 0{,}278 \times t_m \cdot w_{soil/water,m} \cdot \left(\frac{\dot{V}_W}{3600} \cdot f \cdot \frac{L_{tube}}{D_{tube}} \cdot 500 \left(\frac{\dot{V}_W}{3600 n_{tube} \frac{\pi}{4} D_{tube}^2} \right)^2 + 150 \cdot \frac{\sum_i \dot{V}_{hyg,cool,sec\ i}}{3600} \right)$$ (kWh)

avec :

[17] Si 1 ventilateur devait desservir plusieurs appareils producteurs d'air chaud, il faut prendre comme $P_{nom,j}$ la somme des puissances nominales de tous ces appareils.

t_m la longueur du mois considéré en Ms, voir le Tableau [1] ;

$w_{soil/water,m}$ un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement de l'échangeur de chaleur sol-eau, déterminé selon le § B.3, (-) ;

$\dot{V}_W$ le débit d'eau qui traverse l'échangeur de chaleur sol-eau, en m^3/h ;

f un facteur de friction :

Eq. 126 Si Re < 2300 : $$f = \frac{64}{Re}$$

Dans tous les autres cas : $$f = \left(1,58 \cdot \ln(Re) - 3,28\right)^{-2} \quad (-)$$

avec :

Re le nombre de Reynolds déterminé selon le § B.3, (-) ;

D_{tube} le diamètre intérieur de la conduite dans le sol, en m ;

L_{tube} la longueur de la conduite dans le sol, en m ;

n_{tube} le nombre de conduites en parallèle ;

$\dot{V}_{hyg,cool,sec\ i}$ le débit de ventilation hygiénique dans le secteur énergétique i, pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 7.8.5, ▨7.8.57.8.5n m^3/h.en m^3/h.

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques i de la zone de ventilation z qui sont reliés à l'échangeur de chaleur.

11.3.2 Consommation mensuelle d'électricité pour le refroidissement par évaporation

La consommation mensuelle d'électricité pour le refroidissement par évaporation est donné par :

Eq. 127 $$W_{evap,m} = 0,278 \cdot t_m \cdot 250 \cdot w_{evap,m} \cdot \frac{\sum_i \dot{V}_{hyg,cool,sec\ i}}{3600} \quad (kWh)$$

avec :

t_m la longueur du mois considéré en Ms, voir le Tableau [1] ;

$w_{evap,m}$ un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement du refroidissement par évaporation, déterminé selon le § B.3.3, (-) ;

$\dot{V}_{hyg,cool,sec\ i}$ le débit de ventilation hygiénique dans le secteur énergétique i, pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 7.8.5▨7.8.57.8.5, in m^3/h.

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques i de la zone de ventilation z qui sont reliés au système de refroidissement par évaporation.

12 Production mensuelle d'électricité de systèmes d'énergie solaire photovoltaïque sur site et de cogénération sur site

12.1 Systèmes d'énergie solaire photovoltaïque

12.1.1 Principe

La production mensuelle d'électricité d'un système d'énergie solaire photovoltaïque sur site est déterminée en multipliant l'ensoleillement mensuel incident par le rendement de conversion. A part la détermination de la production, la méthode de calcul est comparable à celle utilisée pour les systèmes d'énergie solaire thermique. Mais l'incidence de l'ombrage est plus importante. Dès que différentes parties du système PV ont des orientations, des angles d'inclinaison ou un ombrage différents, il faut les calculer comme des systèmes différents.

Seuls les systèmes d'énergie solaire photovoltaïque installés sur la parcelle du bâtiment comprenant l'unité PER considérée sont pris en compte. Ce qui revient à dire que les panneaux sont placés sur le toit ou sur la façade du bâtiment principal ou d'un bâtiment secondaire ou directement installés au sol (par exemple, panneaux suiveurs).

Si le système d'énergie solaire photovoltaïque est commun à plusieurs unités PEB (résidentielles et/ou non résidentielles) et/ou à des parties du bâtiment qui ne forment pas une unité PEB séparée (chauffée ou non), la production est répartie entre les différents volumes au prorata de leur volume V_{EPR} ou V_{EPNR} par rapport au volume total des parties du bâtiment qui partagent la production du système d'énergie solaire photovoltaïque commun.

12.1.2 Règle de calcul

La production mensuelle d'électricité, en kWh, est calculée comme suit pour un système d'énergie solaire photovoltaïque i :

Eq. 128
$$W_{pv,m,i} = \frac{P_{pv,i} \cdot RF_{pv,i} \cdot c_{pv,i} \cdot I_{s,m,i,shad}}{3600} \quad \text{(kWh)}$$

avec :

$P_{pv,i}$ la puissance de crête du système photovoltaïque i en W, pour un flux d'ensoleillement de 1000 W/m², déterminée selon NBN EN 60904-1 ;

$RF_{pv,i}$ facteur de réduction du système d'énergie solaire photovoltaïque, dont la valeur est fixée à 0,75, (-) ;

$c_{pv,i}$ le facteur de correction pour l'ombrage, calculé selon le § 12.1.3 ;

$I_{s,m,i,shad}$ l'ensoleillement au niveau de la surface du système d'énergie solaire photovoltaïque i pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage, en MJ/m², déterminé selon l'Annexe C de la présente annexe.

12.1.3 Facteur de correction pour l'ombrage

On détermine le facteur de correction pour l'ombrage comme suit :

Eq. 129 $$c_{pv,i} = \max\left(0 ; 1{,}26 \cdot \frac{I_{s,m,i,shad}}{I_{s,m,i,horshad}} - 0{,}26\right) \quad (-)$$

avec :

$I_{s,m,i,shad}$ l'ensoleillement au niveau de la surface du système d'énergie solaire photovoltaïque i pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage des obstacles fixes, en MJ/m², déterminé selon l'Annexe C de la présente annexe ;

$I_{s,m,i,horshad}$ l'ensoleillement de la surface du système d'énergie solaire photovoltaïque i pour le mois considéré, en prenant en compte uniquement l'ombrage de l'horizon, en MJ/m², déterminé selon l'Annexe C de la présente annexe. Les autres obstacles (surplombs et écrans équivalents) ne sont donc pas pris en considération dans ce calcul.

Contrairement à la règle qui s'applique aux fenêtres et aux systèmes d'énergie solaire thermique, on ne peut pas calculer avec les valeurs par défaut F_S tel qu'indiqué à l'Annexe C de la présente annexe. Un rendu détaillé de l'ombrage est toujours obligatoire pour les systèmes d'énergie solaire photovoltaïque.

(S'il n'y a pas d'autres obstacles que l'horizon qui apportent de l'ombrage, $I_{s,m,i,horshad} = I_{s,m,i,shad}$, $c_{pv,i} = 1$, et il n'y a donc pas de diminution de production.)

12.2 Cogénération

12.2.1 Principe

Une installation de cogénération produit simultanément de la chaleur et de l'électricité. La consommation d'énergie finale (c'est-à-dire la consommation de combustible) d'une installation de cogénération est calculée aux § 10.2.2 et 10.3.2. Dans ce chapitre, on détermine la production d'électricité par cogénération. Cette électricité est convertie en quantité d'énergie primaire épargnée au § 13.8.

12.2.2 Production d'électricité

On détermine la quantité d'électricité produite par l'installation de cogénération i sur site comme suit :

Eq. 130 $$W_{cogen,i,m} = \frac{\varepsilon_{cogen,elec}}{3{,}6} \cdot Q_{cogen,final,i,m} \quad (kWh)$$

avec :

$\varepsilon_{cogen,elec}$ le rendement de conversion électrique de l'installation de cogénération, tel que déterminé au § A.2 de l'annexe A.2 au présent arrêté ;

$Q_{cogen,final,i,m}$ la consommation mensuelle finale d'énergie de l'installation de cogénération i, telle que déterminé ci-dessous, en MJ.

On détermine la consommation mensuelle finale d'énergie de l'installation de cogénération i, conformément à la quantité de chaleur utile que cette installation de cogénération peut fournir :

Eq. 131

$$Q_{cogen,final,i,m} = \sum_i f_{heat,m,pref} \cdot (1 - f_{as,heat,sec\,i,m}) \cdot Q_{heat,gross,seci,m} / \eta_{gen,heat,cogen} + \sum_i f_{water,bath\,i,m,pref} \cdot (1 - f_{as,water,bath\,i,m}) \cdot Q_{water,bath\,i,gross,m} / \eta_{gen,water,bath\,i,m,cogen} + \sum_i f_{water,sink\,i,m,pref} \cdot (1 - f_{as,water,sink\,i,m}) \cdot Q_{water,sink\,i,gross,m} / \eta_{gen,water,sink\,i,m,cogen} \quad (MJ)$$

avec :

$f_{heat,m,pref}$	la part de la cogénération dans la fourniture de chaleur d'un secteur énergétique i, déterminée selon le § 10.2.2 ;
$f_{as,m}$	la part du besoin de chaleur total couvert par le système d'énergie solaire thermique, déterminée selon le § 10.4, Avec les indices 'heat, sec i' pour les besoins de chaleur du secteur énergétique i et 'water,bath i' et 'water,sink i' pour la préparation d'eau chaude sanitaire, soit pour la douche/baignoire i, soit pour l'évier de cuisine i, respectivement ;
$Q_{heat,gross,sec\,i,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique i, déterminés selon le § 9.2.1, en MJ ;
$\eta_{gen,heat,cogen}$	le rendement de production mensuel de l'installation de cogénération, déterminé selon le § 10.2.3, (-) ;
$f_{water,bath\,i,m,pref}$	la part de la cogénération dans la fourniture de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire i, déterminée selon le § 10.3.2 ;
$Q_{water,bath\,i,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire i, déterminés selon le § 9.3.1, en MJ ;
$\eta_{gen,water,bath\,i,m,cogen}$	le rendement de production mensuel de l'installation de cogénération pour la préparation de l'eau chaude sanitaire, pour la baignoire ou la douche i, déterminé selon le § 10.3.3, (-) ;
$f_{water,sink\,i,m,pref}$	la part de la cogénération dans la fourniture de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminée selon le § 10.3.2 ;
$Q_{water,sink\,i,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminés selon le § 9.3.1, en MJ ;
$\eta_{gen,water,sink\,i,m,cogen}$	le rendement de production mensuel de l'installation de cogénération pour la préparation de l'eau chaude sanitaire, pour l'évier de cuisine i, déterminé selon le § 10.3.3, (-).

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques i de l'unité PER chauffés au moyen de l'installation de cogénération i et sur l'ensemble des douches, baignoires et éviers de cuisine i de l'unité PER auxquels l'installation de cogénération i fournit de la chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire.

13 Consommation d'énergie primaire

13.1 Préambule

La conversion de la consommation d'énergie finale en consommation d'énergie primaire introduit les facteurs de conversion pour l'énergie primaire dans le bilan énergétique. Tous les sous-termes sont ensuite additionnés afin d'obtenir la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire. En ce qui concerne l'électricité produite par des installations photovoltaïques sur site ou par des installations de cogénération sur site, on introduit dans le calcul un bonus correspondant à l'économie de combustible dans les centrales électriques.

13.2 La consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire

On détermine la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de l'unité PER comme suit :

Eq. 132
$$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons} = \sum_{m=1}^{12} \left(E_{p,heat,m} + E_{p,water,m} + E_{p,aux,m} + E_{p,cool,m} - E_{p,pv,m} - E_{p,cogen,m} \right) \quad (MJ)$$

avec :

$E_{p,heat,m}$ la consommation mensuelle d'énergie primaire pour le chauffage des locaux, en MJ, déterminée selon le § 13.3 ;

$E_{p,water,m}$ la consommation mensuelle d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire, en MJ, déterminée selon le § 13.4 ;

$E_{p,aux,m}$ la consommation mensuelle d'énergie primaire des auxiliaires , en MJ, déterminée selon le § 13.5 ;

$E_{p,cool,m}$ la consommation mensuelle d'énergie primaire équivalente pour le refroidissement, en MJ, déterminée selon le § 13.6 ;

$E_{p,pv,m}$ l'économie mensuelle d'énergie primaire résultant de la production d'électricité des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque, en MJ, déterminée selon le § 13.7 ;

$E_{p,cogen,m}$ l'économie mensuelle d'énergie primaire résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site, en MJ, déterminée selon le § 13.8.

13.3 La consommation d'énergie primaire pour le chauffage des locaux

On détermine la consommation mensuelle d'énergie primaire de l'unité PER pour le chauffage comme suit :

Eq. 133
$$E_{p,heat,m} = \sum_{i} \left(f_p \cdot Q_{heat,final,sec\ i,m,pref} + f_p \cdot Q_{heat,final,sec\ i,m,npref} \right) \quad (MJ)$$

avec :

f_p le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire de la source d'énergie de l'appareil producteur considéré, tel qu'établi à l'Annexe F de la présente annexe, (-) ;

$Q_{heat,final,sec\ i,m,pref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) préférentiel(s) destiné au chauffage des locaux d'un secteur énergétique i, à l'exception de l'énergie des auxiliaires, déterminée selon le § 10.2.2, en MJ ;

$Q_{heat,final,sec\ i,m,npref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) non préférentiel(s) destiné au chauffage des locaux d'un secteur énergétique i, à l'exception de l'énergie auxiliaire, déterminée selon le § 10.2.2, en MJ.

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques i de l'unité PER.

13.4 La consommation d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire

On détermine la consommation mensuelle d'énergie primaire de l'unité PER pour la préparation d'eau chaude sanitaire comme suit :

Eq. 134
$$E_{p,water,m} = \sum_i \left(f_p \cdot Q_{water,bath\ i,final,m,pref} + f_p \cdot Q_{water,bath\ i,final,m,npref} \right) + \sum_i \left(f_p \cdot Q_{water,sink\ i,final,m,pref} + f_p \cdot Q_{water,sink\ i,final,m,npref} \right) \quad (MJ)$$

avec :

f_p le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire de la source d'énergie de l'appareil producteur considéré, tel qu'établi à l'Annexe F de la présente annexe, (-) ;

$Q_{water,bath\ i,final,m,pref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire i, déterminée selon le § 10.3.2, en MJ ;

$Q_{water,bath\ i,final,m,npref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) non préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire i, déterminée selon le § 10.3.2, en MJ ;

$Q_{water,sink\ i,final,m,pref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminée selon le § 10.3.2, en MJ ;

$Q_{water,sink\ i,final,m,npref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) non préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminée selon le § 10.3.2, en MJ.

Il faut faire une somme sur toutes les douches et toutes les baignoires i de l'unité PER et sur tous les éviers de cuisine i de l'unité PER.

13.5 La consommation d'énergie primaire des auxiliaires

On calcule la consommation d'énergie primaire des auxiliaires, la ventilation et le pré-refroidissement, $E_{p,aux,m}$, comme suit :

Eq. 319
$$E_{p,aux,m} = f_p \cdot 3,6 \cdot (W_{aux,fans,m} + W_{aux,dis,m} + W_{aux,gen,m} + W_{precool,m}) \quad (MJ)$$

avec :

f_p le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire de la source d'énergie considérée, tel qu'établi à l'Annexe F de la présente annexe, (-) ;

$W_{aux,fans,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs dans l'unité PER, déterminée selon le § 11.2, en kWh ;

$W_{aux,dis,m}$ la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique pour la distribution dans l'unité PER, déterminée selon le § 11.1.1, en kWh ;

$W_{aux,gen,m}$ la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique pour la production dans l'unité PER, déterminée selon le § 0, en kWh ;

$W_{precool,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'alimentation en air, déterminée selon le § 11.3, en kWh.

13.6 La consommation équivalente d'énergie primaire pour le refroidissement

On détermine la consommation mensuelle équivalente d'énergie pour le refroidissement comme suit :

Eq. 136 $$E_{p,cool,m} = \sum_i \left(f_p \cdot 3,6 \cdot Q_{cool,final,sec\ i,m} \right) \quad \text{(MJ)}$$

avec :

$Q_{cool,final,sec\ i,m}$ la consommation mensuelle équivalente d'énergie pour le refroidissement, déterminée selon le § 10.5, en kWh ;

f_p le facteur conventionnel de conversion en énergie primaire pour l'électricité, tel qu'établi à l'Annexe F de la présente annexe, (-).

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques i de l'unité PER.

13.7 L'économie d'énergie primaire résultant de la production d'électricité d'une installation solaire photovoltaïque

On détermine l'économie mensuelle équivalente d'énergie primaire résultant de la production d'électricité des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque comme suit :

Eq. 137 $$E_{p,pv,m} = \sum_i \left(f_p \cdot 3,6 \cdot W_{pv,m,i} \right) \quad \text{(MJ)}$$

avec :

f_p le facteur conventionnel de conversion en énergie primaire pour l'électricité, tel qu'établi à l'Annexe F de la présente annexe, (-).

$W_{PV,m,i}$ la production mensuelle d'électricité du système d'énergie solaire photovoltaïque i, déterminée selon le § 12.1.2, en kWh.

Il faut faire une somme sur tous les systèmes d'énergie solaire photovoltaïque i, tenant compte des règles de distribution telles que déterminées au § 12.1.1.

13.8 L'économie d'énergie primaire résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site

On détermine l'économie mensuelle équivalente d'énergie primaire résultant de la production d'électricité d'(une) installation(s) de cogénération sur site comme suit :

Eq. 138 $$E_{p,cogen,m} = \sum_i \left(f_p \cdot 3,6 \cdot W_{cogen,m,i} \right) \quad \text{(MJ)}$$

avec :

f_p	le facteur conventionnel de conversion en énergie primaire pour l'électricité autoproduite par cogénération, tel qu'établi à l'Annexe F de la présente annexe, (-) ;
$W_{cogen,i,m}$	la quantité mensuelle d'électricité produite par l'installation de cogénération sur site i, déterminée selon le § 12.2.2, en kWh.

Il faut faire une somme sur toutes les installations de cogénération sur site i de l'unité PER.

14 Emissions de CO_2

14.1 Préambule

La consommation d'énergie finale se compose d'une quantité de combustibles consommée et d'une quantité d'électricité consommée. Ces éléments s'accompagnent de certaines émissions de CO_2. L'électricité produite par des installations photovoltaïques et/ou de cogénération induit des émissions de CO_2 évitées lors de la production d'électricité conventionnelle et est déduite. Ces émissions de CO_2 peuvent être déterminées par consommation partielle et ensuite additionnées afin d'obtenir les émissions caractéristiques annuelles de CO_2.

Les facteurs d'émission de CO_2 (f_{CO2}) des différents vecteurs énergétiques sont repris à l'Annexe F de la présente annexe.

14.2 Emissions caractéristiques annuelles de CO_2

On détermine les émissions caractéristiques annuelles de CO_2 résultant de la consommation d'énergie de l'unité PER comme suit :

Eq. 241
$$CO_{2,tot} = \sum_{m=1}^{12} (CO_{2,heat,m} + CO_{2,water,m} + CO_{2,aux,m} + CO_{2,cool,m} - CO_{2,PV,m} - CO_{2,cogen,m}) \quad \text{(kg)}$$

$CO_{2,heat,m}$ les émissions mensuelles de CO_2 résultant du chauffage des locaux, déterminées selon le § 14.3, en kg ;

$CO_{2,water,m}$ les émissions mensuelles de CO_2 résultant de la préparation d'eau chaude sanitaire, déterminées selon le § 14.4, en kg ;

$CO_{2,aux,m}$ les émissions mensuelles de CO_2 résultant des auxiliaires, déterminées selon le § 14.5, en kg ;

$CO_{2,cool,m}$ les émissions mensuelles de CO_2 équivalentes résultant du refroidissement, déterminées selon le § 14.6, en kg ;

$CO_{2,PV,m}$ les émissions mensuelles de CO_2 évitées résultant de la production d'électricité des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque sur site, déterminées selon le § 14.7, en kg ;

$CO_{2,cogen,m}$ les émissions mensuelles de CO_2 évitées résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site, déterminées selon le § 14.8, en kg.

14.3 Emissions mensuelles de CO_2 résultant du chauffage des locaux

On détermine les émissions mensuelles de CO_2 de l'unité PER résultant du chauffage des locaux comme suit :

Eq. 242
$$CO_{2,heat,m} = \sum_{i} (f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{heat,final,sec\ i,m,pref} + f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{heat,final,sec\ i,m,npref}) \quad \text{(kg)}$$

avec :

f_{CO2} le facteur d'émissions de CO_2 du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe (kg/MJ) ;

$f_{NCV/GCV}$ un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe, (-) ;

$Q_{heat,final,sec\ i,m,pref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) préférentiel(s) destiné au chauffage des locaux du secteur énergétique i, à l'exception de l'énergie des auxiliaires, déterminée selon le § 10.2.2 (MJ) ;

$Q_{heat,final,sec\ i,m,npref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) non préférentiel(s) destiné au chauffage des locaux du secteur énergétique i, à l'exception de l'énergie auxiliaire, déterminée selon le § 10.2.2 (MJ).

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques i de l'unité PER.

14.4 Emissions mensuelles de CO_2 résultant de la préparation d'eau chaude sanitaire

On détermine les émissions mensuelles de CO_2 de l'unité PER résultant de la préparation d'eau chaude sanitaire comme suit :

Eq. 243

$$CO_{2,water,m} = \sum_i (f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{water,bath\ i,final,m,pref} + f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{water,bath\ i,final,m,npref}) + \sum_i (f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{water,sink\ i,final,m,pref} + f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{water,sink\ i,final,m,npref}) \quad (kg)$$

avec :

f_{CO2} le facteur d'émissions de CO_2 du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe (kg/MJ) ;

$f_{NCV/GCV}$ un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe, (-) ;

$Q_{water,bath\ i,final,m,pref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire i, déterminée selon le § 10.3.2, en MJ ;

$Q_{water,bath\ i,final,m,npref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) non préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire i, déterminée selon le § 10.3.2, en MJ ;

$Q_{water,sink\ i,final,m,pref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminée selon le § 10.3.2, en MJ ;

$Q_{water,sink\ i,final,m,npref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) non préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminée selon le § 10.3.2, en MJ.

Il faut faire une somme sur toutes les douches et toutes les baignoires i de l'unité PER et sur tous les éviers de cuisine i de l'unité PER.

14.5 Emissions mensuelles de CO_2 résultant de la consommation d'énergie auxiliaire

On détermine les émissions mensuelles de CO_2 de l'unité PER résultant des auxiliaires, comme suit :

Eq. 320 $$CO_{2,aux,m} = f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot 3,6 \cdot \left(W_{aux,fans,m} + W_{aux,dis,m} + W_{aux,gen,m} + W_{aux,precool,m}\right) \quad \text{(kg)}$$

avec :

f_{CO2} le facteur d'émissions de CO_2 du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe (kg/MJ) ;

$f_{NCV/GCV}$ un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe, (-) ;

$W_{aux,fans,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs dans l'unité PER, déterminée selon le § 11.2, en kWh ;

$W_{aux,dis,m}$ la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique pour la distribution dans l'unité PER, déterminée selon le § 11.1.1, en kWh ;

$W_{aux,gen,m}$ la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique pour la production dans l'unité PER, déterminée selon le § 0, en kWh ;

$W_{precool,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'alimentation en air, déterminée selon le § 11.3, en kWh.

Il faut faire une somme sur toutes les veilleuses i des générateurs contribuant au chauffage et/ou à la production d'eau chaude sanitaire de l'unité PER.

14.6 Emissions mensuelles de CO_2 résultant du refroidissement

On détermine les émissions mensuelles de CO_2 équivalentes de l'unité PER résultant du refroidissement comme suit :

Eq. 245 $$CO_{2,cool,m} = \sum_i \left(s_{cool,i} \cdot f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot 3,6 \cdot Q_{cool,final\ sec\ i,m}\right) \quad \text{(kg)}$$

avec :

$s_{cool,i}$ un facteur de multiplication déterminé par secteur énergétique i et dont la valeur s'élève à :

1, si un refroidissement actif est effectivement placé ;

0, si aucun refroidissement actif n'est placé ;

f_{CO2} le facteur d'émissions de CO_2 du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l'annexe F de la présente annexe (kg/MJ) ;

$f_{NCV/GCV}$ un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe, (-) ;

$Q_{cool,final,sec\ i,m}$ la consommation mensuelle équivalente d'énergie pour le refroidissement, déterminée selon le § 10.5, en kWh.

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques i de l'unité PER.

14.7 Emissions mensuelles de CO_2 évitées résultant de la production d'électricité d'une installation solaire photovoltaïque sur site

On détermine les émissions mensuelles de CO_2 de l'unité PER évitées résultant de la production d'électricité des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque sur site comme suit :

Eq. 246 $$CO_{2,PV,m} = \sum_i \left(f_{CO2} . f_{NCV/GCV} . 3,6 . W_{PV,m,i}\right) \quad \text{(kg)}$$

avec :

f_{CO2} le facteur d'émissions de CO_2 du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe (kg/MJ) ;

$f_{NCV/GCV}$ un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe, (-) ;

$W_{PV,m,i}$ la production mensuelle d'électricité du système d'énergie solaire photovoltaïque i, déterminée selon le § 12.1.2, en kWh.

Il faut faire une somme sur toutes les installations solaires photovoltaïques sur site i de l'unité PER, tenant compte des règles de distribution telles que déterminées dans 12,1,1.

14.8 Emissions mensuelles de CO_2 évitées résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site

On détermine les émissions mensuelles de CO_2 de l'unité PER évitées résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site comme suit :

Eq. 247 $$CO_{2,PV,m} = \sum_i \left(f_{CO2} . f_{NCV/GCV} . 3,6 . W_{cogen,m,i}\right) \quad \text{(kg)}$$

avec :

f_{CO2} le facteur d'émissions de CO_2 du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe (kg/MJ) ;

$f_{NCV/GCV}$ un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe, (-) ;

$W_{cogen,i,m}$ la quantité mensuelle d'électricité produite par l'installation de cogénération sur site i, déterminée selon le §12.2.2, en kWh.

Il faut faire une somme sur toutes les installations de cogénération sur site i de l'unité PER.

Annexe A Traitement des espaces adjacents non chauffés

Un facteur de réduction b est déterminé pour les espaces adjacents non chauffés, voir la norme NBN EN ISO 13789.

Pour le traitement des espaces adjacents non chauffés lors de la détermination de la performance énergétique, les deux possibilités simplifiées suivantes sont prévues de manière standard.

A.1 Possibilité 1

Il est toujours permis de ne pas prendre en considération la géométrie extérieure des espaces adjacents non chauffés.

- Pour la détermination des besoins nets en énergie pour le chauffage, on suppose que la température des espaces adjacents non chauffés est égale à la température extérieure (c.-à-d. que le facteur de réduction b = 1). On considère qu'aucun rayonnement solaire n'atteint le volume protégé.
- Pour le calcul de l'indicateur de surchauffe et la détermination des besoins nets en énergie pour le refroidissement, on suppose que l'espace adjacent non chauffé se trouve à la même température que le volume protégé (c.-à-d. que le facteur de réduction b = 0). En d'autres termes, on ne tient pas compte de flux de chaleur par transmission du volume protégé vers l'espace adjacent non chauffé. Pour l'ensoleillement, on suppose que l'espace adjacent non chauffé ne constitue pas un obstacle.

A.2 Possibilité 2

Cette possibilité s'applique uniquement si l'espace adjacent non chauffé jouxte un seul secteur énergétique et s'il n'y a pas de ventilation hygiénique entre l'espace adjacent non chauffé et le volume protégé.

Dans les cas où l'espace adjacent non chauffé jouxte plusieurs secteurs énergétiques, le Ministre peut déterminer des règles complémentaires qui permettent de subdiviser l'espace adjacent non chauffé en plusieurs espaces adjacents non chauffés fictifs plus petits jouxtant chacun un seul secteur énergétique.

Quand plusieurs espaces adjacents non chauffés sont également adjacents entre eux, on admet par convention qu'il n'y a pas de transmission de chaleur ou d'échange d'air (par ventilation hygiénique ou par in/exfiltration) entre les espaces adjacents non chauffés. La paroi est également considérée comme opaque.

Dans les espaces adjacents non chauffés, les gains de chaleur internes sont supposés égaux à zéro.

Le facteur de réduction b est calculé selon la norme NBN EN ISO 13789. Pour le traitement des nœuds constructifs, on applique les mêmes règles que celles du § 7.4 (distinction entre, d'une part, les calculs relatifs au chauffage et, d'autre part, les calculs relatifs au refroidissement et à la surchauffe).

Les gains solaires indirects du secteur énergétique adjacent (voir § 7.10.2) sont égaux à la fraction (1-b) des gains solaires absorbés dans les espaces adjacents non chauffés. Tant le facteur de réduction b que les gains solaires peuvent être différents au niveau, d'une part, des calculs relatifs au chauffage et, d'autre part, des calculs relatifs à l'indicateur de surchauffe et au refroidissement en raison d'une différence dans le taux de ventilation et/ou le facteur d'utilisation d'une éventuelle protection solaire.

L'ensoleillement direct via l'espace adjacent non chauffé n'est pris en considération que si la paroi extérieure de l'espace adjacent non chauffé est également transparent/translucide perpendiculairement au centre de la fenêtre entre l'espace adjacent non chauffé et le volume protégé. La détermination des angles d'ombrage de la fenêtre entre l'espace adjacent non chauffé et le volume protégé tient compte de la géométrie de l'espace adjacent non chauffé (par exemple, toit opaque). On déduit de l'ensoleillement incident de la fenêtre séparant l'espace adjacent non chauffé et le volume protégé le produit 0,95 . F_F . g_g du mur extérieur transparent/translucide opposé. Pour déterminer les gains solaires absorbés dans l'espace adjacent non chauffé, on déduit la pénétration solaire directe de l'espace adjacent non chauffé des gains solaires totaux entrants de l'espace adjacent non chauffé.

Annexe B Le débit de ventilation hygiénique

Un volume limité ayant une destination non résidentielle peut faire partie d'une unité PER.

En ce qui concerne la partie d'un bâtiment à destination de logement, les dispositifs de ventilation doivent satisfaire aux exigences selon l'annexe C.2 au présent arrêté. Celles-ci imposent des débits minimaux de conception. Ci-après, on entendra, par "débit exigé", pour les parties résidentielles, le débit minimal de conception visé à l'annexe C.2 au présent arrêté. Chaque fois qu'il est question de "débits exigés d'amenée d'air neuf", on ajoute intégralement le débit de conception d'insufflation minimum de la pièce (par convention, on suppose donc qu'aucun recyclage n'est appliqué).

Les dispositifs de ventilation des parties non résidentielles d'un bâtiment doivent satisfaire aux exigences selon l'annexe C.3 au présent arrêté. On y impose des débits minimaux de conception (correspondant à une occupation minimale donnée et à une qualité de l'air minimale visée) pour lesquels les dispositifs de ventilation doivent être conçus. L'équipe de construction peut définir des débits de conception plus élevés, correspondant à un degré d'occupation plus élevé, une meilleure qualité de l'air souhaitée, etc. En ce qui concerne les parties non résidentielles, ce sont les débits établis par l'équipe de construction qui sont visés ci-après par le terme "débit exigé".

Dans la suite du texte, on évalue différents termes des systèmes mécaniques à la position dite 'nominale' des ventilateurs. Sauf mention explicite contraire sur le panneau de commande, la position maximale est assimilée à la position nominale. En position nominale, l'insufflation mécanique ou l'extraction mécanique doivent être au moins égales, dans chaque pièce, au débit exigé.

La détermination du facteur de multiplication m et du facteur de réduction pour préchauffage r s'effectue par zone de ventilation. Les locaux de l'unité PER auxquels aucune exigence n'est imposée en matière d'insufflation en air neuf, de transfert ou d'extraction vers l'extérieur, sont regroupés avec une zone de ventilation adjacente. Dans le cas où il y a plusieurs zones de ventilation adjacentes, ces locaux sont regroupés avec les zones avec lesquelles ils sont éventuellement en contact par des liaisons intérieures. S'il n'y a pas de liaison de ce genre, le choix est libre.

Conformément aux règles relatives à la subdivision d'une unité PER en secteurs énergétiques tel qu'établi au § 5.3, un secteur énergétique ne peut pas couvrir plusieurs zones de ventilation, puisqu'un secteur énergétique doit être équipé du même type de système de ventilation. Mais une zone de ventilation peut se composer de plusieurs secteurs énergétiques, par exemple parce que les différentes parties ont des systèmes d'émission de chaleur différents (par exemple, un logement avec un seul système de ventilation, mais avec des radiateurs au 1er étage et un chauffage par le sol au rez-de-chaussée).

Le Ministre peut déterminer les règles à respecter pour les mesures des débits local par local, utilisées dans les calculs détaillés des facteurs $m_{sec\ i}$ et r_{preh}.

B.1 Détermination du facteur de multiplication $m_{sec\ i}$ pour le débit

Le facteur de multiplication $m_{sec\ i}$ d'un secteur énergétique i est égal au facteur de multiplication de la zone de ventilation z dont le secteur énergétique fait partie :

Eq. 139 $m_{heat,sec\ i} = m_{cool,sec\ i} = m_{overh,sec\ i} = m_{sec\ i} = m_{sec\ i} = m_{zone\ z}$ (-)

La détermination du facteur de multiplication de la zone de ventilation z s'effectue tel que décrit ci-dessous.

B.1.1 Ventilation naturelle

La détermination du facteur de multiplication $m_{zone\ z}$ tient compte, pour ces systèmes, des aspects suivants :

- en ce qui concerne l'alimentation :
  - la mesure dans laquelle les bouches d'alimentation réglables sont autoréglables.
- en ce qui concerne l'évacuation :
  - la mesure dans laquelle les bouches d'évacuation sont autoréglables.
  - le manque d'étanchéité à l'air des conduits d'évacuation naturelle

On détermine $m_{zone\ z}$ par zone de ventilation z comme suit :

Eq. 140 $$m_{zone\ z} = 1,0 + 0,5 \cdot \left(\frac{r_{nat.supply,\ zone\ z} + r_{nat.exh,\ zone\ z} + r_{leak,stack,\ zone\ z}}{r_{nat.supply,\ zone\ z,def} + r_{nat.exh,\ zone\ z,def} + r_{leak,stack,\ zone\ z,def}} \right)$$ (-)

avec :

$r_{nat.supply,zone\ z}$	un facteur de correction prenant en compte le fait que les ouvertures d'alimentation réglables sont autoréglables dans la zone de ventilation z, tel que déterminé ci-dessous, (-) ;
$r_{nat.exh,zone\ z}$	un facteur de correction prenant en compte le fait que les ouvertures d'évacuation réglables sont autoréglables dans la zone de ventilation z, tel que déterminé ci-dessous, (-) ;
$r_{leak,stack,zone\ z}$	un facteur de correction pour le manque d'étanchéité à l'air des conduits d'évacuation dans la zone de ventilation z, tel que déterminé ci-dessous, (-) ;
$r_{nat.supply,zone\ z,def}$	la valeur par défaut pour $r_{nat.supply,zone\ z}$, telle que déterminée ci-dessous, (-) ;
$r_{nat.exh,zone\ z,def}$	la valeur par défaut pour $r_{nat.exh,zone\ z}$, telle que déterminée ci-dessous, (-) ;
$r_{leak,stack,zone\ z,def}$	la valeur par défaut pour $r_{leak,\ stack,zone\ z}$, telle que déterminée ci-dessous, (-) ;

B.1.1.1 Facteur de correction $r_{nat.supply,zone\ z}$

Les ouvertures d'alimentation naturelle qui ont été testées conformément à la norme NBN EN 13141-1 peuvent être classées dans une catégorie donnée selon le Tableau [18]. On évalue à cet effet dans quelle mesure le débit reste constant en cas de variation de la différence de pression.

On associe par convention le facteur de correction $r_{nat.supply,zone\ z}$ de la zone de ventilation z au classement en catégories tel qu'indiqué au Tableau [19]. C'est l'ouverture d'alimentation réglable (OAR) ayant le facteur de correction le plus élevé qui détermine la valeur pour l'ensemble de la zone de ventilation. La valeur par défaut est de 0,20.

Tableau [18] : Classe de réglage en fonction de la différence de pression

Différence de pression P	**Débit en fonction du débit nominal à 2 Pa (q_N)**				
(Pa)	**Classe P_0**	**Classe P_1**	**Classe P_2**	**Classe P_3**	**Classe P_4**
0 ≤ P < 2 Pa		≥ $0,8\sqrt{(P/2)}$ et ≤ $1,20q_N$	≥ $0,8\sqrt{(P/2)}$ et ≤ $1,20q_N$	≥ $0,8\sqrt{(P/2)}$ et ≤ $1,20q_N$	≥ $0,8\sqrt{(P/2)}$ et ≤ $1,20q_N$
2 Pa	q_N	q_N	q_N	q_N	q_N
2 < P < 5 Pa	Ne satisfait pas à la classe P_1	≥ $0,80q_N$ et ≤ $1,8q_N$	≥ $0,80q_N$ et ≤ $1,8q_N$	≥ $0,80q_N$ et ≤ $1,5q_N$	≥ $0,80q_N$ et ≤ $1,2q_N$
5 - 10 Pa		≥ $0,70q_N$ et ≤ $2,3q_N$	≥ $0,70q_N$ et ≤ $2,0q_N$	≥ $0,70q_N$ et ≤ $1,5q_N$	≥ $0,80q_N$ et ≤ $1,2q_N$
10 - 25 Pa		≥ $0,50q_N$ et ≤ $3,0q_N$	≥ $0,50q_N$ et ≤ $2,0q_N$	≥ $0,50q_N$ et ≤ $1,5q_N$	≥ $0,80q_N$ et ≤ $1,2q_N$
25 - 50 Pa		≥ $0,30q_N$ et ≤ $3,0q_N$	≥ $0,30q_N$ et ≤ $2,0q_N$	≥ $0,30q_N$ et ≤ $1,5q_N$	≥ $0,30q_N$ et ≤ $1,5q_N$
50 - 100 Pa		≤ $3,0q_N$	≤ $2,0q_N$	≤ $2,0q_N$	≤ $2,0q_N$
100 - 200 Pa		≤ $4,0q_N$	≤ $3,0q_N$	≤ $3,0q_N$	≤ $3,0q_N$

Tableau [19] : Facteur de correction $r_{nat.supply,zone\ z}$

Classe OAR	$r_{nat.supply,zone\ z}$
P0	0,20
P1	0,18
P2	0,14
P3	0,08
P4	0,02

B.1.1.2 Facteur de correction $r_{nat.exh,zone\ z}$

On affecte la valeur suivante aux bouches d'évacuation naturelles qui ne sont pas autorégulatrices : $r_{nat.exh,zone\ z} = 0,20$

C'est également la valeur par défaut.

On peut déterminer des valeurs meilleures suivant des règles déterminées par le Ministre.

B.1.1.3 Facteur de correction $r_{leak,stack,zone\ z}$

On calcule par convention $r_{leak,stack,zone\ z}$ de la zone de ventilation z comme suit :

Eq. 141 $$r_{leak,stack,\ zone\ z} = \frac{\sum_k \dot{V}_{leak,stack,zone\ z,k}}{\dot{V}_{req,exh,zone\ z}} \quad (-)$$

avec :

$\dot{V}_{leak,stack,zone\ z,k}$ le débit de fuite conventionnel de la gaine d'évacuation naturelle k dans la zone de ventilation z, en m³/h ;

$\dot{V}_{req,exh,zone\ z}$ le débit d'évacuation total exigé pour la zone de ventilation z, égal à la somme des débits d'évacuation vers l'extérieur exigés de chacun des locaux, en m³/h.

Il faut faire une somme sur tous les conduites d'évacuation naturelle k présentes dans la zone de ventilation z. On détermine le débit de fuite $\dot{V}_{leak,\ stack,\ zone\ z,\ k}$ d'une conduite d'évacuation naturelle k à la pression de service intermittente selon la procédure déterminée par le Ministre, ou en l'absence de celle-ci, conformément aux procédures décrites dans la norme NBN EN 14134. La pression de service à prendre en considération est, par convention, de 2 Pa.

Dans le cas où ou aucun résultat de mesure n'est présenté, $r_{leak,stack,zone\ z} = 0,025$. C'est la valeur par défaut.

B.1.2 Ventilation mécanique simple flux par insufflation

La détermination du facteur de multiplication $m_{zone\ z}$ tient compte, avec ces systèmes, des aspects suivants :

- en ce qui concerne l'insufflation :
  - la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation ;
  - le manque d'étanchéité à l'air des conduits d'insufflation mécanique.
- en ce qui concerne l'évacuation :
  - la mesure dans laquelle les bouches d'évacuation sont autoréglables ;
  - le manque d'étanchéité à l'air des conduits d'évacuation naturelle.

On détermine $m_{zone\ z}$ par zone de ventilation z comme suit :

Eq. 142 $$m_{zone\ z} = 1,0 + 0,5 \cdot \left(\frac{r_{mech.supply,\ zone\ z} + r_{nat.exh,\ zone\ z} + r_{leak,stack,\ zone\ z}}{r_{mech.supply,\ zone\ z,def} + r_{nat.exh,\ zone\ z,def} + r_{leak,stack,\ zone\ z,def}} \right) \quad (-)$$

avec :

$r_{mech.supply,zone\ z}$ un facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation dans chacun des locaux et pour le manque d'étanchéité à l'air des conduits d'insufflation mécanique dans la zone de ventilation z, tel que déterminé ci-dessous, (-) ;

$r_{nat.exh,zone\ z}$ un facteur de correction pour la mesure dans laquelle les bouches d'évacuation dans la zone de ventilation z sont autoréglables, tel que déterminé selon le § B.1.1, (-) ;

$r_{leak,stack,zone\ z}$ un facteur de correction pour le manque d'étanchéité à l'air des conduits d'extraction dans la zone de ventilation z, tel que déterminé selon le § B.1.1, (-) ;

$r_{mech.supply,zone\ z,def}$ la valeur par défaut pour $r_{mech.supply,zone\ z}$, telle que déterminée ci-dessous, (-) ;

$r_{nat.exh,zone\ z,def}$ la valeur par défaut pour $r_{nat.exh,zone\ z}$, telle que déterminée selon le § B.1.1, (-) ;

$r_{leak,stack,zone\ z,def}$ la valeur par défaut pour $r_{leak,stack,zone\ z}$, telle que déterminée selon le § B.1.1, (-) ;

B.1.2.1 Facteur de correction $r_{mech.supply,zone\ z}$

On calcule $r_{mech.supply,zone\ z}$ par zone de ventilation z comme suit :

Eq. 143 $$r_{mech.supply,zone\ z} = r_{adj.mech.supply,zone\ z} + \frac{\sum_{l} \dot{V}_{leak,supply\ duct,zone\ z,l}}{\dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z}} \quad (-)$$

avec :

$r_{adj,mech.supply,zone\ z}$ un facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation dans la zone de ventilation z, telles que déterminées ci-dessous, (-) ;

$\dot{V}_{leak,supply\ duct,zone\ z,l}$ les pertes par les fuites des conduits d'insufflation l dans la zone de ventilation z, à la position nominale des ventilateurs, en m^3/h, tel que déterminé ci-dessous ;

$\dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z}$ le débit d'insufflation total exigé de la zone de ventilation z, égal à la somme des débits d'insufflation en air neuf exigés pour chacun des locaux, en m³/h.

Dans le deuxième terme, il faut faire une somme sur tous les réseaux de conduits d'insufflation l dans la zone de ventilation z.

On détermine le facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation dans une zone de ventilation z comme suit :

- si, dans la zone de ventilation z, on n'a pas mesuré les débits (pour la position nominale des ventilateurs) de toutes les bouches d'alimentation mécanique, on a :

  $r_{adj,mech.supply,zone\ z} = 0,20$

  C'est la valeur par défaut.

- si, dans la zone de ventilation z, on a mesuré les débits (pour la position nominale des ventilateurs) de toutes les bouches d'alimentation mécanique, on a :

  - si chacune des valeurs mesurées par local des débits d'insufflation mécanique se situe entre 100% et 120% de la valeur exigée pour le local considéré, on a :

    $r_{adj,mech.supply,zone\ z} = 0$

  - si chacune des valeurs mesurées par local des débits d'insufflation mécanique est égale à au moins 100% de la valeur exigée pour le local considéré, mais que 1 ou plusieurs valeurs dépassent 120% des valeurs exigées, on a :

Eq. 144
$$r_{adj,mech.supply,zone\ z} = \max\left[0\ ; \min\left\{0,20; \frac{\sum_j \dot{V}_{meas,mech.supply,rm\ j}}{\dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z}} - 1,20\right\}\right] \quad (-)$$

    où il faut faire une somme sur tous les débits mécaniques mesurés par local ($\dot{V}_{meas,mech.supply,rm\ j}$, en m³/h), de tous les locaux d'alimentation j de la zone de ventilation z. $\dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z}$ est le débit d'insufflation mécanique total exigé dans la zone de ventilation z et est égale à la somme des débits d'insufflation en air neuf exigés des locaux individuels, en m³/h,

  - sinon :

    $r_{adj,mech.supply,zone\ z} = 0,20$

On détermine les pertes de fuite de tous les réseaux de conduits d'insufflation à la pression de service intermittente dans la zone de ventilation z comme suit :

- en mesurant chacun des réseaux de conduits d'insufflation. Les mesures s'effectuent selon la procédure déterminée par le Ministre, ou en l'absence de celle-ci, conformément aux procédures décrites dans la norme NBN EN 14134 ;
- la valeur par défaut est de :

Eq. 145 $\sum_{k} \dot{V}_{leak,supply\ duct,zone\ z,k} = 0,18 \cdot \dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z}$ (m³/h)

Cette valeur est d'application :

- si on n'a pas effectué de mesure antérieure pour tous les réseaux de conduits d'insufflation ;
- si les débits de fuite mesurés sont supérieurs à cette valeur par défaut.

B.1.3 Ventilation mécanique simple flux par extraction

La détermination du facteur de multiplication $m_{zone\ z}$ tient compte, avec ces systèmes, des aspects suivants :

- en ce qui concerne l'alimentation :
  - la mesure dans laquelle les bouches d'alimentation réglables sont autoréglables ;
- en ce qui concerne l'extraction :
  - la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'extraction ;
  - le manque d'étanchéité à l'air des conduits d'extraction mécanique.

On détermine $m_{zone\ z}$ par zone de ventilation z comme suit :

Eq. 146 $$m_{zone\ z} = 1,0 + 0,5 \cdot \left(\frac{r_{nat.supply,zone\ z} + r_{mech.extr,zone\ z}}{r_{nat.supply,zone\ z,def} + r_{mech.\ extr,zone\ z,def}} \right)$$ (-)

avec :

$r_{nat.supply,zone\ z}$	un facteur de correction pour la mesure dans laquelle les bouches d'alimentation réglables dans la zone de ventilation z sont autoréglables, tel que déterminé selon le § B.1.1, (-) ;
$r_{mech.extr,zone\ z}$	un facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'extraction dans chacun des locaux et pour le manque d'étanchéité à l'air des conduits d'extraction mécanique dans la zone de ventilation z, tel que déterminé ci-dessous, (-) ;
$r_{nat.supply,zone\ z,def}$	la valeur par défaut pour $r_{nat.supply,zone\ z}$, telle que déterminée selon le § B.1.1, (-) ;
$r_{mech.extr,zone\ z,def}$	la valeur par défaut pour $r_{mech.extr,zone\ z}$, telle que déterminée ci-dessous, (-).

B.1.3.1 Facteur de correction $r_{mech.extr,zone\ z}$

On calcule $r_{mech.extr,zone\ z}$ par zone de ventilation z comme suit :

Eq. 147 $$r_{mech.extr,zone\ z} = r_{adj,mech.extr,zone\ z} + \frac{\sum_{m} \dot{V}_{leak,extr.duct,zone\ z,m}}{\dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z}}$$ (-)

avec :

$r_{adj,mech.extr,zone\ z}$	un facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'extraction dans la zone de ventilation z, tel que déterminé ci-dessous, (-) ;

$\dot{V}_{leak,extr.duct,zone\ z,m}$ les pertes par les fuites du réseau de conduits d'extraction m dans la zone de ventilation z, à la position nominale des ventilateurs, en m^3/h, telles que déterminées ci-dessous ;

$\dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z}$ le débit d'extraction total exigé de la zone de ventilation z, égal à la somme des débits d'extraction vers l'extérieur exigés de chacun des locaux, en m^3/h.

Dans le deuxième terme, il faut faire une somme sur tous les réseaux de conduits d'extraction m présents dans la zone de ventilation z.

On détermine le facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'extraction dans une zone de ventilation z comme suit :

- si, dans une zone de ventilation z, on n'a pas mesuré les débits (pour la position nominale des ventilateurs) de toutes les bouches d'extraction mécanique, on a :

  $r_{adj,mech.extr,zone\ z} = 0,20$

  C'est la valeur par défaut.

- si, dans une zone de ventilation z, on a mesuré les débits (pour la position nominale des ventilateurs) de toutes les bouches d'extraction mécanique, on a :
  - si chacune des valeurs des débits d'extraction mécanique mesurées pour chaque local se situe entre 100% et 120% de la valeur exigée pour le local considéré, on a :

    $r_{adj,mech.extr,zone\ z} = 0$

  - si chacune des valeurs des débits d'extraction mécanique mesurées pour chaque local est égale à au moins 100% de la valeur exigée pour le local considéré, mais que 1 ou plusieurs valeurs dépassent 120% des valeurs exigées, on a :

Eq. 148 $$r_{adj,mech.extr,zone\ z} = \max\left[0\ ; \min\left\{0,20; \frac{\sum_j \dot{V}_{meas,mech.extr,rm\ j}}{\dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z}} - 1,20\right\}\right] \quad (-)$$

    où il faut faire une somme sur tous les débits mécaniques mesurés pour chaque local ($\dot{V}_{meas,mech.extr,rm\ j}$, en m^3/h) de tous les locaux d'extraction j de la zone de ventilation z. $\dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z}$ est le débit d'extraction mécanique total exigé dans la zone de ventilation z et est égal à la somme des débits d'extraction vers l'extérieur exigés de chacun des locaux, en m^3/h.

  - sinon :

    $r_{adj,mech.extr,zone\ z} = 0,20$

On détermine les pertes de fuite de tous les réseaux de conduits d'extraction à la pression de service intermittente dans la zone de ventilation z comme suit :

- en mesurant chacun des réseaux de conduits d'extraction. Les mesures s'effectuent selon la procédure déterminée par le Ministre, ou en l'absence de celle-ci, conformément aux procédures décrites dans NBN EN 14134 ;
- la valeur par défaut est de :

Eq. 149 $$\sum_{l} \dot{V}_{leak,\ extr\ duct,\ zone\ z,\ l} = 0,18 \cdot \dot{V}_{req,\ mech.\ extr,\ zone\ z} \quad (m^3/h)$$

Cette valeur est d'application :

- si on n'a pas effectué de mesure antérieure pour tous les réseaux de conduits d'extraction ;
- si les débits de fuite mesurés sont supérieurs à cette valeur par défaut.

B.1.4 Ventilation mécanique double flux

La détermination du facteur de multiplication $m_{zone\ z}$ tient compte, avec ces systèmes, des aspects suivants :

- en ce qui concerne l'insufflation :
  - la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation ;
  - le manque d'étanchéité à l'air des conduits d'insufflation mécanique ;
- en ce qui concerne l'extraction :
  - la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'extraction ;
  - le manque d'étanchéité à l'air des conduits d'extraction mécanique.

On détermine $m_{zone\ z}$ par zone de ventilation z comme suit :

Eq. 150 $$m_{zone\ z} = 1,0 + 0,5 \cdot \frac{r_{all\ mech,zone\ z}}{r_{all\ mech,zone\ z,def}} \quad (-)$$

avec :

$r_{all\ mech,zone\ z}$ un facteur de correction pour le manque d'étanchéité à l'air des conduits d'insufflation et d'extraction et pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation et d'extraction dans chacun des locaux de la zone de ventilation z, tel que déterminé ci-dessous, (-) ;

$r_{all\ mech,zone\ z,def}$ la valeur par défaut pour $r_{all\ mech,zone\ z}$, telle que déterminée ci-dessous, (-).

B.1.4.1 Facteur de correction $r_{all\ mech,zone\ z}$

On calcule $r_{all\ mech,zone\ z}$ par zone de ventilation z comme suit :

Eq. 151 $$r_{all\ mech,zone\ z} = \frac{\max\left(\dot{V}_{calc,mech.supply,zone\ z}\ ;\ \dot{V}_{calc,mech.extr,\ zone\ z}\right)}{\max\left(\dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z}\ ;\ \dot{V}_{req,mech.extr,\ zone\ z}\right)} \quad (-)$$

avec :

Eq. 152 $$\dot{V}_{calc,mech.supply,zone\ z} = r_{adj,mech.supply,zone\ z} \cdot \dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z} + \sum_{l} \dot{V}_{leak,supplyduct,zone\ z,l} \quad (m^3/h)$$

Eq. 153 $$\dot{V}_{calc,mech.extr,zone\ z} = r_{adj,mech.extr,zone\ z} \cdot \dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z} + \sum_{m} \dot{V}_{leak,extr\ duct,zone\ z,m} \quad (m^3/h)$$

avec :

$r_{adj,mech.supply,zone\ z}$ un facteur de correction pour la réglabilité éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation dans la zone de ventilation z, tel que déterminé selon le § B.1.2, (-) ;

$\dot{V}_{leak,supply\ duct,zone\ z,l}$ les pertes de fuite du réseau de conduits d'insufflation l dans la zone de ventilation z, pour la position nominale des ventilateurs, en m^3/h, telles que déterminées selon le § B.1.2, (-) ;

$\dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z}$ le débit d'extraction total exigé pour la zone de ventilation z, égal à la somme des débits d'insufflation en air neuf exigés des locaux individuels, en m^3/h, (-) ;

$r_{adj,mech.extr,zone\ z}$ un facteur de correction pour la réglabilité éventuellement défectueuse des bouches d'extraction dans la zone de ventilation z, tel que déterminé selon le § B.1.3, (-) ;

$\dot{V}_{leak,extr\ duct,zone\ z,m}$ les pertes par les fuites du réseau de conduits d'extraction m dans la zone de ventilation z, pour la position nominale des ventilateurs, en m^3/h, telles que déterminées selon le § B.1.3 ;

$\dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z}$ le débit d'extraction total exigé de la zone de ventilation z, égal à la somme des débits d'extraction vers l'extérieur exigés des locaux individuels, en m^3/h.

Il faut faire une somme sur tous les réseaux de conduits d'insufflation l et sur tous les réseaux de conduits d'extraction m dans la zone de ventilation z.

B.2 Facteur de réduction pour préchauffage

Le facteur de réduction pour préchauffage r d'un secteur énergétique i est égal au facteur de réduction pour préchauffage de la zone de ventilation z dont le secteur énergétique i fait partie :

Eq. 154 $r_{preh,heat,sec\ i} = r_{preh,heat,zone\ z}$

Eq. 155 $r_{preh,cool,sec\ i} = r_{preh,cool,zone\ z}$

Eq. 156 $r_{preh,overh,sec\ i} = r_{preh,overh,zone\ z}$

La détermination du facteur de réduction pour préchauffage de la zone de ventilation z à l'aide d'un appareil de récupération de chaleur s'effectue tel que décrit ci-après. Les règles pour le traitement du préchauffage par passage à travers un espace adjacent non chauffé et/ou à travers une gaine d'amenée souterraine sont déterminées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

S'il n'y a pas de préchauffage, la valeur de r est égale à 1 dans chacun des cas.

La présente annexe ne traite pas des pompes à chaleur utilisant l'air repris comme source de chaleur :

- si la pompe à chaleur sert au chauffage, le calcul s'effectue selon le § 10.2.3.3 ;
- si la pompe à chaleur sert à la préparation d'eau chaude sanitaire, le calcul s'effectue selon le § 10.3.3.

Appareil de récupération de chaleur dans le cas d'une ventilation mécanique double flux

Dans une zone de ventilation z avec de la ventilation mécanique double flux, il est possible de préchauffer dans une plus ou moins grande mesure l'alimentation en air neuf à l'aide d'un échangeur de chaleur qui soustrait de la chaleur à l'air rejeté vers l'extérieur. L'air fourni provenant de l'extérieur peut éventuellement être introduit dans la zone de ventilation z via différentes entrées d'air. Dans ce cas, il se peut éventuellement que toutes les alimentations en air ne soient pas préchauffées. Inversement, l'extraction mécanique vers l'extérieur peut éventuellement se faire par différentes sorties d'air et il se peut qu'il n'y ait pas de récupération de chaleur pour certains de ces flux d'air. Si, en fin de compte, le débit total d'insufflation mécanique diffère du débit total d'extraction mécanique dans la zone de ventilation z, un flux d'air supplémentaire incontrôlé (vers l'intérieur ou l'extérieur) se produira forcément à travers l'enveloppe[18].

Dans la plupart des cas, on peut déterminer le facteur de réduction pour chauffage résultant du préchauffage par récupération de chaleur de l'alimentation en air neuf dans une zone de ventilation z à l'aide de la formule suivante :

Eq. 157

$$r_{preh,heat,zone\ z} = \frac{\sum_p \left\{\dot{V}_{in,p} - e_{heat,hr,p}\min\left(\dot{V}_{in,p}; \dot{V}_{out,p}\right)\right\} + \max\left\{0, \sum_p \left(\dot{V}_{out,p} - \dot{V}_{in,p}\right)\right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{in,p}; \sum_p \dot{V}_{out,p}\right)} \quad (-)$$

avec :

$e_{heat,hr,p}$ un facteur adimensionnel qui indique l'importance de la récupération de chaleur à l'endroit p, déterminé comme suit :

- si le flux d'insufflation en air neuf p n'est pas préchauffé, on a $e_{heat,hr,p} = 0$
- si le flux d'insufflation en air neuf p est préchauffé à l'aide d'un appareil de récupération de chaleur, on a $e_{heat,hr,p} = r_p.\eta_{test,p}$

Le facteur r_p est déterminé tel que décrit ci-dessous. Le rendement thermique $\eta_{test,p}$ de l'appareil de récupération de chaleur à l'endroit p est déterminé tel que décrit à l'Annexe G de la présente annexe. Une valeur de rendement thermique peut être utilisée à la condition que ni $\dot{V}_{in,p}$ ni $\dot{V}_{out,p}$ ne soit supérieur au débit volumique pendant le test tel que défini à l'Annexe G de la présente annexe ;

$\dot{V}_{in,p}$ le débit d'air entrant à l'endroit p, en m³/h, déterminé tel que décrit ci-dessous ;

$\dot{V}_{out,p}$ le débit d'air sortant à l'endroit p, en m³/h, déterminé tel que décrit ci-dessous.

Il faut faire une somme sur tous les endroits p de la zone de ventilation z où a lieu une insufflation mécanique en air neuf et/ou une extraction mécanique vers l'extérieur.

[18] Par souci de simplification, on ne tient pas compte, par convention tout comme dans le § 7.8.2, de l'interaction possible entre le terme d'in/exfiltration et le terme de ventilation hygiénique.

On détermine le débit d'air neuf entrant à l'endroit p comme suit :

- si une mesure continue du débit entrant s'effectue à l'endroit p et si, sur base de cette mesure, une adaptation continue et automatique à la valeur de consigne s'effectue de telle sorte que le débit entrant ne varie pas de plus de 5% de la valeur de consigne pour aucune des positions du ventilateur, on a :

Eq. 158 $\dot{V}_{in,p} = \dot{V}_{supply,setpoint,nom,p}$ (m³/h)

où on considère la valeur de consigne du débit à l'endroit p pour la position nominale du ventilateur, en m³/h ;

- dans tous les autres cas, on a :

Eq. 159 $\dot{V}_{in,p} = \dot{V}_{mechsupply,p} + \dot{V}_{leak,supplyduct,p}$ (m³/h)

Pour la détermination des pertes de fuite du réseau de conduits d'insufflation ($\dot{V}_{leak,supplyduct,p}$, en m³/h), les mêmes règles s'appliquent que pour la ventilation mécanique simple flux par insufflation (voir § B.1.2). Si aucune valeur de mesure des pertes de fuite n'est disponible, leur valeur est supposée égale à zéro. Si les débits d'insufflation pour la position nominale du ventilateur sont effectivement mesurés dans tous les locaux alimentés en air neuf via l'endroit p, on utilise alors pour $\dot{V}_{mech\ supply,p}$ la somme de ces valeurs mesurées. Dans l'autre cas, $\dot{V}_{mech\ supply,p}$ est supposé égal à la somme des débits d'insufflation en air neuf exigés par local.

Si l'appareil de récupération de chaleur alimente plusieurs unités PEB, il ne faut pas tenir compte des débits des autres unités PEB pour la détermination du facteur de réduction pour préchauffage.

On détermine le débit d'air d'extraction vers l'extérieur à l'endroit p comme suit :

- si une mesure continue du débit sortant s'effectue à l'endroit p et si, sur base de cette mesure, une adaptation continue et automatique à la valeur de consigne s'effectue de telle sorte que le débit sortant ne varie pas de plus de 5% par rapport à la valeur de consigne pour aucune des positions du ventilateur, on a :

Eq. 160 $\dot{V}_{out,p} = \dot{V}_{extr,setpoint,nom,p}$ (m³/h)

où l'on considère la valeur de consigne du débit à l'endroit p pour la position nominale du ventilateur, en m³/h ;

- dans tous les autres cas, on a :

Eq. 161 $\dot{V}_{out,p} = \dot{V}_{mechextr,p} + \dot{V}_{leak,extr\ duct,p}$ (m³/h)

En ce qui concerne la détermination des pertes de fuite du réseau de conduits d'extraction ($\dot{V}_{leak,extrduct,p}$, en m³/h), les mêmes règles que pour la ventilation mécanique simple flux par extraction (voir § B.1.3) s'appliquent. Si aucune valeur de mesure des pertes de fuite n'est disponible, leur valeur est supposée égale à zéro. Si les débits d'extraction pour la position nominale du ventilateur sont effectivement mesurés dans tous les locaux d'où de l'air est aspiré vers l'extérieur via l'endroit p, on utilise alors pour

$\dot{V}_{mechextr,p}$ la somme de ces valeurs mesurées. Dans l'autre cas, $\dot{V}_{mechextr,p}$ est supposé égal à la somme des débits d'extraction vers l'extérieur exigés.

Si l'appareil de récupération de chaleur alimente plusieurs unités PEB, il ne faut pas tenir compte des débits des autres unités PEB pour la détermination du facteur de réduction pour préchauffage.

Dans le cas où il y a récupération de chaleur à l'endroit p, on détermine r_p comme suit :

- si une mesure continue du débit entrant ainsi que du débit sortant s'effectue dans l'appareil de récupération de chaleur et si, sur base de ces mesures, une adaptation continue et automatique aux valeurs de consigne s'effectue de telle sorte que le débit entrant et le débit sortant ne varient pas de plus de 5% de leur valeur de consigne respective pour aucune des positions du ventilateur, on a :

  $r_p=0,95$

- dans tous les autres cas, on a :
  $r_p=0,85$

On détermine le facteur de réduction pour le calcul du risque de surchauffe et des besoins nets en énergie pour le refroidissement comme suit :

$$r_{preh,overh,zone\ z} = r_{preh,cool,zone\ z} =$$

Eq. 162
$$\frac{\sum_p \left\{\dot{V}_{in,p} - e_{cool,hr,p}\min\left(\dot{V}_{in,p}; \dot{V}_{out,p}\right)\right\} + \max\left\{0, \sum_p \left(\dot{V}_{out,p} - \dot{V}_{in,p}\right)\right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{in,p}; \sum_p \dot{V}_{out,p}\right)} \quad (-)$$

où les différents termes sont les mêmes que ci-dessus, à l'exception de $e_{cool,hr,p}$, dont la valeur est déterminée comme suit :

- si l'appareil de récupération de chaleur p est équipé d'un by-pass grâce auquel le passage à travers l'échangeur de chaleur est totalement interrompu, ou s'il peut être totalement inactivé d'une autre façon (par exemple, par l'arrêt d'une roue thermique rotative), on a :

Eq. 163 $e_{cool,hr,p} = 0$ (-)

- si l'appareil de récupération de chaleur p est équipé d'un by-pass mais que le passage à travers l'échangeur de chaleur n'est pas totalement interrompu pour autant ou s'il n'est pas totalement inactivé d'une autre façon, on a :

Eq. 164 $e_{cool,hr,p} = 0,5 \times e_{heat,hr,p}$ (-)

- dans tous les autres cas :

Eq. 165 $e_{cool,hr,p} = e_{heat,hr,p}$ (-)

B.3 Pré-refroidissement de l'air de ventilation

B.3.1 Règle de calcul

Le facteur de multiplication mensuel $r_{precool,seci,m}$ pour l'effet du pré-refroidissement de l'air de ventilation pour les besoins de refroidissement et

pour l'évaluation du risque de surchauffe du secteur énergétique i est égal au facteur de multiplication pour l'effet du pré-refroidissement de la zone de ventilation z dont le secteur énergétique fait partie :

Eq. 166 $r_{precool,seci,m} = r_{precool,zone\ z,m}$ (-)

S'il n'y a pas de système prévu pour le pré-refroidissement de l'air de ventilation dans la zone de ventilation z, ou si seulement une partie du débit de ventilation hygiénique de la zone de ventilation z est refroidi à l'aide d'un système de pré-refroidissement de l'air de ventilation, alors $r_{precool,zone\ z,m}$ est égale à 1.

Si plusieurs unités PEB utilisent le même système de pré-refroidissement de l'air de ventilation, la valeur par défaut pour $r_{precool,zone\ z,m}$ est égale à 1 ; des valeurs plus favorables peuvent être utilisées sur base d'une demande d'équivalence.

Si un système de pré-refroidissement de l'air de ventilation est présent et si l'entièreté du débit de ventilation hygiénique de la zone de ventilation z est refroidi à l'aide de ce système de pré-refroidissement, $r_{precool,zone\ z,m}$ doit être déterminé comme suit :

Eq. 167
$$r_{precool,zone\ z,m} = 1 - e_{precool,m} \cdot \frac{\theta_{precool,ref,max,m} - \left(\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m}\right)}{23 - \left(\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m}\right)} \quad (-)$$

avec :

$e_{precool,m}$	l'efficacité mensuelle du système de pré-refroidissement concerné, (-) ;
$\theta_{precool,ref,max,m}$	la température de référence pour l'abaissement de température maximal, en °C ;
$\theta_{e,m}$	la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, selon le Tableau [1] ;
$\Delta\theta_{e,m}$	une hausse de la température extérieure moyenne mensuelle pour le calcul du besoin net en énergie pour le refroidissement, égale par hypothèse à 1°C.

Les expressions de $e_{precool,m}$ et $\theta_{precool,ref,max,m}$ sont développées pour deux types de technologies dans les prochains paragraphes. Pour d'autres technologies, $r_{precool,zone\ z,m}$ devra être déterminé selon des règles déterminées par le Ministre.

B.3.2 Echangeur de chaleur sol-eau

Les échangeurs de chaleurs placés dans le sol sont utilisés pour refroidir ou réchauffer l'air de ventilation (pré-refroidissement / préchauffage). Ici, c'est la masse thermique de la terre qui est utilisée pour fournir la chaleur à transférer. A une profondeur suffisante, la température du sol est stable. En été, cela signifie que l'air de ventilation fourni peut être refroidi ; en hiver, il peut être réchauffé. Dans des échangeurs de chaleur sol-eau, l'eau est envoyée à travers une série de tubes qui sont couplés à une batterie d'air par l'intermédiaire d'un collecteur. L'eau passant à travers la pompe est mise en circulation à travers les tubes et refroidira ou réchauffera l'air.

B.3.2.1 Efficacité $e_{precool,m}$ du système de pré-refroidissement

Pour un échangeur de chaleur sol-eau, la valeur par défaut vaut :

Eq. 168 $e_{precool,m} = 0{,}7 \cdot w_{soil/water,m}$ (-)

avec :

$w_{soil/water,m}$ un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement de l'échangeur de chaleur sol-eau (-) :

Eq. 169

si $\theta_{e,m} - \theta_{soil,m} \leq 0$ alors $w_{soil/water,m} = 0$

si $0 < \theta_{e,m} - \theta_{soil,m} \leq 2$ alors $w_{soil/water,m} = 0,5$

si $\theta_{e,m} - \theta_{soil,m} > 2$ alors $w_{soil/water,m} = 1$ (-)

où :

$\theta_{e,m}$ la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, selon le Tableau [1] ;

$\theta_{soil,m}$ la température moyenne mensuelle du sol définie en fonction de la profondeur des conduites, telle que déterminée selon le § B.3.2.2, en °C.

B.3.2.2 Température de référence pour l'abaissement de température maximal $\theta_{precool,ref,max,m}$

La température de référence pour la détermination de la performance de l'échangeur de chaleur sol-eau est donnée par :

Eq. 170

$$\theta_{precool,ref,max,m} = \frac{\left(\frac{e_{wt}\theta_{soil,m}}{e_{wt} - 1} - \frac{0,34.\sum \dot{V}_{hyg,cool,seci}}{1160\dot{V}_W} \left(\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m} \right) \right)}{\left(1 - \frac{0,34.\sum \dot{V}_{hyg,cool,seci}}{1160\dot{V}_W} + \frac{1}{e_{wt} - 1} \right)} \quad (°C)$$

avec :

$\dot{V}_{hyg,cool,seci}$ le débit de ventilation hygiénique du secteur énergétique i, pour les calculs de refroidissement, tel que défini selon le § 7.8.4, en m^3/h ;

$\dot{V}_w$ le débit d'eau à travers l'échangeur de chaleur sol-eau, en m^3/h ;

e_{wt} l'efficacité de l'échangeur de chaleur sol-eau, telle que déterminée ci-dessous ;

$\theta_{soil,m}$ la température moyenne mensuelle du sol définie en fonction de la profondeur des conduites, telle que déterminée ci-dessous, en °C ;

$\theta_{e,m}$ la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, selon le Tableau [1] ;

$\Delta\theta_{e,m}$ une hausse de la température extérieure moyenne mensuelle pour le calcul du besoin net en énergie pour le refroidissement, égale par hypothèse à 1°C.

Il faut faire la somme sur tous les secteurs énergétiques i de la zone de ventilation z qui sont reliés à l'échangeur de chaleur.

Pour la détermination de la température moyenne mensuelle du sol $\theta_{soil,m}$, il faut faire une distinction entre les conduites du sol horizontales et verticales :

- conduites horizontales : déduire la température moyenne mensuelle du sol du Tableau [20] ;
- conduites verticales : déterminer la température moyenne mensuelle du sol suivant la formule suivante :

Eq. 171 $$\theta_{soil,m} = \frac{\theta_{soil,1m,m} + \theta_{soil,2m,m} + \theta_{soil,3m,m} + \theta_{soil,4m,m} + \theta_{soil,5m,m} \cdot (L_{soil/water} - 4)}{L_{soil/water}} \quad (°C)$$

$\theta_{soil,1m,m}$, $\theta_{soil,2m,m}$, $\theta_{soil,3m,m}$, $\theta_{soil,4m,m}$ et $\theta_{soil,5m,m}$ la température moyenne mensuelle du sol à respectivement 1, 2, 3, 4 et 5 m de profondeur, déduite du Tableau [20], en °C ;

$L_{soil/water}$ la profondeur maximale de la conduite dans le sol, en m.

Tableau [20] : Température moyenne du sol pour la détermination du $\theta_{soil,m}$

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
0,5 m	4,2	4,3	5,8	8,8	12,1	15,1	16,8	16,8	15,0	12,1	8,7	5,9
1 m	5,4	5,0	6,0	8,2	11,0	13,8	15,5	16,0	14,9	12,7	9,8	7,2
2 m	7,5	6,5	6,6	7,8	9,6	11,7	13,5	14,5	14,3	13,2	11,3	9,2
3 m	9,0	7,9	7,6	7,9	9,0	10,5	11,9	13,1	13,4	13,1	11,9	10,5
4 m	10,0	9,0	8,5	8,4	8,9	9,8	10,9	11,9	12,5	12,6	12,1	11,2
5 m+	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

Pour les profondeurs intermédiaires, le tableau est interpolé.

L'efficacité de l'échangeur de chaleur sol-eau est donnée par :

Eq. 172 $$e_{wt} = 1 - e^{-\frac{\alpha_{wt} A_{wt}}{1160 \dot{V}_W}} \quad (-)$$

avec :

α_{wt} le coefficient de transmission thermique des conduites dans l'échangeur de chaleur sol-eau, tel que déterminé ci-dessous, en W/m².K ;

A_{wt} la surface d'échange des conduites, telle que déterminée ci-dessous, en m² ;

$\dot{V}_W$ le débit d'eau à travers l'échangeur de chaleur sol-eau, en m³/h.

Le coefficient de transmission thermique des conduites α_{wt} est déterminé suivant :

Eq. 173 $$\alpha_{wt} = \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\ln\left(\left(D_{tube} + 2t_{tube}\right) / D_{tube} \right)}{2\lambda_{tube} / D_{tube}} + \frac{\ln\left(\left(D_{tube} + 2t_{soil}\right) / \left(D_{tube} + 2t_{tube}\right) \right)}{2\lambda_{soil} / D_{tube}} \right)^{-1} \quad (W/(m^2.K)))$$

avec :

α_i le coefficient de convection interne de l'écoulement dans la conduite de l'échangeur de chaleur pour le pré-refroidissement, tel que déterminé ci-dessous, en W/m².K ;

t_{soil} l'épaisseur du massif de terre autour de la conduite considérée, telle que déterminée ci-dessous, en m ;

D_{tube} le diamètre intérieur de la conduite, en m ;

t_{tube} l'épaisseur de la paroi de la conduite, en m ;
λ_{tube} la conductivité thermique de la conduite, en W/m.K ;
λ_{soil} la conductivité thermique du sol, considérée égale à 2, en W/m.K.

Le coefficient de convection interne est donné par :

- pour l'eau :

Eq. 174 $$\alpha_i = 0{,}58 \frac{Nu}{D_{tube}}$$ (W/(m².K))

pour une solution eau/glycol (tous les types) :

Eq. 175 $$\alpha_i = 0{,}43 \frac{Nu}{D_{tube}}$$ (W/(m².K))

avec :

Eq. 176 $$Nu = \left(Nu_{lam}^5 + Nu_{turb}^5\right)^{1/5}$$ (-)

Eq. 177 $$Nu_{lam} = \left[3{,}66^3 + 1{,}61^3 \cdot \left(\frac{Re \cdot Pr \cdot D_{tube}}{L_{tube}}\right)\right]^{1/3}$$ (-)

avec :

Eq. 178 $$Nu_{turb} = \frac{f_{turb} \cdot (Re - 1000) \cdot Pr}{2 \times \left(1 + 12{,}7 \cdot \sqrt{\frac{f_{turb}}{2}} \cdot \left(Pr^{2/3} - 1\right)\right)}$$ (-)

avec :

Eq. 179 $$f_{turb} = (1{,}58 \cdot \ln Re - 3{,}28)^{-2}$$ (-)

avec :

- pour l'eau :

Eq. 180 $$Re = 996200 \frac{4}{3600\pi} \frac{\dot{V}_w}{n_{tube} D_{tube}}$$ (-)

$Pr = 7$

- pour une solution eau/glycol (tous les types) :

Eq. 181 $$Re = 624200 \frac{4}{3600\pi} \frac{\dot{V}_w}{n_{tube} D_{tube}}$$ (-)

$Pr = 12{,}5$

L'épaisseur du massif de terre autour de la conduite considérée, t_{soil}, est donnée par :

Eq. 182 $t_{soil} = \frac{p_{tube} - D_{tube}}{2}$ si $p_{tube} - D_{tube} < 0,5$

$t_{soil} = 0,25$ si $p_{tube} - D_{tube} \geq 0,5$ (m)

avec :

p_{tube} la distance entre les conduites parallèles, en m ;

D_{tube} le diamètre intérieur de la conduite, en m.

La surface d'échange des conduites A_{wt} est donnée par :

Eq. 183 $A_{wt} = \pi . D_{tube} . L_{tube} . n_{tube}$ (m^2)

D_{tube} le diamètre intérieur de la conduite, en m ;

L_{tube} la longueur de la conduite, en m ;

n_{tube} le nombre de conduites en parallèle, (-).

B.3.3 Refroidissement par évaporation

Le refroidissement par évaporation (ou refroidissement adiabatique) consiste en principe d'une méthode qui refroidi l'air de ventilation d'un bâtiment par injection d'eau. Il existe de nombreuses variantes de cette technologie, avec des prétraitements et des techniques de récupération différentes. La performance des systèmes de refroidissement par évaporation est fortement variable en fonction du type de conception de ces systèmes.

Si de l'eau ordinaire est injectée dans l'air de ventilation amené ou l'air de ventilation extrait, alors la méthode suivante peut être appliquée. Pour tous les autres systèmes plus complexes, le facteur $r_{precool,zone\ z,m}$ devra être déterminé sur base du principe d'équivalence.

B.3.3.1 Efficacité $e_{precool,m}$ du système de pré-refroidissement

Pour du refroidissement par évaporation, la valeur par défaut pour l'efficacité vaut :

Eq. 184 $e_{precool,m} = 0,8 \cdot w_{evap,m}$ (-)

avec :

$w_{evap,m}$ un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement du refroidissement par évaporation (-) :

Eq. 185 si $Q_{cool,net,m} \leq 0$ alors $w_{evap,m} = 0$

si $Q_{cool,net,m} > 0$ alors $w_{evap,m} = 1$ (MJ)

avec :

$Q_{cool,net,seci,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement d'un secteur énergétique i, déterminés sans prendre en compte le système de refroidissement par évaporation considéré, en MJ.

Il faut faire la somme sur tous les secteurs énergétiques i de la zone de ventilation z qui sont reliés au refroidissement par évaporation.

B.3.3.2 Température de référence pour l'abaissement de température maximal $\theta_{precool,ref,max,m}$

Si de l'eau ordinaire est injectée dans l'air de ventilation amené ou l'air de ventilation extrait, alors la température de référence est la température humide du débit d'air concerné. La valeur par défaut de $\theta_{precool,ref,max,m}$ est égale à la température moyenne mensuelle humide, donnée au Tableau [21].

Tableau [21] : Température mensuelle moyenne humide (°C)

Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
1,9	1,7	3,0	5,9	9,3	12,7	14,6	14,7	12,0	9,7	4,8	2,3

Annexe C L'ensoleillement mensuel

C.1 Introduction

La présente annexe décrit les algorithmes de calcul de l'ensoleillement mensuel d'une surface quelconque j. L'ensoleillement est calculé pour les fenêtres, les systèmes d'énergie solaire passifs, les capteurs solaires thermiques et les systèmes photovoltaïques. Pour l'utilisateur, seul le § C.2, où l'on définit comment l'ombrage est caractérisé, est intéressant.

La pente θ_j du plan j est l'angle, exprimé en degrés, entre la verticale et la normale au plan j. Pour une surface horizontale, la pente est de 0°, pour une surface verticale, elle est de 90°.

L'orientation ϕ_j du plan j est l'angle, exprimé en degrés, entre le sud et la projection horizontale de la normale sur le plan j. En direction de l'ouest, l'orientation est positive tandis qu'elle est négative en direction de l'est.

C.2 Schématisation de l'ombrage

C.2.1 Généralités

Une surface ensoleillée j peut être ombragée par des éléments environnants étrangers au bâtiment, appelés obstacles, et par des éléments liés au bâtiment, appelés saillies horizontales et verticales. Les obstacles font écran au rayonnement solaire direct si le soleil descend en dessous d'une hauteur déterminée. Les saillies horizontales font écran au rayonnement solaire direct si le soleil se trouve au-dessus d'une hauteur déterminée et les saillies latérales font écran au rayonnement solaire direct si l'angle horaire est inférieur ou supérieur à une valeur déterminée. Les obstacles comprennent les bâtiments, arbres et collines environnants. Les saillies comprennent les débords de toiture, balcons, auvents horizontaux et prolongements de murs latéraux.

C.2.2 Géométrie d'un obstacle

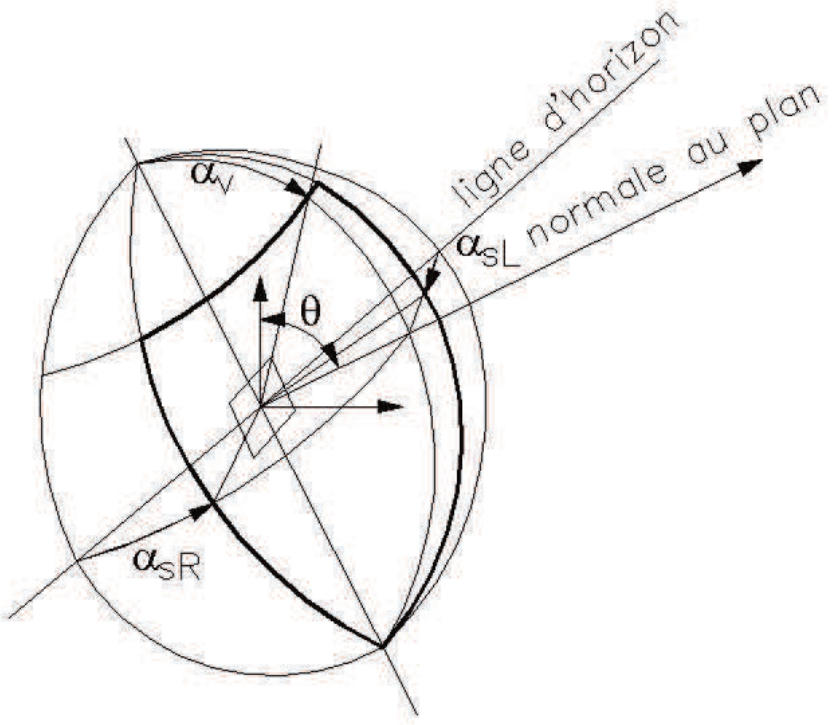
Les obstacles sont schématisés par un seul plan appelé plan d'obstacle vertical. L'angle d'obstruction α_h est l'angle entre l'horizontale et la ligne reliant le point central de la surface ensoleillée au bord supérieur du plan d'obstacle vertical.

C.2.3 Géométrie des saillies

Les saillies sont schématisées par une saillie horizontale et deux saillies verticales définies à l'aide d'un angle de saillie dans le plan vertical α_v (0° en l'absence de saillie horizontale, valeur maximale 180°), à l'aide d'un angle de saillie à gauche α_{sL} (0° en l'absence de saillie à gauche, valeur maximale 180°) et à l'aide d'un angle de saillie à droite α_{sR} (0° en l'absence de saillie à droite, valeur maximale 180°) tels qu'indiqués à la figure ci-dessous.

Explication : les limites des saillies horizontales et verticales forment un rectangle sur une photo prise au grand angle (fish-eye) depuis le centre du plan considéré dans la direction normale à celui-ci. Ce rectangle, appelé plan de ciel, correspond à la partie du ciel visible à partir du plan.

Figure [1] : Géométrie des saillies



C.2.4 Valeurs par défaut

Lorsqu'elles sont utilisées, les valeurs par défaut doivent s'appliquer à l'ensemble des angles de la surface ensoleillée (fenêtre ou capteur).

Les valeurs par défaut à utiliser pour les angles relatifs aux obstacles sont les suivantes :

- pour les calculs de chauffage et pour les capteurs solaires :
  - angle d'obstruction α_h : 25°
  - angle de saillie à gauche α_{sL}, à droite α_{sR} et verticale α_v : 0°
- pour les besoins de refroidissement et l'indicateur de surchauffe :
  - angle d'obstruction α_h : 15°
  - angle de saillie à gauche α_{sL}, à droite α_{sR} et verticale α_v : 0°

Pour rappel, pour des installations photovoltaïques, le calcul par défaut ne s'applique pas et il est obligatoire de toujours indiquer l'ombrage de manière détaillée (voir § 12.1).

C.3 Ensoleillement mensuel d'un plan non ombragé

C.3.1 Ensoleillement total

On suppose l'ensoleillement mensuel d'un plan j quelconque non ombragé égal à la somme des ensoleillements mensuels directs, diffus et réfléchis.

Eq. 186 $I_{s,m,j,unshad} = I_{s,dir,m,j,unshad} + I_{s,dif,m,j,unshad} + I_{s,refl,m,j,unshad}$ (MJ/m²)

avec :

$I_{s,dir,m,j,unshad}$ l'ensoleillement direct pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m² ;

$I_{s,dif,m,j,unshad}$ l'ensoleillement diffus pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m² ;

$I_{s,refl,m,j,unshad}$ l'ensoleillement réfléchi pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m² ;

Les différents termes sont calculés aux paragraphes suivants.

C.3.2 Ensoleillement direct

Le calcul de l'ensoleillement mensuel direct s'effectue à l'aide d'un jour caractéristique du mois. Il s'agit du 15 de chaque mois. Le numéro du jour caractéristique indique le nombre de jours à partir du 1er janvier (365 jours), voir le Tableau [1].

On détermine l'ensoleillement direct mensuel d'un plan non ombragé comme suit :

Eq. 187 $$I_{s,dir,m,j,unshad} = \left[I_{s,tot,m,hor} - I_{s,dif,m,hor}\right] \frac{Q_{s,dir,char,j}}{Q_{s,dir,char,hor}} \quad (MJ/m^2)$$

avec :

$I_{s,tot,m,hor}$ l'ensoleillement mensuel d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m², voir le Tableau [1] ;

$I_{s,dif,m,hor}$ l'ensoleillement mensuel diffus d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m², voir le Tableau [1] ;

$Q_{s,dir,char,j}$ l'ensoleillement direct journalier d'un plan non ombragé j pour le jour caractéristique du mois considéré, en J/(m².jour) ;

$Q_{s,dir,char,hor}$ l'ensoleillement direct journalier d'un plan horizontal non ombragé j pour le jour caractéristique du mois considéré, en J/(m².jour) ;

On calcule l'ensoleillement direct journalier d'un plan non ombragé et l'ensoleillement direct journalier d'un plan horizontal non ombragé pour le jour caractéristique du mois considéré comme suit :

Eq. 188 $$Q_{s,dir,char,j} = 240 \times \sum_{\omega_1}^{\omega_2} \max\left\{0 ; \left[q_{s,dir,n} \cdot \cos\chi_{s,j} \cdot \Delta\omega\right]\right\} \quad (J/(m^2.jour))$$

Eq. 189 $$Q_{s,dir,char,hor} = 240 \times \sum_{\omega_3}^{\omega_4} \max\left\{0 ; \left[q_{s,dir,n} \cdot \cos\chi_{s,hor} \cdot \Delta\omega\right]\right\} \quad (J/(m^2.jour))$$

avec :

$q_{s,dir,n}$ l'ensoleillement direct d'un plan perpendiculaire à la direction du soleil pour le jour caractéristique du mois, en W/m², tel que calculé ci-dessous ;

ω l'angle horaire (180° à minuit, 90° à 6 h, 0° à midi, -90° à 18 h) ;

$\Delta\omega$ le pas dans l'angle horaire en ° (1 heure = 15°) ;

ω_1 le plus petit angle horaire (le matin) pour lequel $\cos\chi_{s,hor}$ et $\cos\chi_{s,j}$ sont supérieurs à zéro ;

ω_2 le plus grand angle horaire (le soir) pour lequel $\cos\chi_{s,hor}$ et $\cos\chi_{s,j}$ sont encore supérieurs à zéro ;

ω_3 le plus petit angle horaire (le matin) pour lequel $\cos\chi_{s,hor}$ est supérieur à zéro ;

ω_4 le plus grand angle horaire (le soir) pour lequel $\cos\chi_{s,hor}$ est encore supérieur à zéro ;

$\chi_{s.j}$ l'angle d'incidence par pas $\Delta\omega$ du soleil sur le plan j, en °, tel que calculé ci-dessous ;

$\chi_{s.hor}$ l'angle d'incidence par pas $\Delta\omega$ du soleil sur le plan horizontal, en °, tel que calculé ci-dessous ;

240 facteur de conversion de l'angle horaire, en s.

On prend comme pas de temps, pour le calcul, un angle horaire de 15°.

On détermine l'ensoleillement direct d'un plan perpendiculaire à la direction du soleil pour le jour caractéristique de chaque mois par heure comme suit :

Eq. 190 $$q_{s,dir,n} = \max\left[0;1353\left[1 + 0,033 \cdot \cos\left[360 \cdot d/365\right]\right] \times \exp\left(-m \cdot d_R \cdot T_L\right)\right] \quad (W/m^2)$$

avec :

d le numéro de chacun des jours caractéristiques, voir le Tableau [1] ;

m le facteur de chemin, en m^{-1} ;

d_R le chemin optique, en m ;

T_L le facteur de trouble de l'atmosphère, (-) ;

Le facteur de chemin, le chemin optique et le facteur de trouble sont donnés par :

Eq. 191 $$m = \frac{0,992}{\sin(\beta) + 0,15(\pi\beta/180 + 3,885)^{-1,253}} \quad (m^{-1})$$

Eq. 192 $$d_R = 1,4899 - 2,1099\cos(\beta) + 0,6322\cos(2\beta) + 0,0253\cos(3\beta) - 1,0022\sin(\beta) + 1,0077\sin(2\beta) - 0,2606\sin(3\beta) \quad (m)$$

Eq. 193 $$T_L = 3,372 + 0,053(\pi\beta/180) - 0,296\cos(30m) \quad (-)$$

avec :

β l'angle d'élévation du soleil en ° ;

m le rang du mois (1 pour janvier, 2 pour février, etc.), l'argument du cos est exprimé en °.

Cet angle d'élévation du soleil est égal à :

Eq. 194 $$\beta = \max\left[0;90 - \arccos\left[\cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega + \sin\varphi \cdot \sin\delta\right]\right] \quad (°)$$

avec :

φ la latitude, pour Uccle, soit +50,8° ;

δ l'inclinaison pour chacun des jours caractéristiques, en °, égal à

Eq. 195 $$\delta = \arcsin\left[-\sin(23,45)\,.\,\cos\left(\frac{360}{365}\,.\,(d+10)\right)\right]$$ (°)

avec :

d le numéro de chacun des jours caractéristiques, voir le Tableau [1] .

On détermine l'angle d'incidence du soleil sur le plan j et sur le plan horizontal comme suit :

Eq. 196
$$\begin{aligned}\cos\chi_{s,j} = {} & 0,775\left[\sin\delta\,.\,\cos\theta_j + \cos\delta\,.\,\sin\theta_j\,.\,\cos\varphi_j\,.\,\cos\omega\right] \\ & - 0,632\left[\sin\delta\,.\,\sin\theta_j\,.\,\cos\varphi_j - \cos\delta\,.\,\cos\theta_j\,.\,\cos\omega\right] \\ & + \cos\delta\,.\,\sin\theta_j\,.\,\sin\varphi_j\cdot\sin\omega\end{aligned}$$ (-)

Eq. 197 $\chi_{s.hor} = 90 - \beta$ (-)

C.3.3 Ensoleillement diffus

On détermine l'ensoleillement diffus mensuel d'un plan non ombragé comme suit :

Eq. 198 $$I_{s,dif,m,j,unshad} = I_{s,dif,m,hor}\;c_m\left(\frac{1+\cos\theta_j}{2}\right)$$ (MJ/m²)

avec :

$I_{s,dif,m,hor}$ l'ensoleillement mensuel diffus d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m², voir le Tableau [1] ;

c_m un facteur de correction pour le caractère anisotrope du rayonnement diffus, voir le Tableau [22] ci-dessous ;

θ_j la pente du plan j, en °, c'est-à-dire l'angle entre la verticale et la normale au plan j.

Tableau [22] - Facteur de correction c_m pour le caractère anisotrope du rayonnement diffus

		Orientation (°)								
		0 (S)	±22,5	±45	±67,5	±90 (E/O)	±112,5	±135	±157,5	±180 (N)
Pente (°)	0 (H)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	22,5	1,03	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96
	45	1,05	1,04	1,03	1,01	0,99	0,96	0,94	0,92	0,92
	67,5	1,06	1,05	1,03	0,99	0,94	0,90	0,86	0,84	0,83
	90 (V)	1,06	1,04	1,00	0,94	0,87	0,81	0,76	0,73	0,71
	112,5	0,98	0,97	0,92	0,85	0,76	0,68	0,63	0,60	0,60
	135	0,80	0,78	0,74	0,67	0,59	0,53	0,49	0,47	0,47
	157,5	0,58	0,56	0,51	0,48	0,46	0,43	0,41	0,40	0,34
	180	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Pour les pentes et les orientations intermédiaires, on commence par interpoler dans le tableau selon l'orientation à pente constante. Ensuite, on interpole dans un second temps selon la pente à orientation constante.

C.3.4 Ensoleillement réfléchi

On détermine l'ensoleillement réfléchi mensuel d'un plan non ombragé comme suit :

Eq. 199 $$I_{s,refl,m,j,unshad} = 0{,}2 \cdot I_{s,tot,m,hor}\left(\frac{1-\cos\theta_j}{2}\right) \quad (MJ/m^2)$$

avec :

$I_{s,tot,m,hor}$ l'ensoleillement mensuel total d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m², voir le Tableau [1].

C.4 Ensoleillement mensuel d'un plan ombragé

C.4.1 Pour un angle d'obstruction $\alpha_h \leq 60°$

C.4.1.1 Ensoleillement total

On suppose l'ensoleillement mensuel d'un plan ombragé j quelconque égal à la somme des ensoleillements mensuels direct, diffus et réfléchi :

Eq. 200 $$I_{s,m,j,shad} = I_{s,dir,m,j,shad} + I_{s,dif,m,j,shad} + I_{s,refl,m,j,shad} \quad (MJ/m^2)$$

avec :

$I_{s,dir,m,j,shad}$ l'ensoleillement direct pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m² ;

$I_{s,dif,m,j,shad}$ l'ensoleillement diffus pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m² ;

$I_{s,refl,m,j,shad}$ l'ensoleillement réfléchi pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m² ;

Les différents termes sont calculés aux paragraphes suivants.

C.4.1.2 Ensoleillement direct

On détermine l'ensoleillement mensuel direct du plan ombragé ($I_{s,dir,m,j,shad}$) de la même manière que pour un plan non ombragé. On applique les règles suivantes pour le calcul de l'ensoleillement direct journalier du plan considéré pour le jour caractéristique du mois considéré pour chaque angle horaire où le soleil se trouve au-dessus de l'horizon :

- Pour les angles horaires compris entre ω_1 et ω_2, pour lesquels l'élévation du soleil β est inférieure à l'angle d'obstacle α_h, on suppose l'ensoleillement direct égal à zéro ;
- Pour les autres angles horaires, on pratique une transformation des coordonnées sphériques pour l'angle azimutal du soleil γ_s et la hauteur du soleil β en un système d'axes pour lequel les obstacles sont définis. On obtient comme résultat les angles transformés γ_s' et β' ;
- Si le point (γ_s', β') tombe en-dehors du plan du ciel, l'ensoleillement direct est supposé égal à zéro. Sinon, l'ensoleillement direct est supposé égal à la valeur non ombragée.

L'angle azimutal du soleil γ_s est donné par :

Eq. 201 $$\gamma_s = -\text{signe}(\omega) \cdot \arccos\left(\frac{\cos\chi_{s,hor} \cdot \sin\varphi - \sin\delta}{\sin\chi_{s,hor} \cdot \cos\varphi}\right) \quad (-)$$

C.4.1.3 Ensoleillement diffus

On détermine l'ensoleillement diffus mensuel d'un plan ombragé comme suit :

Eq. 202 $$I_{s,dif,m,j,shad} = I_{s,dif,m,hor}\left(\frac{1+\cos\theta_j}{2}\right)c_m c_n \quad (MJ/m^2)$$

Eq. 203 $$c_n = \frac{(\frac{180-\theta_j}{90} \cdot (1-\sin\alpha_h) - (1-\cos\alpha_v)) \cdot (180-\alpha_{sL}-\alpha_{sR})}{2 \cdot (180-\theta_j)} \quad (-)$$

avec :

$I_{s,dif,m,hor}$ l'ensoleillement mensuel diffus d'un plan horizontal non ombragé à Uccle, en MJ/m², voir le Tableau [1] ;

Si la formule pour la détermination de c_n conduit à une valeur négative, alors $c_n = 0$.

C.4.1.4 Ensoleillement réfléchi

On calcule l'ensoleillement réfléchi mensuel d'un plan quelconque comme suit :

Eq. 204 $$I_{s,refl,m,j,shad} = 0{,}2 \cdot I_{s,tot,m,hor}\left(\frac{1-\cos\theta_j}{2}\right) \quad (MJ/m^2)$$

avec :

$I_{s,tot,m,hor}$ l'ensoleillement mensuel total d'un plan horizontal non ombragé à Uccle, en MJ/m², voir le Tableau [1].

C.4.2 Pour un angle d'obstruction $\alpha_h > 60°$

Pour un angle d'obstruction $\alpha_h > 60°$, une distinction est faite entre obstacles liés au bâtiment et obstacles environnants.

L'ensoleillement mensuel d'un plan ombragé j se calcule alors suivant la relation suivante :

Eq. 205 $$I_{s,m,j,shad} = F_{s,m,j,env\ obst} \cdot I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build} \quad (MJ/m^2)$$

avec :

$F_{s,m,j,env\ obst}$ le facteur d'ombrage dû aux obstacles environnants, (-) ;

$I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$ l'ensoleillement de la fenêtre j pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage dû aux obstacles liés au bâtiment, en MJ/m².

C.4.2.1 Ensoleillement $I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$

L'ensoleillement $I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$ de la fenêtre j pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage dû aux obstacles liés au bâtiment, se calcule comme ci-dessous.

On suppose donc l'ensoleillement $I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$ égal à la somme des ensoleillements mensuels direct, diffus et réfléchi mais en ne prenant en compte que les obstacles liés au bâtiment (angle d'obstruction $\alpha_h = 0°$) :

Eq. 206 $$I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build} = I_{s,dir,m,j,shad} + I_{s,dif,m,j,shad} + I_{s,refl,m,j,shad} \quad (MJ/m^2)$$

avec :

$I_{s,dir,m,j,shad}$ l'ensoleillement direct pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m² ;

$I_{s,dif,m,j,shad}$ l'ensoleillement diffus pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m² ;

$I_{s,refl,m,j,shad}$ l'ensoleillement réfléchi pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m².

C.4.2.2 Facteur d'ombrage

Le facteur d'ombrage $F_{s,m,j,env\ obst}$ est calculé par interpolation linéaire par la relation suivante :

Eq. 207 $$F_{s,m,j,env\ obst} = F_{s,m,j,env\ obst,60°} \cdot \frac{(90 - \alpha_h)}{30} \quad (-)$$

où :

$F_{s,m,j,env\ obst,60°}$ le facteur d'ombrage dû aux obstacles environnants d'angle d'obstruction de 60°.

Les valeurs de $F_{s,m,j,env\ obst,60°}$ sont reprises dans les tableaux C0, en fonction de l'orientation et de l'inclinaison de la surface vitrée.

C.4.2.3 Facteur d'ombrage dû aux obstacles environnants d'angle d'obstruction de 60°

Ce paragraphe contient les tableaux C0 reprenant les valeurs mensuelles des facteurs d'ombrage $F_{s,m,j,env\ obst,60°}$ pour une série d'orientations et d'inclinaisons de surface vitrées.

Les valeurs sont données pour l'angle d'obstruction de 60°, angle à partir duquel le mode de prise en compte détaillé de l'ombrage est modifié.

Pour les orientations et les inclinaisons non reprises dans les tableaux, il faut faire une interpolation linéaire, en premier lieu suivant l'orientation, ensuite suivant l'inclinaison.

Pour les inclinaisons supérieures à 90°, les valeurs pour un angle d'inclinaison de 90° sont d'application.

Tableaux C0 : Facteurs d'ombrage – Angle d'obstruction de 60°

Tableau C0/ Orientation ϕ = 0° (SUD)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
Février	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04
Mars	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05
Avril	0,06	0,05	0,05	0,05	0,07
Mai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,10
Juin	0,21	0,21	0,22	0,22	0,20
Juillet	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12
Août	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07
Septembre	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
Octobre	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03
Novembre	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
Décembre	0,09	0,06	0,05	0,05	0,05

Tableau C0 / Orientation ϕ = 45° (SUD-OUEST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,05	0,05	0,04	0,05
Février	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04
Mars	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Avril	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
Mai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Juin	0,21	0,21	0,20	0,18	0,14
Juillet	0,11	0,12	0,12	0,11	0,11
Août	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07
Septembre	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Octobre	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
Novembre	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
Décembre	0,09	0,06	0,06	0,05	0,05

Tableau C0/ Orientation ϕ = 90° (OUEST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07
Février	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Mars	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Avril	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Mai	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
Juin	0,21	0,14	0,12	0,11	0,08
Juillet	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
Août	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Septembre	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Octobre	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Novembre	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06
Décembre	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09

Tableau C0 / Orientation ϕ = 135° (NORD-OUEST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12
Février	0,06	0,11	0,11	0,11	0,11
Mars	0,06	0,09	0,09	0,09	0,10
Avril	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09
Mai	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08
Juin	0,21	0,09	0,08	0,08	0,09
Juillet	0,11	0,09	0,09	0,09	0,10
Août	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09
Septembre	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09
Octobre	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08
Novembre	0,08	0,11	0,11	0,11	0,11
Décembre	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13

Tableau C0 / Orientation ϕ = 180° (NORD)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13
Février	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12
Mars	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12
Avril	0,06	0,11	0,11	0,12	0,12
Mai	0,08	0,10	0,10	0,10	0,11
Juin	0,21	0,11	0,11	0,11	0,12
Juillet	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12
Août	0,06	0,11	0,11	0,11	0,11
Septembre	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12
Octobre	0,05	0,12	0,12	0,12	0,12
Novembre	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13
Décembre	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13

Tableau C0 / Orientation ϕ = -135° (NORD-EST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12
Février	0,06	0,11	0,11	0,11	0,12
Mars	0,06	0,10	0,10	0,10	0,11
Avril	0,06	0,09	0,09	0,10	0,10
Mai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09
Juin	0,21	0,09	0,09	0,09	0,11
Juillet	0,11	0,09	0,09	0,09	0,10
Août	0,06	0,09	0,09	0,09	0,10
Septembre	0,06	0,10	0,10	0,10	0,11
Octobre	0,05	0,11	0,11	0,11	0,11
Novembre	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13
Décembre	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13

Tableau C0 / Orientation ϕ = -90° (EST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09
Février	0,06	0,08	0,07	0,07	0,08
Mars	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Avril	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Mai	0,08	0,06	0,06	0,06	0,07
Juin	0,21	0,15	0,14	0,13	0,11
Juillet	0,11	0,10	0,09	0,09	0,09
Août	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Septembre	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Octobre	0,05	0,07	0,07	0,07	0,08
Novembre	0,08	0,10	0,09	0,09	0,10
Décembre	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10

Tableau C0 / Orientation ϕ = -45° (SUD - EST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,06	0,05	0,05	0,06
Février	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Mars	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
Avril	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Mai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Juin	0,21	0,22	0,21	0,20	0,17
Juillet	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11
Août	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Septembre	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07
Octobre	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
Novembre	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06
Décembre	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06

C.5 Facteur d'utilisation $a_{c,m,j}$: tableaux

Cette annexe contient les tableaux reprenant les valeurs mensuelles des facteurs d'utilisation $a_{c,m,j}$ des protections solaires pour une série d'orientations et d'inclinaisons de surfaces ensoleillées.

Pour les orientations et les inclinaisons non reprises dans les tableaux, il faut faire une interpolation linéaire, en premier lieu suivant l'orientation, ensuite suivant l'inclinaison.

Pour les inclinaisons supérieures à 90°, les valeurs pour un angle d'inclinaison de 90° sont d'application.

Tableaux C1 : Facteurs d'utilisation – Commande manuelle (résidentiel et non résidentiel) – Commande automatique (non résidentiel, pour calculs de chauffage)

Tableau C1 /Orientation ϕ = 0° (SUD)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,31	0,46	0,51	0,53
Février	0,10	0,53	0,58	0,62	0,59
Mars	0,46	0,64	0,67	0,68	0,62
Avril	0,57	0,67	0,67	0,65	0,53
Mai	0,67	0,68	0,69	0,68	0,45
Juin	0,70	0,70	0,71	0,67	0,42
Juillet	0,66	0,68	0,66	0,63	0,33
Août	0,63	0,70	0,70	0,67	0,46
Septembre	0,49	0,65	0,66	0,67	0,56
Octobre	0,33	0,65	0,71	0,73	0,72
Novembre	0,00	0,34	0,45	0,51	0,49
Décembre	0,00	0,21	0,36	0,44	0,42

Tableau C1 / Orientation ϕ = 30°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,31	0,43	0,48	0,51
Février	0,10	0,49	0,59	0,62	0,61
Mars	0,46	0,66	0,67	0,69	0,63
Avril	0,57	0,67	0,68	0,66	0,57
Mai	0,67	0,71	0,69	0,66	0,51
Juin	0,70	0,72	0,70	0,66	0,47
Juillet	0,66	0,68	0,66	0,60	0,34
Août	0,63	0,70	0,70	0,65	0,52
Septembre	0,49	0,66	0,69	0,68	0,61
Octobre	0,33	0,68	0,73	0,75	0,76
Novembre	0,00	0,36	0,47	0,51	0,54
Décembre	0,00	0,20	0,27	0,34	0,35

Orientation ϕ = 45° (SUD-OUEST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,29	0,39	0,47	0,45
Février	0,10	0,45	0,56	0,59	0,60
Mars	0,46	0,63	0,67	0,67	0,61
Avril	0,57	0,67	0,66	0,68	0,60
Mai	0,67	0,70	0,70	0,67	0,53
Juin	0,70	0,71	0,71	0,68	0,51
Juillet	0,66	0,68	0,67	0,63	0,37
Août	0,63	0,70	0,69	0,66	0,54
Septembre	0,49	0,65	0,68	0,69	0,63
Octobre	0,33	0,68	0,73	0,76	0,75
Novembre	0,00	0,33	0,47	0,52	0,52
Décembre	0,00	0,18	0,24	0,27	0,29

Orientation ϕ = 60°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,20	0,33	0,40	0,42
Février	0,10	0,43	0,53	0,56	0,57
Mars	0,46	0,63	0,61	0,62	0,57
Avril	0,57	0,64	0,68	0,65	0,59
Mai	0,67	0,71	0,68	0,66	0,57
Juin	0,70	0,72	0,70	0,66	0,55
Juillet	0,66	0,69	0,66	0,60	0,40
Août	0,63	0,68	0,68	0,64	0,54
Septembre	0,49	0,65	0,67	0,66	0,62
Octobre	0,33	0,66	0,70	0,73	0,71
Novembre	0,00	0,32	0,43	0,50	0,49
Décembre	0,00	0,15	0,18	0,22	0,22

Tableau C1 / Orientation ϕ = 90° (OUEST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,04	0,08	0,18	0,12
Février	0,10	0,28	0,35	0,38	0,32
Mars	0,46	0,50	0,51	0,49	0,44
Avril	0,57	0,61	0,61	0,59	0,51
Mai	0,67	0,66	0,64	0,62	0,54
Juin	0,70	0,67	0,68	0,66	0,56
Juillet	0,66	0,64	0,60	0,50	0,38
Août	0,63	0,63	0,62	0,57	0,50
Septembre	0,49	0,57	0,59	0,59	0,52
Octobre	0,33	0,55	0,59	0,61	0,64
Novembre	0,00	0,19	0,26	0,30	0,37
Décembre	0,00	0,00	0,03	0,06	0,03

Tableau C1 / Orientation ϕ = 120°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,34	0,31	0,30	0,17
Avril	0,57	0,52	0,50	0,45	0,33
Mai	0,67	0,62	0,59	0,52	0,41
Juin	0,70	0,65	0,64	0,58	0,47
Juillet	0,66	0,59	0,47	0,40	0,29
Août	0,63	0,55	0,50	0,47	0,37
Septembre	0,49	0,40	0,40	0,36	0,28
Octobre	0,33	0,26	0,32	0,35	0,32
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orientation ϕ = 135° (NORD-OUEST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,13	0,06	0,07	0,04
Avril	0,57	0,47	0,38	0,30	0,20
Mai	0,67	0,58	0,51	0,46	0,34
Juin	0,70	0,62	0,57	0,52	0,40
Juillet	0,66	0,54	0,39	0,33	0,23
Août	0,63	0,49	0,41	0,36	0,25
Septembre	0,49	0,30	0,19	0,17	0,11
Octobre	0,33	0,05	0,06	0,07	0,10
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orientation ϕ = 150°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,01	0,00	0,00	0,00
Avril	0,57	0,36	0,18	0,13	0,06
Mai	0,67	0,54	0,43	0,33	0,25
Juin	0,70	0,60	0,48	0,40	0,30
Juillet	0,66	0,50	0,31	0,23	0,15
Août	0,63	0,41	0,29	0,20	0,08
Septembre	0,49	0,09	0,05	0,04	0,01
Octobre	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C1 / Orientation ϕ = 180° (NORD)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	0,57	0,15	0,00	0,00	0,00
Mai	0,67	0,49	0,00	0,00	0,00
Juin	0,70	0,55	0,11	0,00	0,00
Juillet	0,66	0,44	0,06	0,01	0,00
Août	0,63	0,21	0,00	0,00	0,00
Septembre	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00
Octobre	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C1 / Orientation ϕ = -150°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	0,57	0,28	0,07	0,01	0,00
Mai	0,67	0,51	0,36	0,26	0,08
Juin	0,70	0,57	0,46	0,30	0,10
Juillet	0,66	0,46	0,33	0,25	0,09
Août	0,63	0,34	0,15	0,10	0,03
Septembre	0,49	0,06	0,00	0,00	0,00
Octobre	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orientation ϕ = -135° (NORD-EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,08	0,00	0,00	0,00
Avril	0,57	0,37	0,23	0,14	0,03
Mai	0,67	0,57	0,47	0,38	0,25
Juin	0,70	0,61	0,52	0,43	0,28
Juillet	0,66	0,52	0,43	0,35	0,20
Août	0,63	0,42	0,32	0,26	0,13
Septembre	0,49	0,20	0,07	0,04	0,00
Octobre	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orientation ϕ = -120°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,23	0,18	0,15	0,04
Avril	0,57	0,44	0,38	0,31	0,16
Mai	0,67	0,60	0,53	0,47	0,36
Juin	0,70	0,64	0,56	0,54	0,40
Juillet	0,66	0,57	0,48	0,44	0,32
Août	0,63	0,49	0,39	0,35	0,26
Septembre	0,49	0,29	0,24	0,18	0,09
Octobre	0,33	0,02	0,01	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C1 / Orientation ϕ =-90° (EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,02	0,05	0,08	0,09
Février	0,10	0,26	0,31	0,33	0,29
Mars	0,46	0,44	0,43	0,40	0,33
Avril	0,57	0,55	0,51	0,49	0,37
Mai	0,67	0,66	0,63	0,59	0,46
Juin	0,70	0,67	0,65	0,61	0,49
Juillet	0,66	0,62	0,58	0,53	0,42
Août	0,63	0,58	0,56	0,50	0,39
Septembre	0,49	0,49	0,46	0,43	0,33
Octobre	0,33	0,28	0,28	0,30	0,18
Novembre	0,00	0,02	0,04	0,04	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C1 / Orientation ϕ = -60°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,15	0,22	0,24	0,28
Février	0,10	0,39	0,45	0,46	0,48
Mars	0,46	0,56	0,57	0,58	0,48
Avril	0,57	0,62	0,59	0,58	0,47
Mai	0,67	0,69	0,68	0,64	0,50
Juin	0,70	0,70	0,69	0,66	0,53
Juillet	0,66	0,66	0,64	0,59	0,45
Août	0,63	0,63	0,63	0,60	0,43
Septembre	0,49	0,59	0,59	0,60	0,46
Octobre	0,33	0,48	0,53	0,54	0,46
Novembre	0,00	0,14	0,18	0,21	0,16
Décembre	0,00	0,02	0,09	0,17	0,17

Orientation ϕ = -45° (SUD-EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,18	0,26	0,32	0,33
Février	0,10	0,41	0,46	0,48	0,51
Mars	0,46	0,59	0,62	0,60	0,53
Avril	0,57	0,63	0,64	0,60	0,49
Mai	0,67	0,69	0,68	0,65	0,49
Juin	0,70	0,70	0,68	0,67	0,50
Juillet	0,66	0,66	0,64	0,60	0,42
Août	0,63	0,66	0,65	0,61	0,44
Septembre	0,49	0,61	0,64	0,61	0,50
Octobre	0,33	0,55	0,58	0,60	0,54
Novembre	0,00	0,20	0,26	0,30	0,27
Décembre	0,00	0,05	0,28	0,31	0,28

Orientation ϕ = -30°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,21	0,36	0,40	0,39
Février	0,10	0,46	0,53	0,56	0,51
Mars	0,46	0,62	0,63	0,64	0,59
Avril	0,57	0,66	0,65	0,64	0,50
Mai	0,67	0,69	0,70	0,67	0,47
Juin	0,70	0,70	0,69	0,66	0,46
Juillet	0,66	0,67	0,66	0,60	0,40
Août	0,63	0,67	0,66	0,63	0,46
Septembre	0,49	0,63	0,64	0,66	0,55
Octobre	0,33	0,58	0,64	0,65	0,62
Novembre	0,00	0,26	0,33	0,36	0,34
Décembre	0,00	0,12	0,32	0,35	0,38

Tableaux C2 : Facteurs d'utilisation – Commande automatique (résidentiel)

Tableau C2 / Orientation ϕ = 0° (SUD)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,56	0,62	0,65	0,68
Février	0,34	0,70	0,72	0,73	0,74
Mars	0,64	0,77	0,78	0,78	0,75
Avril	0,74	0,79	0,78	0,76	0,65
Mai	0,79	0,80	0,79	0,75	0,59
Juin	0,81	0,81	0,79	0,75	0,59
Juillet	0,82	0,81	0,79	0,76	0,55
Août	0,78	0,81	0,82	0,78	0,62
Septembre	0,68	0,78	0,79	0,78	0,72
Octobre	0,56	0,76	0,79	0,81	0,81
Novembre	0,10	0,50	0,60	0,62	0,64
Décembre	0,00	0,41	0,52	0,58	0,56

Tableau C2 / Orientation ϕ = 30°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,50	0,59	0,62	0,63
Février	0,34	0,65	0,69	0,72	0,71
Mars	0,64	0,76	0,77	0,78	0,74
Avril	0,74	0,79	0,78	0,77	0,68
Mai	0,79	0,81	0,79	0,78	0,63
Juin	0,81	0,81	0,79	0,77	0,62
Juillet	0,82	0,81	0,79	0,75	0,53
Août	0,78	0,81	0,81	0,78	0,64
Septembre	0,68	0,77	0,77	0,79	0,73
Octobre	0,56	0,77	0,81	0,82	0,82
Novembre	0,10	0,51	0,58	0,63	0,64
Décembre	0,00	0,36	0,50	0,58	0,58

Tableau C2 / Orientation ϕ = 45° (SUD-OUEST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,46	0,54	0,57	0,60
Février	0,34	0,60	0,67	0,69	0,68
Mars	0,64	0,74	0,76	0,76	0,70
Avril	0,74	0,78	0,77	0,75	0,67
Mai	0,79	0,80	0,80	0,75	0,65
Juin	0,81	0,80	0,80	0,74	0,61
Juillet	0,82	0,81	0,79	0,73	0,51
Août	0,78	0,81	0,79	0,77	0,65
Septembre	0,68	0,77	0,77	0,77	0,72
Octobre	0,56	0,74	0,78	0,81	0,82
Novembre	0,10	0,50	0,57	0,61	0,62
Décembre	0,00	0,23	0,41	0,52	0,42

Tableau C2 / Orientation ϕ = 60°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,37	0,48	0,54	0,54
Février	0,34	0,55	0,61	0,64	0,64
Mars	0,64	0,73	0,75	0,71	0,67
Avril	0,74	0,76	0,75	0,72	0,66
Mai	0,79	0,79	0,77	0,75	0,64
Juin	0,81	0,81	0,79	0,77	0,68
Juillet	0,82	0,79	0,77	0,72	0,52
Août	0,78	0,80	0,78	0,76	0,62
Septembre	0,68	0,75	0,76	0,74	0,69
Octobre	0,56	0,75	0,79	0,79	0,80
Novembre	0,10	0,48	0,55	0,59	0,62
Décembre	0,00	0,21	0,28	0,34	0,33

Tableau C2 / Orientation ϕ = 90° (OUEST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,14	0,25	0,30	0,27
Février	0,34	0,41	0,46	0,50	0,49
Mars	0,64	0,63	0,63	0,62	0,55
Avril	0,74	0,71	0,69	0,65	0,60
Mai	0,79	0,78	0,75	0,71	0,62
Juin	0,81	0,80	0,77	0,75	0,64
Juillet	0,82	0,78	0,73	0,67	0,50
Août	0,78	0,76	0,74	0,69	0,59
Septembre	0,68	0,70	0,69	0,68	0,62
Octobre	0,56	0,68	0,71	0,72	0,70
Novembre	0,10	0,30	0,38	0,44	0,43
Décembre	0,00	0,02	0,09	0,10	0,09

Tableau C2 / Orientation ϕ = 120°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,09	0,03	0,04	0,00
Mars	0,64	0,45	0,39	0,38	0,30
Avril	0,74	0,65	0,59	0,55	0,41
Mai	0,79	0,73	0,67	0,64	0,51
Juin	0,81	0,78	0,71	0,68	0,55
Juillet	0,82	0,75	0,67	0,56	0,38
Août	0,78	0,71	0,64	0,55	0,45
Septembre	0,68	0,60	0,55	0,51	0,40
Octobre	0,56	0,45	0,47	0,51	0,46
Novembre	0,10	0,00	0,06	0,15	0,16
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation ϕ = 135° (NORD-OUEST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,36	0,25	0,17	0,07
Avril	0,74	0,60	0,52	0,44	0,31
Mai	0,79	0,72	0,63	0,56	0,41
Juin	0,81	0,76	0,69	0,60	0,47
Juillet	0,82	0,73	0,62	0,45	0,31
Août	0,78	0,69	0,55	0,44	0,34
Septembre	0,68	0,51	0,39	0,28	0,22
Octobre	0,56	0,16	0,17	0,16	0,14
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation ϕ = 150°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,13	0,03	0,02	0,01
Avril	0,74	0,55	0,38	0,24	0,12
Mai	0,79	0,69	0,57	0,43	0,29
Juin	0,81	0,74	0,65	0,53	0,34
Juillet	0,82	0,73	0,54	0,34	0,21
Août	0,78	0,65	0,43	0,30	0,18
Septembre	0,68	0,38	0,08	0,07	0,06
Octobre	0,56	0,03	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation ϕ = 180° (NORD)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	0,74	0,42	0,00	0,00	0,00
Mai	0,79	0,72	0,36	0,04	0,00
Juin	0,81	0,74	0,62	0,07	0,00
Juillet	0,82	0,73	0,46	0,03	0,01
Août	0,78	0,58	0,02	0,00	0,00
Septembre	0,68	0,10	0,00	0,00	0,00
Octobre	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation ϕ = -150°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,13	0,00	0,00	0,00
Avril	0,74	0,53	0,31	0,09	0,00
Mai	0,79	0,72	0,58	0,42	0,22
Juin	0,81	0,76	0,64	0,51	0,27
Juillet	0,82	0,74	0,60	0,44	0,19
Août	0,78	0,63	0,40	0,25	0,08
Septembre	0,68	0,29	0,06	0,00	0,00
Octobre	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation ϕ = -135° (NORD-EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,32	0,17	0,05	0,00
Avril	0,74	0,59	0,46	0,35	0,16
Mai	0,79	0,72	0,63	0,51	0,34
Juin	0,81	0,75	0,68	0,60	0,40
Juillet	0,82	0,75	0,65	0,53	0,31
Août	0,78	0,67	0,55	0,39	0,25
Septembre	0,68	0,43	0,24	0,13	0,04
Octobre	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation ϕ = -120°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,13	0,08	0,06	0,04
Mars	0,64	0,47	0,35	0,30	0,16
Avril	0,74	0,63	0,53	0,45	0,29
Mai	0,79	0,74	0,66	0,59	0,43
Juin	0,81	0,76	0,70	0,64	0,50
Juillet	0,82	0,76	0,70	0,61	0,40
Août	0,78	0,71	0,61	0,51	0,33
Septembre	0,68	0,56	0,43	0,36	0,20
Octobre	0,56	0,11	0,07	0,04	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation ϕ = -90° (EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,16	0,18	0,19	0,13
Février	0,34	0,39	0,40	0,42	0,38
Mars	0,64	0,59	0,58	0,54	0,46
Avril	0,74	0,71	0,67	0,58	0,47
Mai	0,79	0,76	0,75	0,68	0,56
Juin	0,81	0,78	0,74	0,71	0,60
Juillet	0,82	0,79	0,75	0,68	0,50
Août	0,78	0,75	0,73	0,66	0,47
Septembre	0,68	0,65	0,62	0,57	0,45
Octobre	0,56	0,48	0,45	0,42	0,35
Novembre	0,10	0,09	0,12	0,11	0,04
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation ϕ = -60°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,28	0,38	0,40	0,43
Février	0,34	0,52	0,56	0,55	0,55
Mars	0,64	0,69	0,67	0,67	0,63
Avril	0,74	0,73	0,72	0,71	0,57
Mai	0,79	0,78	0,78	0,75	0,61
Juin	0,81	0,81	0,78	0,73	0,61
Juillet	0,82	0,81	0,78	0,73	0,55
Août	0,78	0,78	0,76	0,74	0,53
Septembre	0,68	0,73	0,71	0,69	0,61
Octobre	0,56	0,64	0,65	0,65	0,57
Novembre	0,10	0,26	0,35	0,39	0,38
Décembre	0,00	0,22	0,31	0,35	0,32

Tableau C2 / Orientation ϕ = -45° (SUD-EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,37	0,46	0,48	0,46
Février	0,34	0,61	0,63	0,62	0,60
Mars	0,64	0,71	0,73	0,70	0,66
Avril	0,74	0,75	0,75	0,71	0,61
Mai	0,79	0,80	0,78	0,75	0,64
Juin	0,81	0,81	0,78	0,74	0,63
Juillet	0,82	0,81	0,79	0,75	0,57
Août	0,78	0,79	0,77	0,73	0,58
Septembre	0,68	0,76	0,75	0,71	0,66
Octobre	0,56	0,67	0,70	0,71	0,67
Novembre	0,10	0,35	0,42	0,47	0,48
Décembre	0,00	0,33	0,40	0,44	0,46

Tableau C2 / Orientation ϕ = -30°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,45	0,56	0,59	0,54
Février	0,34	0,66	0,70	0,71	0,69
Mars	0,64	0,75	0,76	0,75	0,69
Avril	0,74	0,79	0,75	0,75	0,64
Mai	0,79	0,79	0,77	0,74	0,62
Juin	0,81	0,79	0,79	0,74	0,58
Juillet	0,82	0,81	0,80	0,75	0,55
Août	0,78	0,81	0,78	0,75	0,61
Septembre	0,68	0,76	0,76	0,76	0,69
Octobre	0,56	0,73	0,77	0,78	0,72
Novembre	0,10	0,45	0,53	0,56	0,54
Décembre	0,00	0,38	0,47	0,51	0,51

Tableaux C3 : Facteurs d'utilisation – Commande automatique (non résidentiel)

Tableau C3 / Orientation ϕ = 0° (SUD)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,59	0,64	0,68	0,69
Février	0,39	0,71	0,74	0,75	0,75
Mars	0,70	0,79	0,81	0,82	0,76
Avril	0,77	0,81	0,82	0,79	0,68
Mai	0,81	0,82	0,82	0,78	0,65
Juin	0,84	0,85	0,82	0,78	0,61
Juillet	0,84	0,84	0,82	0,79	0,63
Août	0,84	0,85	0,84	0,82	0,68
Septembre	0,75	0,82	0,82	0,81	0,74
Octobre	0,62	0,77	0,81	0,83	0,83
Novembre	0,14	0,56	0,66	0,69	0,69
Décembre	0,00	0,46	0,57	0,62	0,65

Tableau C3 / Orientation ϕ = 30°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,56	0,63	0,68	0,70
Février	0,39	0,69	0,74	0,75	0,73
Mars	0,70	0,78	0,80	0,80	0,77
Avril	0,77	0,81	0,80	0,80	0,72
Mai	0,81	0,82	0,82	0,80	0,66
Juin	0,84	0,84	0,81	0,80	0,65
Juillet	0,84	0,84	0,82	0,80	0,62
Août	0,84	0,86	0,83	0,82	0,70
Septembre	0,75	0,82	0,83	0,82	0,76
Octobre	0,62	0,79	0,83	0,84	0,83
Novembre	0,14	0,57	0,64	0,67	0,67
Décembre	0,00	0,42	0,56	0,59	0,62

Tableau C3 / Orientation ϕ = 45° (SUD-OUEST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,51	0,58	0,64	0,63
Février	0,39	0,65	0,70	0,72	0,72
Mars	0,70	0,77	0,78	0,79	0,74
Avril	0,77	0,80	0,81	0,78	0,70
Mai	0,81	0,82	0,81	0,78	0,68
Juin	0,84	0,84	0,82	0,78	0,68
Juillet	0,84	0,83	0,81	0,77	0,62
Août	0,84	0,84	0,83	0,80	0,68
Septembre	0,75	0,81	0,81	0,79	0,75
Octobre	0,62	0,78	0,81	0,82	0,84
Novembre	0,14	0,55	0,60	0,63	0,65
Décembre	0,00	0,35	0,50	0,55	0,55

Tableau C3 / Orientation ϕ = 60°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,45	0,53	0,60	0,60
Février	0,39	0,61	0,65	0,67	0,67
Mars	0,70	0,75	0,77	0,76	0,69
Avril	0,77	0,80	0,78	0,78	0,67
Mai	0,81	0,80	0,81	0,78	0,66
Juin	0,84	0,82	0,83	0,79	0,68
Juillet	0,84	0,82	0,80	0,76	0,58
Août	0,84	0,84	0,81	0,79	0,66
Septembre	0,75	0,80	0,78	0,78	0,73
Octobre	0,62	0,76	0,80	0,81	0,83
Novembre	0,14	0,53	0,58	0,61	0,64
Décembre	0,00	0,23	0,31	0,38	0,40

Tableau C3 / Orientation ϕ = 90° (OUEST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,29	0,30	0,34	0,37
Février	0,39	0,48	0,52	0,53	0,54
Mars	0,70	0,70	0,66	0,64	0,60
Avril	0,77	0,76	0,74	0,69	0,62
Mai	0,81	0,79	0,78	0,75	0,63
Juin	0,84	0,82	0,79	0,76	0,65
Juillet	0,84	0,81	0,78	0,72	0,53
Août	0,84	0,80	0,77	0,74	0,60
Septembre	0,75	0,75	0,73	0,70	0,64
Octobre	0,62	0,70	0,72	0,74	0,71
Novembre	0,14	0,38	0,44	0,49	0,50
Décembre	0,00	0,08	0,17	0,22	0,18

Tableau C3 / Orientation ϕ = 120°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,23	0,16	0,10	0,03
Mars	0,70	0,54	0,46	0,41	0,35
Avril	0,77	0,70	0,64	0,57	0,46
Mai	0,81	0,77	0,72	0,65	0,53
Juin	0,84	0,80	0,74	0,69	0,58
Juillet	0,84	0,79	0,74	0,60	0,41
Août	0,84	0,76	0,70	0,62	0,49
Septembre	0,75	0,66	0,60	0,54	0,43
Octobre	0,62	0,54	0,53	0,53	0,49
Novembre	0,14	0,06	0,12	0,16	0,20
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation ϕ = 135° (NORD-OUEST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,39	0,29	0,25	0,15
Avril	0,77	0,65	0,56	0,49	0,32
Mai	0,81	0,75	0,69	0,59	0,44
Juin	0,84	0,78	0,72	0,65	0,48
Juillet	0,84	0,78	0,69	0,54	0,32
Août	0,84	0,72	0,64	0,52	0,38
Septembre	0,75	0,60	0,47	0,41	0,27
Octobre	0,62	0,28	0,23	0,21	0,22
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation ϕ = 150°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,22	0,06	0,02	0,01
Avril	0,77	0,61	0,46	0,29	0,15
Mai	0,81	0,73	0,62	0,50	0,31
Juin	0,84	0,78	0,68	0,57	0,37
Juillet	0,84	0,76	0,66	0,42	0,23
Août	0,84	0,70	0,53	0,36	0,22
Septembre	0,75	0,48	0,23	0,12	0,06
Octobre	0,62	0,08	0,00	0,00	0,01
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation ϕ = 180° (NORD)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,03	0,00	0,00	0,00
Avril	0,77	0,55	0,03	0,00	0,00
Mai	0,81	0,74	0,58	0,07	0,01
Juin	0,84	0,78	0,72	0,12	0,02
Juillet	0,84	0,78	0,66	0,12	0,01
Août	0,84	0,68	0,10	0,00	0,00
Septembre	0,75	0,21	0,00	0,00	0,00
Octobre	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation ϕ = -150°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,18	0,00	0,00	0,00
Avril	0,77	0,60	0,40	0,16	0,03
Mai	0,81	0,75	0,64	0,45	0,22
Juin	0,84	0,78	0,70	0,57	0,32
Juillet	0,84	0,79	0,70	0,50	0,22
Août	0,84	0,72	0,54	0,31	0,14
Septembre	0,75	0,41	0,09	0,02	0,00
Octobre	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation ϕ = -135° (NORD-EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,02	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,41	0,25	0,13	0,02
Avril	0,77	0,65	0,54	0,39	0,19
Mai	0,81	0,76	0,69	0,58	0,35
Juin	0,84	0,79	0,74	0,62	0,42
Juillet	0,84	0,80	0,73	0,61	0,35
Août	0,84	0,74	0,64	0,46	0,26
Septembre	0,75	0,50	0,34	0,21	0,07
Octobre	0,62	0,08	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation ϕ = -120°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,16	0,15	0,11	0,08
Mars	0,70	0,51	0,40	0,35	0,19
Avril	0,77	0,69	0,60	0,50	0,31
Mai	0,81	0,75	0,71	0,64	0,47
Juin	0,84	0,80	0,75	0,67	0,52
Juillet	0,84	0,81	0,75	0,66	0,45
Août	0,84	0,77	0,69	0,58	0,36
Septembre	0,75	0,62	0,53	0,38	0,25
Octobre	0,62	0,24	0,14	0,06	0,03
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation ϕ = -90° (EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,20	0,26	0,26	0,21
Février	0,39	0,43	0,43	0,42	0,40
Mars	0,70	0,64	0,59	0,56	0,46
Avril	0,77	0,74	0,71	0,66	0,50
Mai	0,81	0,80	0,77	0,72	0,59
Juin	0,84	0,80	0,78	0,74	0,62
Juillet	0,84	0,83	0,79	0,74	0,57
Août	0,84	0,80	0,76	0,71	0,53
Septembre	0,75	0,72	0,65	0,61	0,48
Octobre	0,62	0,55	0,50	0,47	0,38
Novembre	0,14	0,17	0,16	0,14	0,10
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00

Tableau C3 / Orientation ϕ = -60°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,39	0,43	0,44	0,45
Février	0,39	0,60	0,59	0,60	0,56
Mars	0,70	0,73	0,71	0,69	0,64
Avril	0,77	0,79	0,76	0,74	0,59
Mai	0,81	0,81	0,80	0,77	0,65
Juin	0,84	0,83	0,79	0,76	0,63
Juillet	0,84	0,83	0,82	0,76	0,62
Août	0,84	0,84	0,81	0,77	0,61
Septembre	0,75	0,79	0,76	0,72	0,63
Octobre	0,62	0,68	0,68	0,67	0,61
Novembre	0,14	0,34	0,43	0,45	0,43
Décembre	0,00	0,31	0,37	0,41	0,42

Tableau C3 / Orientation ϕ = -45° (SUD-EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,43	0,50	0,53	0,49
Février	0,39	0,66	0,67	0,66	0,63
Mars	0,70	0,76	0,76	0,73	0,68
Avril	0,77	0,80	0,78	0,76	0,62
Mai	0,81	0,83	0,79	0,77	0,65
Juin	0,84	0,84	0,80	0,77	0,64
Juillet	0,84	0,84	0,82	0,79	0,63
Août	0,84	0,84	0,82	0,78	0,64
Septembre	0,75	0,80	0,80	0,75	0,68
Octobre	0,62	0,72	0,71	0,73	0,68
Novembre	0,14	0,42	0,54	0,58	0,56
Décembre	0,00	0,39	0,43	0,52	0,47

Tableau C3 / Orientation ϕ = -30°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,54	0,61	0,63	0,62
Février	0,39	0,68	0,72	0,73	0,72
Mars	0,70	0,78	0,77	0,78	0,71
Avril	0,77	0,81	0,79	0,77	0,65
Mai	0,81	0,82	0,81	0,78	0,65
Juin	0,84	0,84	0,81	0,78	0,63
Juillet	0,84	0,83	0,82	0,79	0,62
Août	0,84	0,85	0,84	0,79	0,65
Septembre	0,75	0,82	0,81	0,79	0,71
Octobre	0,62	0,75	0,78	0,79	0,74
Novembre	0,14	0,49	0,58	0,62	0,63
Décembre	0,00	0,45	0,54	0,56	0,58

Annexe D Le rendement d'émission

La méthode de calcul détaillée donnée ici s'applique uniquement aux secteurs énergétiques qui n'ont qu'un seul système d'émission de chaleur composé de radiateurs, d'un chauffage par le sol ou d'un chauffage mural.

Les éléments calculés de manière plus détaillée sont les déperditions de chaleur supplémentaires à travers la paroi extérieure située derrière ou sous les systèmes d'émission de chaleur.

Dans la présente annexe, on établit à plusieurs reprises une distinction entre une valeur de consigne variable et une valeur de consigne constante de la température de départ de l'eau du circuit : voir le § 9.2.2.2 pour une description plus détaillée de cette distinction.

D.1 Temps de fonctionnement conventionnel du système d'émission de chaleur

On détermine le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du système d'émission de chaleur d'un secteur énergétique i comme suit :

- Si la valeur de consigne de la température de départ de l'eau du circuit est variable, on a :

Eq. 208 $$t_{heat,sec\ i,m} = \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{\left[29.\left(H_{T,sec\ i,m} + 0,27.V_{sec\ i}\right) + 10.V_{sec\ i}\right].\left(18 - \theta_{e,m}\right)/29} \quad (Ms)$$

- Si la valeur de consigne de la température de départ de l'eau du circuit est constante, on a :

Eq. 209 $$t_{heat,sec\ i,m} = \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{29.\left(H_{T,sec\ i,m} + 0,27.V_{sec\ i}\right) + 10.V_{sec\ i}} \quad (Ms)$$

Dans les deux formules :

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage du secteur énergétique i, en MJ, déterminés selon le § 7.2 ;
$H_{T,heat,seci}$	le coefficient de transfert thermique par transmission du secteur énergétique i à la température extérieure de base, en W/K ;
$V_{sec\ i}$	le volume du secteur énergétique i, en m³ ;
$\theta_{e,m}$	la température extérieure moyenne mensuelle, voir le Tableau [1].

D.2 Température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission

On détermine, pour chaque mois de la saison de chauffe, la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique i pendant le temps de fonctionnement comme suit :

- si la valeur de consigne de la température de départ de l'eau du circuit est variable, on a :

Eq. 210 $$\theta_{c,sec\ i,m} = 21 + \left(\theta_{c,sec\ i,\theta_{eb}} - 21\right).\left[\frac{21 - \theta_{e,m}}{29}\right]^{0,75} \quad (°C)$$

- si la valeur de consigne de la température de départ de l'eau du circuit est constante, on a :

Eq. 211 $$\theta_{c,sec\ i,m} = \theta_{c,sec\ i,\theta eb} \quad (°C)$$

mais en présence d'une chaudière standard sans post-mélange à l'aide d'une vanne à trois voies, il faut toujours calculer avec $\theta_{c,sec\ i,m}$ = 80°C, indépendamment de la température de conception du circuit d'émission.

avec :

$\theta_{c,sec\ i,\theta eb}$ la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission pour la température extérieure de base, telle que déterminée ci-dessous, en °C ;

$\theta_{e,m}$ la température extérieure moyenne mensuelle, voir le Tableau [1].

On détermine la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission pour une température extérieure de base (c.-à-d. pour les conditions de conception), comme suit :

Eq. 212 $\theta_{c,sec\ i,\theta eb} = 0,5.(\theta_{design,supply,sec\ i} + \theta_{design,return,sec\ i})$ (°C)

avec :

$\theta_{design,supply,sec\ i}$ la température de départ de conception de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique i (pour la température extérieure de base), en °C ;

$\theta_{design,return,sec\ i}$ la température de retour de conception de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique i (à la température extérieure de base), en °C.

On peut prendre comme valeurs par défaut :

- pour le chauffage par le sol et le chauffage mural :
  - $\theta_{design,supply,sec\ i}$ = 55°C
  - $\theta_{design,return,sec\ i}$ = 45°C
- pour des radiateurs :
  - $\theta_{design,supply,sec\ i}$ = 90°C
  - $\theta_{design,return,sec\ i}$ = 70°C

De meilleures valeurs peuvent être adoptées conformément à des règles déterminées par le Ministre.

D.3 Radiateurs

On calcule les déperditions de chaleur mensuelles supplémentaires, $\Delta Q_{rad,sec\ i,m}$, pour les radiateurs du secteur énergétique i, à travers les parois situées derrière les radiateurs, comme suit :

Eq. 213
$$\Delta Q_{rad,sec\ i,m} = t_{heat,sec\ i,m} \sum_j \left\{ U_j \cdot A_{rad,j} \cdot \max\left(0 ; w \cdot \theta_{c,sec\ i,m} + (1-w) \cdot \theta_{e,m} - 18\right)\right\} \quad \text{(MJ)}$$

avec :

$\theta_{c,sec\ i,m}$ la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique i pendant le temps de fonctionnement conventionnel pour le mois considéré, déterminée selon le § D.2, en °C ;

$\theta_{e,m}$ la température extérieure mensuelle moyenne, voir le Tableau [1] ;

$t_{heat,sec\ i,m}$ le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du système d'émission de chaleur dans le secteur énergétique i, déterminé selon le § D.1, en Ms ;

w un facteur de pondération. Il est de 0,4 dans le cas où un écran réfléchissant possédant un facteur d'émissivité inférieur à 0,2 est présent derrière un radiateur j et de 0,8 dans tous les autres cas, (-) ;

U_j la valeur U des parois extérieures situées derrière le radiateur j, en W/(m².K) ;

$A_{rad,j}$ la surface projetée du radiateur j, en m².

Il faut faire une somme sur tous les radiateurs j du secteur énergétique i qui sont placés contre une paroi extérieure.

Le rendement d'émission mensuel du secteur énergétique i, $\eta_{em,heat,seci,m}$, est égal à :

Eq. 214 $$\eta_{em,heat,sec\ i,m} = \eta \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{Q_{heat,net,sec\ i,m} + \Delta Q_{rad,sec\ i,m}} \quad (-)$$

avec :

η le multiplicateur repris au Tableau [23]. Ce multiplicateur tient compte des déperditions supplémentaires de régulation et des déperditions résultant de la stratification de la température ;

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique i, en MJ, déterminés selon le § 7.2 ;

$\Delta Q_{rad,sec\ i,m}$ la déperdition de chaleur supplémentaire mensuelle derrière les radiateurs du secteur énergétique i, en MJ.

Tableau [23] : Multiplicateur η

Chauffage central à eau chaude		
régulation de la température intérieure	régulation de la température de départ de l'eau du circuit	
	valeur de consigne constante	valeur de consigne variable
commande de la température par local	0,92	0,94
autre	0,90	0,92

D.4 Chauffage par le sol

On calcule la déperdition de chaleur mensuelle supplémentaire à travers les planchers du secteur énergétique i, $\Delta Q_{fl.h,sec\ i,m}$, comme suit :

Eq. 215 $$\Delta Q_{fl.h,seci,m} = \left(\theta_{c,seci,m} - 18\right) . t_{heat,seci,m} . \sum_{j} \left(U^{*}_{f,j} \times A_{f,j}\right) \quad \text{(MJ)}$$

avec :

$\theta_{c,sec\ i,m}$ la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique i pendant le temps de fonctionnement conventionnel pour le mois considéré, telle que déterminée selon le § D.2, en °C ;

$t_{heat,sec\ i,m}$ le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du système d'émission de chaleur dans le secteur énergétique i, déterminé selon le § D.1, en Ms ;

$A_{f,j}$ la surface de plancher occupée par le chauffage par le sol j, au prorata de la part de ce plancher à travers lequel surviennent des déperditions par transmission, en m² ;

$U^{*}_{f,j}$ la valeur U équivalente du plancher sous le chauffage par le sol j, donnée ci-dessous.

- Dans le cas de planchers sur terre-plein, $U^{*}_{f,j}$ est donnée par :

Eq. 216 $$\frac{1}{U^{*}_{f,j}} = \frac{1}{U_{f,j}} + 0,75 \quad \text{(m².K/W)}$$

avec :

$U_{f,j}$ la valeur U du plancher, calculée à partir de l'environnement intérieur jusqu'à la surface de séparation avec le sol, en W/(m².K).

- Dans le cas de planchers au-dessus d'une cave ou d'un vide sanitaire, $U^{*}_{f,j}$ est donnée par :

Eq. 217 $$\frac{1}{U^{*}_{f,j}} = \frac{1}{U_{f,j}} - 0,25 + \frac{1}{U_{g,j} + U_{x,j}} \quad \text{(m².K/W)}$$

où $U_{f,j}$, $U_{g,j}$ et $U_{x,j}$ sont calculées selon les spécifications de l'annexe B.1 au présent arrêté, en W/(m².K).

- Dans le cas de planchers en contact avec l'air extérieur, $U^{*}_{f,j}$ est donnée par :

Eq. 218 $$\frac{1}{U^{*}_{f,j}} = \frac{1}{U_{f,j}} - 0,25 \quad \text{(m².K/W)}$$

180	Méthode PER 2017

avec :

$U_{f,j}$ le coefficient de transmission thermique du plancher de l'environnement intérieur jusqu'à l'air extérieur, calculé selon les spécifications les spécifications de l'annexe B.1 au présent arrêté, en W/(m²K).

Il faut faire une somme sur tous les chauffages par le sol j du secteur énergétique i qui sont intégrés dans des parois délimitant le volume protégé.

On suppose que le rendement d'émission mensuel du secteur énergétique i, $\eta_{em,heat,sec\ i,m}$, est égal à :

Eq. 219 $$\eta_{em,heat,sec\ i,m} = \eta \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{Q_{heat,net,sec\ i,m} + \Delta Q_{fl.\ h,sec\ i,m}} \quad (-)$$

avec :

η le multiplicateur repris au Tableau [23] ;

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique i, en MJ, déterminés selon le § 7.2 ;

$\Delta Q_{fl.h,sec\ i,m}$ la déperdition de chaleur supplémentaire mensuelle par les planchers dans le secteur énergétique i, en MJ.

D.5 Chauffage mural

On calcule la déperdition de chaleur mensuelle supplémentaire à travers les murs du secteur énergétique i, $\Delta Q_{wall.h,sec\ i,m}$, comme suit :

Eq. 220 $$\Delta Q_{wall.h,seci,m} = \left(\theta_{c,seci,m} - 18\right) \cdot t_{heat,seci,m} \cdot \sum_j \left(U^*_{wall,j} \cdot A_{wall,j}\right) \quad (MJ)$$

avec :

$\theta_{c,sec\ i,m}$ la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique i pendant le temps de fonctionnement conventionnel pour le mois considéré, déterminée selon le § D.2, en °C ;

$t_{heat,sec\ i,m}$ le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du système d'émission de chaleur dans le secteur énergétique i, déterminé selon le § D.1, en Ms ;

$A_{wall,j}$ la surface de la paroi verticale extérieure j, derrière le plan contenant le chauffage mural, en m² ;

$U^*_{wall,j}$ le coefficient de transmission thermique équivalente de la paroi verticale extérieure j, derrière le plan contenant le chauffage mural, donné par :

Eq. 221 $$U^*_{wall,\ j} = \frac{1}{1/U_{wall,\ j} - 0{,}175} \quad (W/(m^2.K))$$

avec :

$U_{wall,j}$ le coefficient de transmission thermique de la paroi verticale extérieure j située derrière l'élément.

Il faut faire une somme sur toutes les parois verticales extérieures j du secteur énergétique i, dans lesquelles un chauffage mural est intégré.

On suppose que le rendement d'émission mensuel du secteur énergétique i, $\eta_{em,heat,seci,m}$, est égal à :

Eq. 222 $$\eta_{em,heat,sec\ i,m} = \eta \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{Q_{heat,net,sec\ i,m} + \Delta Q_{wall.h,sec\ i,m}} \quad (-)$$

avec :

η	le multiplicateur repris au Tableau [23], (-) ;
$Q_{heat,net,sec\ i,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage du secteur énergétique i, en MJ, déterminés selon le § 7.2 ;
$\Delta Q_{wall.h,sec\ i,m}$	les déperditions de chaleur mensuelles supplémentaires par les murs dans le secteur énergétique i, en MJ.

Annexe E Les déperditions de distribution

Le § E.1 présente annexe s'applique uniquement aux secteurs énergétiques alimentés par un seul réseau en-dehors du volume protégé. Si ce réseau fournit également de la chaleur à d'autres secteurs énergétiques, il faut en outre que chacun de ces autres secteurs énergétiques n'ait pas recours à un second réseau indépendant en-dehors du volume protégé. (Si l'ensemble du volume protégé constitue 1 seul secteur énergétique, chacune de ces conditions est remplie automatiquement.)

On calcule tout d'abord le rendement de l'ensemble du réseau. Ce rendement s'applique alors à tous les secteurs énergétiques approvisionnés en chaleur par ce réseau, même quand un secteur énergétique n'utilise qu'une partie du réseau.

E.1 Rendement de distribution

Le rendement moyen mensuel de distribution, $\eta_{distr,heat,sec\ i,m}$, d'un secteur énergétique i est égal au rendement moyen mensuel de distribution du réseau de distribution de chaleur n qui approvisionne le secteur énergétique en chaleur :

Eq. 223 $\eta_{distr,heat,sec\ i,m} = \eta_{distr,heat,netw\ n,m}$ (-)

avec :

Eq. 224 $$\eta_{distr,heat,netw\ n,m} = \frac{Q_{out,heat,netw\ n,m}}{Q_{in,heat,netw\ n,m}}$$ (-)

avec :

Eq. 225 $Q_{in,heat,netw\ n,m} = Q_{out,heat,netw\ n,m} + Q_{distr,heat,netw\ n,m}$ (MJ)

et

Eq. 226 $$Q_{out,heat,netw\ n,m} = \sum_i \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{\eta_{em,heat,sec\ i,m}}$$ (MJ)

avec :

$Q_{out,heat,netw\ n,m}$ la quantité mensuelle de chaleur fournie par le réseau de distribution de chaleur n aux secteurs énergétiques que le réseau dessert, en MJ ;

$Q_{in,heat,netw\ n,m}$ la quantité mensuelle de chaleur fournie par l'installation de production de chaleur ou par le réservoir de stockage au réseau de distribution de chaleur n, en MJ ;

$Q_{distr,heat,netw\ n,m}$ la quantité mensuelle de chaleur perdue par le réseau de distribution de chaleur n en dehors du volume protégé, en MJ ;

$\eta_{em,heat,sec\ i,m}$ le rendement mensuel d'émission d'un secteur énergétique i, déterminé selon le § 9.2.2.2 ou selon l'Annexe D de la présente annexe, (-) ;

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique i, en MJ, déterminés selon le § 7.2.

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques i desservis par le réseau. Si le réseau de distribution de chaleur fournit aussi de l'énergie à des parties du bâtiment pour lesquelles on n'effectue aucun calcul de performance

énergétique, on ne tient pas compte de l'effet de ces autres parties du bâtiment :

- on ne tient pas compte des déperditions des conduites de distribution qui desservent uniquement ces autres parties de bâtiment ;
- l'énergie fournie par le réseau à ces autres parties de bâtiment n'est pas non plus prise en compte dans le calcul de l'output du réseau.

E.2 Les déperditions de chaleur du réseau de distribution de chaleur

On détermine la déperdition de distribution du réseau, tant dans le cas de conduites d'eau que de conduits d'air, comme suit :

Eq. 321 $$Q_{distr,heat,netw\ n,m} = t_{heat,netw\ n,m} \cdot f_{insul,netw\ n} \cdot \sum_j \left(\theta_{c,netw\ n,m} - \theta_{amb,m,j}\right) \cdot \left(\frac{l_j}{R_{l,j}}\right) \quad (MJ)$$

avec :

$t_{heat,netw\ n,m}$ le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du réseau de distribution de chaleur n, en Ms. On suppose sa valeur égale au maximum des temps de fonctionnement conventionnels $t_{heat,sec\ i,m}$ (déterminés selon le § D.1, tant pour les systèmes de chauffage par eau que pour les systèmes de chauffage par air) des secteurs énergétiques i desservis par le réseau ;

$f_{insul,netw\ n}$ un facteur de correction pour prendre en compte l'effet de ponts thermiques sur la résistance thermique des segments du réseau de distribution de chaleur n, déterminé comme $f_{insul,circ\ k}$ au § 9.3.2.2 en transposant l'indice "circ k" en "netw n" et les mots "la conduite de circulation" et "la conduite de circulation k" en "le réseau de distribution de chaleur" et "le réseau de distribution de chaleur n", (-) ;

$\theta_{c,netw\ n,m}$ la température moyenne mensuelle du fluide caloporteur dans le réseau de distribution n, en °C. On suppose sa valeur égale au maximum des températures moyennes mensuelles du fluide caloporteur dans les circuits d'émission de chacun des secteurs énergétiques desservis par le réseau. Ces températures sont déterminées comme suit par secteur énergétique :

- dans le cas de l'eau comme fluide caloporteur : il s'agit de la température $\theta_{c,sec\ i,m}$, déterminée selon le § D.2 (même lorsqu'il s'agit d'un autre système de chauffage que des radiateurs, ou qu'un chauffage par le sol ou par le mur, par exemple, des convecteurs)
- dans le cas de l'air comme fluide caloporteur : on utilise, pour chaque mois, la valeur moyenne pendant la saison de chauffe, donnée par :

Eq. 228 $$\theta_{c,sec\ i} = 8 + 0{,}6\ \theta_{design,supply,sec\ i} \quad (°C)$$

avec $\theta_{design,supply,sec\ i}$ la température de départ de conception de l'air pour la température extérieure de base. On peut prendre 50°C comme valeur par défaut. Si l'on utilise une autre température de conception, des calculs détaillés de la conception du système d'émission (pour chaque local chauffé du secteur énergétique i) doivent faire partie de la déclaration PEB.

$\theta_{amb,m,j}$ la température ambiante moyenne mensuelle du segment j du réseau de distribution de chaleur, en °C :

- si le segment se trouve dans un espace adjacent non chauffé, on a :

Eq. 229 $\theta_{amb,m,j} = 11 + 0,4.\theta_{e,m}$;

- si le segment de conduite se trouve à l'extérieur, on a :

Eq. 230 $\theta_{amb,m,j} = \theta_{e,m}$;

avec :

$\theta_{e,m}$ la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, selon le Tableau [1] ;

l_j la longueur du segment j, en m ;

$R_{l,j}$ la résistance thermique linéaire du segment j, en m.K/W, déterminée selon le § E.3.

Il faut faire une somme sur tous les segments j du réseau de distribution de chaleur n en dehors du volume protégé.

E.3 Détermination de la résistance thermique linéaire

La résistance thermique linéaire donne le flux de chaleur d'un segment du réseau de distribution de chaleur par unité de longueur et par degré de différence de température.

Les équations ci-dessous sont basées sur la norme NBN EN ISO 12241. La résistance de transmission thermique interne et la résistance propre de la conduite ou de la gaine sont supposées négligeables dans la formule.

En ce qui concerne les manteaux isolants multi-coques, on fait directement référence à cette norme.

Si pour un segment, l'épaisseur de l'isolant n'est pas connue, on considère que ce segment n'est pas isolé.

E.3.1 Conduites et gaines rondes

On calcule la résistance thermique linéaire $R_{l,j}$ du segment j comme suit :

Eq. 322 $$R_{l,j} = \frac{1}{2.\pi.\lambda_{insul,j}} \ln\left(\frac{D_{e,j}}{D_{i,j}}\right) + \frac{1}{h_{se,j}.\pi.D_{e,j}} \quad \text{(m.K/W)}$$

avec :

$\lambda_{insul,j}$ la conductivité thermique de l'isolation thermique autour du segment j, en W/(m.K) ;

$D_{e,j}$ le diamètre extérieur de l'isolation, en m ;

$D_{i,j}$ le diamètre extérieur de la conduite non isolée, en m ;

$h_{se,j}$ le total des coefficients de transmission thermique externe (par convection + par rayonnement) du segment j, en W/(m².K), supposé égal à :
- à l'intérieur du volume protégé : $h_{se,j} = 8$;

- dans un espace adjacent non chauffé : $h_{se,j}$ = 10 ;
- à l'extérieur : $h_{se,j}$ = 25.

E.3.2 Gaines rectangulaires

On calcule la résistance thermique linéaire $R_{l,j}$ du segment j comme suit :

Eq. 323 $$R_{l,j} = \frac{d_{insul,j}}{2 \cdot \lambda_{insul,j} \cdot \left(H_j + B_j - 2 \cdot d_{insul,j}\right)} + \frac{1}{2 \cdot h_{se,j} \cdot \left(H_j + B_j\right)} \quad \text{(m.K/W)}$$

avec :

$\lambda_{insul,j}$ la conductivité thermique de l'isolation thermique autour du segment j, en W/(m.K) ;

$d_{insul,j}$ l'épaisseur de l'isolation thermique autour de la gaine, en m ;

H_j la hauteur de la gaine isolée (dimension extérieure), en m ;

B_j la largeur de la gaine isolée (dimension extérieure), en m ;

$h_{se,j}$ le coefficient de transmission thermique externe (par convection + par rayonnement) total du segment j, en W/(m².K), tel qu'établi au § E.3.1.

E.3.3 Conduites souterraines

On calcule la résistance thermique linéaire $R_{l,j}$ du segment j comme suit :

Eq. 233 $$R_{l,j} = R'_{l,j} + R_E \quad \text{(m.K/W)}$$

avec :

Eq. 324 $$R'_{l,j} = \frac{1}{2.\pi .\lambda_{insul,j}} \ln\left(\frac{D_{e,j}}{D_{i,j}}\right) \quad \text{(m.K/W)}$$

et :

Eq. 235 $$R_E = \frac{1}{2.\pi.\ \lambda_E} \operatorname{arcosh}\left(\frac{2.H_{E,j}}{D_{e,j}}\right) \quad \text{(m.K/W)}$$

avec :

$\lambda_{insul,j}$ la conductivité thermique de l'isolation thermique autour du segment j, en W/(m.K) ;

$D_{e,j}$ le diamètre extérieur de l'isolation, en m ;

$D_{i,j}$ le diamètre extérieur de la conduite non isolée, en m ;

λ_E la conductivité thermique du sol environnant. On prend comme valeur : λ_E = 2 W/(m.K) ;

$H_{E,j}$ la distance entre le centre de la conduite et la surface du sol, en m.

Annexe F Facteurs fixés pour les vecteurs énergétiques

Pour la détermination du facteur de conversion conventionnel en énergie primaire, il y a deux cas :

- dans le cas d'un lien avec une fourniture de chaleur externe : $f_p = f_{p,dh}$, le facteur en énergie primaire équivalent de ce système, à déterminer en détail selon des règles déterminées par le Ministre et par défaut égale à 2,0 (-) ;
- dans les autres cas : le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire de la source d'énergie de l'appareil producteur considéré, tel que défini dans le Tableau [29] ci-dessous, (-).

Tableau [29] : Facteur de conversion en énergie primaire, Rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur et Facteur d'émission de CO_2, par vecteur énergétique

Vecteur énergétique	f_p	$f_{NCV/GCV}$	f_{CO2}
Gaz naturel	1,00	0,90	0,056
Mazout	1,00	0,94	0,073
Propane/Butane/GPL	1,00	0,92	0,062
Charbon	1,00	0,96	0,093
Bois	1,00	0,93	0
Pellets	1,00	0,91	0
Electricité	2,50	1,00	0,179
Electricité produite par une installation photovoltaïque	2,50	1,00	0,179
Electricité produite par une installation de cogénération	2,50	1,00	0,179
Autres combustibles (1)	Equivalence		

(1) En ce qui concerne les vecteurs énergétiques qui ne figurent pas encore explicitement dans le tableau, le Ministre peut déterminer les valeurs à appliquer.

Annexe G Détermination du rendement thermique d'un récupérateur de chaleur

La détermination du rendement thermique η_{test} d'un récupérateur de chaleur dépend de rapports de température déterminés sur base d'un test décrit dans la présente annexe. La valeur par défaut du rendement thermique valable quel que soit le débit est de zéro.

On se reportera à la norme NBN EN 308 pour les définitions des catégories d'appareils de récupération de chaleur et pour la numérotation conventionnelle des positions.

Le Ministre peut définir des spécifications complémentaires et/ou divergentes pour la détermination du rendement thermique d'un récupérateur de chaleur.

G.1 Mesurage

Le test doit être réalisé suivant les exigences de mesurage décrites aux paragraphes § 5.5 et § 6.4 de la norme NBN EN 308, à l'exception des points suivants :

- le test doit être réalisé sur l'appareil de récupération de chaleur complet (incluant les châssis, ventilateurs, etc.), non modifié. Un appareil de récupération de chaleur contient toujours au moins un caisson et un échangeur de chaleur. L'appareil de récupération de chaleur testé doit également contenir tous les composants normalement présents dans le caisson de l'appareil à récupération de chaleur comme, par exemple, des ventilateurs, des filtres, un by-pass, des batteries de chauffage ou de refroidissement, etc. L'appareil à récupération de chaleur ne peut pas être modifié pour le test, par exemple, de l'isolation thermique supplémentaire ne peut pas être ajoutée ;
- il n'y a pas d'exigence concernant l'équilibre thermique (cfr. § 6.6 de la norme NBN EN 308) ;
- il n'y a pas d'exigence concernant les fuites internes et externes ;
- il n'est pas exigé que le test soit réalisé pour différentes combinaisons de débits d'alimentation et d'extraction tel que décrit dans la norme.Par contre, il est exigé que le test :
  - porte sur un ou plusieurs débits, au choix. Le champ d'application du résultat final sera fonction du/ des débit(s) testés (voir texte principal de la présente annexe) ;
  - on s'appliquera autant que possible à établir un équilibre entre les débits volumiques d'alimentation et d'extraction ;
- seules les conditions d'admission d'air du test telles que reprises dans la table ci-dessous, extraite de la norme NBN EN 308 sont à considérer. Les mesurages réalisés à d'autres températures ne sont pas valables pour déterminer le rendement thermique décrit ci-après.

Tableau [26] : Catégorie du récupérateur de chaleur

Catégorie du récupérateur de chaleur (voir définitions de NBN EN 308)	**I II IIIa**	**IIIb**
température de l'air extrait	25°C	25°C
température humide de l'air extrait	< 14°C	18°C
température de l'air neuf	5°C	5°C
température humide de l'air neuf		3°C

Le rapport de test doit comprendre, au minimum, les données de mesurage suivantes :

- les températures mesurées à toutes les entrées et sorties du récupérateur de chaleur : la température de l'air neuf (t_{21}), de l'air fourni (t_{22}), de l'air extrait (t_{11}) et de l'air rejeté (t_{12}), en °C ;
- les débits volumiques mesurés de l'air fourni (q_{v22}) et de l'air extrait (q_{v11}), en m^3/h ;
- la puissance électrique totale absorbée par le récupérateur de chaleur pendant l'essai ($P_{elec,ahu,test}$), en W. Il s'agit de la puissance électrique totale de l'appareil complet y inclus tous les ventilateurs, les réglages, etc. ;
- la position des ventilateurs par rapport à l'échangeur de chaleur dans l'appareil testé.

G.2 Calcul

Le débit volumique de test, $q_{v,test}$, est défini comme le plus petit des deux débits volumiques suivants : respectivement, celui de l'air extrait (q_{v11}) et de l'air fourni (q_{v22}) pendant le test.

Le rendement thermique d'un récupérateur de chaleur est donné d'après :

Eq. 236 $$\eta_{test} = \frac{\left(\eta_{t,sup} + \eta_{t,eha}\right)}{2} \quad (-)$$

Les rapports de température du côté de l'air fourni ($\eta_{t,sup}$) et du côté de l'air extrait($\eta_{t,eha}$) sont calculés au moyen des températures mesurées pendant l'essai et sont corrigées par convention pour tenir compte de la chaleur provenant de l'énergie électrique consommée :

Eq. 237 $$\eta_{t,sup} = \frac{t_{22} - \Delta t_{22} - t_{21} - \Delta t_{21}}{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{21} - \Delta t_{21}} \quad (-)$$

Eq. 238 $$\eta_{t,eha} = \frac{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{12} + \Delta t_{12}}{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{21} - \Delta t_{21}} \quad (-)$$

Si l'appareil à récupération de chaleur ne contient pas de ventilateurs, les différences de température, Δt_{11}, Δt_{12}, Δt_{21}, Δt_{22}, sont égales à 0.

Dans les autres cas, les différences de température correspondant à la position des ventilateurs doivent être calculées par convention selon une des 4 configurations décrites dans le tableau ci-dessous :

Tableau [27] : Formules pour les différences de température correspondant à la position des ventilateurs

		Ventilateur d'extraction	
		Dans la position air extrait (11)	Dans la position air rejeté (12)
Ventilateur d'amenée d'air	En position air neuf (21)	$\Delta t_{11} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v11}}$ $\Delta t_{21} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v22}}$ $\Delta t_{22} = \Delta t_{12} = 0$	$\Delta t_{12} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v11}}$ $\Delta t_{21} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v22}}$ $\Delta t_{22} = \Delta t_{11} = 0$
	En position air fourni (22)	$\Delta t_{11} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v11}}$ $\Delta t_{22} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v22}}$ $\Delta t_{21} = \Delta t_{12} = 0$	$\Delta t_{12} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v11}}$ $\Delta t_{22} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v22}}$ $\Delta t_{21} = \Delta t_{11} = 0$

Pour un récupérateur de chaleur donné, il est possible d'effectuer des tests portant sur plusieurs débits. A chaque rendement thermique correspond un débit d'essai qui détermine la portée du champ d'application du texte (voir texte principal de la présente annexe).

Vu pour être annexé à l'arrêté du Gouvernement wallon du 15 décembre 2016 modifiant l'arrêté du Gouvernement wallon du 15 mai 2014 portant exécution du décret du 28 novembre 2013 relatif à la performance énergétique des bâtiments.

Namur, le 15 décembre 2016.

Le Ministre-Président,

P. MAGNETTE

Le Ministre des Pouvoirs locaux, de la Ville, du Logement et de l'Energie,

P. FURLAN

Annexe 2

Annexe A3 à l'arrêté du Gouvernement wallon du 15 mai 2014 portant exécution du décret du 28 novembre 2013 relatif à la performance énergétique des bâtiments.

Méthode PEN

MÉTHODE DE DÉTERMINATION DU NIVEAU DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE DES UNITES NON RESIDENTIELLES

Table des matières

1 INTRODUCTION 6

2 DÉFINITION DE LA SURFACE D'UTILISATION 7

3 SCHÉMATISATION DU BÂTIMENT 8

3.1 Principe 8

3.2 Subdivision du bâtiment 8

4 NIVEAU DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE 9

5 BESOINS NETS EN ÉNERGIE POUR LE CHAUFFAGE, LE REFROIDISSEMENT, L'EAU CHAUDE SANITAIRE ET L'HUMIDIFICATION 10

5.1 Principe 10

5.2 Température intérieure pour les calculs de chauffage et de refroidissement et intermittence 13

5.2.1 Principes 13

5.2.2 Chauffage 14

5.2.3 Refroidissement 19

5.3 Besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage 23

5.4 Besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement 26

5.5 Coefficients de transfert thermique par transmission par partie fonctionnelle 31

5.6 Coefficients de transfert thermique par ventilation par partie fonctionnelle 32

5.6.1 Principe 32

5.6.2 Coefficient de transfert thermique par ventilation pour les calculs de chauffage par partie fonctionnelle 32

5.6.3 Coefficients de transfert thermique par ventilation pour les calculs de refroidissement par partie fonctionnelle 34

5.6.4 Facteur de réduction lié au préchauffage 44

5.6.5 Fraction de temps pendant laquelle la ventilation est en service 47

5.7 Production de chaleur interne 48

5.8 Gains de chaleur solaires 51

5.9 Capacité thermique effective 52

5.9.1 Principe 52

5.9.2 Capacité thermique effective sur base de la masse du plancher 52

5.9.3 Capacité thermique effective sur base d'un calcul détaillé 53

5.10 Besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire 54
5.10.1 Besoin annuel net en énergie pour l'eau chaude sanitaire des douches et/ou baignoires 55
5.10.2 Besoin annuel net en énergie pour l'eau chaude sanitaire des éviers de cuisine 57
5.10.3 Besoin annuel net en énergie pour l'eau chaude sanitaire des autres points de puisage d'eau chaude (autre que douches et/ou baignoires et éviers de cuisine) 59
5.11 Besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification 60

6 BESOINS BRUTS EN ÉNERGIE POUR LE CHAUFFAGE, LE REFROIDISSEMENT ET L'EAU CHAUDE SANITAIRE 62
6.1 Principe 62
6.2 Détermination des besoins bruts en énergie pour le chauffage et le refroidissement 62
6.3 Rendements du système de chauffage et de refroidissement 63
6.4 Fractions des besoins nets en énergie pour le chauffage et le refroidissement 65
6.4.1 Fraction des besoins nets en énergie pour le refroidissement..... 65
6.4.2 Fraction des besoins nets en énergie pour le chauffage..... 66
6.5 Détermination des besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire 66

7 CONSOMMATION FINALE D'ÉNERGIE POUR LE CHAUFFAGE, LE REFROIDISSEMENT, L'HUMIDIFICATION ET L'EAU CHAUDE SANITAIRE 68
7.1 Principe 68
7.2 Consommation finale mensuelle d'énergie pour le chauffage, le refroidissement et l'humidification 68
7.2.1 Chauffage et humidification..... 68
7.2.2 Refroidissement..... 70
7.3 Répartition des besoins bruts en énergie entre générateurs préférentiels et non préférentiels 71
7.3.1 Chauffage..... 71
7.3.2 Refroidissement..... 78
7.4 Fraction mensuelle moyenne d'énergie apportée par free-chilling 80
7.5 Rendements de production pour le chauffage et le refroidissement 82
7.5.1 Rendement de production pour le chauffage..... 82
7.5.2 Rendement de production pour le refroidissement..... 83
7.6 Consommation finale mensuelle d'énergie pour l'eau chaude sanitaire ... 89

8 CONSOMMATION MENSUELLE D'ÉNERGIE AUXILIAIRE..... 90
8.1 Consommation d'électricité des ventilateurs affectés à la ventilation et à la circulation 90
8.1.1 Principe..... 90
8.1.2 Consommation d'électricité des ventilateurs..... 90
8.1.3 Consommation d'électricité pour les ventilateurs par partie fonctionnelle à l'aide de valeurs par défaut 91
8.1.4 Consommation d'électricité pour les ventilateurs par partie fonctionnelle sur base des puissances installées réelles 91
8.1.5 Fraction du temps pendant laquelle les ventilateurs sont en service. 94
8.2 Consommation d'électricité des circulateurs 94

8.2.1 Principe ... *94*
8.2.2 Règle de calcul pour la consommation d'énergie auxiliaire pour la distribution ... *94*
8.2.3 Détermination de la puissance installée $P_{pump,dis,instal,j}$ ... *94*
8.2.4 Détermination du temps de fonctionnement $t_{on,dis,j,m}$ ... *96*
8.3 Consommation d'électricité supplémentaire pour les générateurs de froid 99
8.3.1 Principe ... *99*
8.3.2 Méthode simplifiée ... *99*
8.3.3 Méthode détaillée ... *102*
8.4 Consommation d'électricité supplémentaire pour le free-chilling ... 106
8.5 Energie auxiliaire électrique pour la production de chaleur ... 108
8.5.1 Principe ... *108*
8.5.2 Règle de calcul pour l'énergie auxiliaire électrique pour la production de chaleur ... *108*
8.6 Consommation d'énergie pour le pré-refroidissement de l'air de ventilation ... 112
8.6.1 Consommation d'électricité pour l'échangeur de chaleur sol-eau ... *113*
8.6.2 Consommation d'électricité pour le refroidissement par évaporation ... *114*

9 CONSOMMATION D'ÉNERGIE POUR L'ÉCLAIRAGE ... 115
9.1 Principe ... 115
9.1.1 Variable auxiliaire adimensionnelle Lrm r ... *116*
9.1.2 Consommation d'électricité pour l'éclairage ... *116*
9.2 Détermination de la variable auxiliaire adimensionnelle Lrm r et de la consommation d'électricité pour l'éclairage à l'aide des valeurs par défaut 116
9.2.1 Détermination de la variable auxiliaire adimensionnelle Lrm r ... *116*
9.2.2 Détermination de la consommation d'électricité pour l'éclairage par partie fonctionnelle ... *116*
9.3 Détermination de la variable auxiliaire adimensionnelle Lrm r et de la consommation d'électricité pour l'éclairage à l'aide des données de détail de l'installation d'éclairage ... 117
9.3.1 Détermination de la variable auxiliaire Lrm r ... *117*
9.3.2 Détermination de la consommation mensuelle d'électricité par partie fonctionnelle ... *120*
9.3.3 Valeur de calcul de la puissance par espace ... *133*
9.3.4 Distinction entre la partie dite "éclairée naturellement" et la partie dite "éclairée artificiellement" ... *134*

10 CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE ... 141
10.1 Principe ... 141
10.2 La consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire ... 141
10.3 La consommation d'énergie primaire pour le chauffage et le refroidissement ... 141
10.4 La consommation d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire ... 142
10.5 La consommation d'énergie primaire des auxiliaires ... 143
10.6 La consommation d'énergie primaire pour l'éclairage ... 144
10.7 L'économie d'énergie primaire réalisée grâce à une cogénération sur site 144

ANNEXE A COGÉNÉRATION ... 145

A.1 Principe 145
A.2 Détermination du rendement de conversion électrique et thermique de la cogénération 145
A.2.1 Détermination du rendement de conversion électrique et thermique d'un moteur à combustion interne au gaz naturel, au gaz provenant de la biomasse, au mazout ou à l'huile végétale 145
A.2.2 Détermination des rendements de conversion électrique et thermique de technologies autres que les moteurs à combustion interne au gaz naturel, au gaz provenant de la biomasse, au mazout et à l'huile végétale 147
A.3 Détermination de la consommation mensuelle d'énergie finale par une installation de cogénération 148
A.3.1 Règle de calcul 148
A.3.2 Besoins bruts en énergie pour le chauffage des locaux, couverts par cogénération 148
A.3.3 Besoins nets en énergie pour l'humidification, couverts par cogénération 149
A.3.4 Besoins bruts en chaleur pour le refroidissement par absorption, couverts par cogénération 149
A.3.5 Besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire 150
A.4 Détermination de la quantité d'électricité produite 150
A.5 Paragraphe vide 151
A.6 Détermination de la contenance minimale en eau d'un réservoir tampon pour stocker 30 minutes de production d'une installation de cogénération à pleine puissance 151

ANNEXE B PRÉ-REFROIDISSEMENT DE L'AIR DE VENTILATION 152
B.1 Règle de calcul 152
B.2 Echangeur de chaleur sol-eau 152
B.2.1 Efficacité $e_{precool,m}$ du système de pré-refroidissement 153
B.2.2 Température de référence pour l'abaissement de température maximal $\theta_{precool,ref,max,m}$ 153
B.3 Refroidissement par évaporation 156
B.3.1 Efficacité eprecool,m du système de pré-refroidissement 157
B.3.2 Température de référence pour l'abaissement de température maximal θprecool,ref,max,m 157

ANNEXE C DÉTERMINATION DE LA VALEUR DE RÉFÉRENCE POUR LA CONSOMMATION ANNUELLE CARACTÉRISTIQUE D'ÉNERGIE PRIMAIRE 158
C.1 Introduction 158
C.2 Valeur de référence pour les besoins nets en énergie pour le chauffage, le refroidissement, l'eau chaude sanitaire et l'humidification 158
C.2.1 Valeur de référence pour la température intérieure pour les calculs de chauffage et de refroidissement et intermittence 158
C.2.2 Valeur de référence pour les besoins nets en énergie pour le chauffage163
C.2.3 Valeur de référence pour les besoins nets en énergie pour le refroidissement 166
C.2.4 Valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par transmission par partie fonctionnelle 169
C.2.5 Valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par ventilation et par in/exfiltration par partie fonctionnelle 173

C.2.6 Valeur de référence pour la production de chaleur interne 175
C.2.7 Valeur de référence pour les gains de chaleur solaires 176
C.2.8 Valeur de référence pour la capacité thermique effective 179
C.2.9 Valeur de référence pour les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification 179
C.2.10 Valeur de référence pour la contribution au rendement du système des déperditions mensuelles de la conduite de circulation 179
C.3 Valeur de référence pour la consommation d'énergie auxiliaire des ventilateurs et des pompes 181
C.3.1 Valeur de référence pour la consommation d'électricité des ventilateurs affectés à la ventilation et à la circulation 181
C.3.2 Valeur de référence pour la consommation d'électricité pour la distribution 182
C.4 Valeur de référence pour la consommation d'énergie pour l'éclairage .. 183
C.5 Valeur de référence pour la consommation d'énergie primaire 185
C.5.1 Valeur de référence pour la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire 185
C.5.2 Valeur de référence pour la consommation d'énergie primaire pour le chauffage, humidification et le refroidissement 186
C.5.3 Valeur de référence pour la consommation d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire 186
C.5.4 Valeur de référence pour la consommation d'énergie primaire des auxiliaires 187
C.5.5 Valeur de référence pour la consommation d'énergie primaire pour l'éclairage 188

1 Introduction

Cette annexe présente la méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire des unités non résidentielles ayant une ou plusieurs fonctions spécifiques, ci-après dénommées "unités PEN".

La structure globale de la méthode est analogue à celle appliquée aux unités résidentielles, ci-après dénommées "unités PER" ; voir le chapitre 4 de l'annexe A.1 au présent arrêté (Méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire des unités résidentielles).

On trouvera une liste des références normatives, des définitions, des symboles, des abréviations et des indices au chapitre 1, 2 et 3 de l'annexe A.1 au présent arrêté.

Le Ministre peut définir des spécifications complémentaires pour déterminer l'impact des atrias ou des doubles façades ventilées sur les performances énergétiques d'une unité PEN.

2 Définition de la surface d'utilisation

La surface d'utilisation d'un espace ou d'un groupe d'espaces est la surface, mesurée au niveau du sol, délimitée par les parois verticales qui enveloppent l'espace ou le groupe d'espaces. Pour les escaliers et les planchers en pente, on prend en considération leur projection verticale sur le plan horizontal.

La détermination de la surface d'utilisation ne tient pas compte de :

- une cage d'escalier, une cage d'ascenseur ou un vide ;
- un mur porteur intérieur.

Lors de la détermination de la limite, on peut ne pas tenir compte d'une réservation ou d'un renfoncement secondaire, ni d'un élément de construction en saillie secondaire, si sa surface au sol est inférieure à 0,5 m².

3 Schématisation du bâtiment

3.1 Principe

La performance énergétique concerne souvent un sous-volume d'un bâtiment, selon, par exemple, que les espaces sont chauffés (et/ou refroidis) ou non, selon la fonction des différentes parties, etc. C'est pourquoi, pour déterminer la performance énergétique, on subdivise par convention le bâtiment en différentes parties. Chaque sous-volume qui doit satisfaire en soi à une exigence de performance énergétique relative à un bâtiment non résidentiel, est appelé "unité PEN". Au besoin, on procède à une subdivision supplémentaire en zones de ventilation et secteurs énergétiques afin de pouvoir tenir compte correctement des différents types d'installations dans les calculs et à une subdivision supplémentaire en parties fonctionnelles afin de pouvoir considérer les spécificités d'utilisation des différentes fonctions.

3.2 Subdivision du bâtiment

Toutes les définitions, tous les principes et toutes les règles à respecter relatifs à la subdivision d'un bâtiment sont déterminées par le Ministre.

4 Niveau de consommation d'énergie primaire

Le niveau de consommation d'énergie primaire de l'unité PEN est donné par le rapport entre la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de l'unité PEN et une valeur de référence, multiplié par 100 :

Eq. 1 $$E_{EPNR} = 100 \cdot \frac{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}}{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,\ ref}} \quad (-)$$

où :

E_{EPNR} le niveau de consommation d'énergie primaire de l'unité PEN, (-) ;

$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}$ la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de l'unité PEN, calculée selon le § 10.2, en MJ ;

$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref}$ la valeur de référence pour la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire, comme selon l'Annexe C de la présente annexe, en MJ.

Le résultat doit être arrondi à l'unité supérieure.

5 Besoins nets en énergie pour le chauffage, le refroidissement, l'eau chaude sanitaire et l'humidification

5.1 Principe

Les besoins nets en énergie pour le chauffage ou le refroidissement doivent être déterminés par secteur énergétique, pour tous les mois de l'année, pour être ensuite utilisés pour le calcul des besoins bruts en énergie (voir le § 6).

Pour le chauffage, les températures intérieures et de nombreux autres paramètres étant définis pour chaque fonction, il faut calculer préalablement les besoins nets en énergie mensuels par partie fonctionnelle et effectuer ensuite une sommation sur toutes les parties fonctionnelles dont se compose le secteur énergétique considéré. Le calcul de ces besoins nets en énergie mensuels par partie fonctionnelle tient compte de l'intermittence et du profil d'occupation de cette partie fonctionnelle, tels que repris au Tableau [2], ainsi que de la masse thermique de la partie fonctionnelle.

Pour le refroidissement, de nombreux paramètres étant définis pour chaque fonction, il faut calculer préalablement les besoins nets en énergie mensuels par partie fonctionnelle et effectuer ensuite une sommation sur toutes les parties fonctionnelles dont se compose le secteur énergétique considéré.

Pour l'eau chaude sanitaire, les besoins nets en énergie sont définis par fonction et calculés par point de puisage d'eau chaude (voir le § 5.10). On peut également tenir compte d'une récupération de chaleur. On distingue les points de puisage d'eau chaude comme suit :

- les douches et/ou baignoires ;
- les éviers de cuisine ;
- les autres points de puisage d'eau chaude, tels que les lavabos.

Tous les points de puisage d'eau chaude de l'unité PEN sont pris en considération.

Si les installations du bâtiment comprennent des dispositifs destinés à humidifier l'air neuf introduit dans (une partie de) l'unité PEN, on détermine la quantité d'énergie de vaporisation mensuelle nécessaire par humidificateur, compte tenu d'une éventuelle récupération d'humidité de l'air repris.

Tableau [1] : Valeurs mensuelles de la longueur du mois (t_m)de la température extérieure moyenne pour les calculs de chauffage ($\theta_{e,heat,m}$) et pour les calculs de refroidissement ($\theta_{e,cool,m}$)

Mois	t_m (Ms) [1]	$\theta_{e,heat,m}$ (°C)	$\theta_{e,cool,m}$ (°C)
Janvier	2,6784	3,2	3,9
Février	2,4192	3,9	4,8
Mars	2,6784	5,9	6,1
Avril	2,5920	9,2	9,8
Mai	2,6784	13,3	13,8
Juin	2,5920	16,2	17,1
Juillet	2,6784	17,6	17,8
Août	2,6784	17,6	18,1
Septembre	2,5920	15,2	16,3
Octobre	2,6784	11,2	11,9
Novembre	2,5920	6,3	6,7
Décembre	2,6784	3,5	3,5

[1] 1 Ms, 1 Megaseconde, équivaut à 1 million de secondes.

Tableau [2] : Profil conventionnel d'occupation pour chaque fonction

Fonctions		Heure de début d'occupation	Heure de fin d'occupation	Jours par semaine	Fraction d'occupation par semaine $f_{pres,fct\ f}$
Hébergement		0h	24h	7	1,00
Bureaux		8h	18h	5 (Lu → Ve)	0,30
Enseignement		8h	18h	5 (Lu → Ve)	0,30
Soins de santé	Avec occ. nocturne	0h	24h	7	1,00
	Sans occ. nocturne	8h	18h	5 (Lu → Ve)	0,30
	Salle d'opération	0h	24h	7	1,00
Rassemblement	Occupation importante	9h	24h	6 (Lu → Sa)	0,54
	Faible occupation	9h	24h	6 (Lu → Sa)	0,54
	Cafétéria / Réfectoire	8h	18h	5 (Lu → Ve)	0,30
Cuisine		10h	20h	6 (Lu → Sa)	0,36
Commerce / Services		8h	20h	6 (Lu → Sa)	0,43
Installations sportives	Hall de sport / Gymnase	8h	22h	6 (Lu → Sa)	0,50
	Fitness / Danse	8h	22h	6 (Lu → Sa)	0,50
	Sauna / Piscine	8h	22h	6 (Lu → Sa)	0,50
Locaux techniques		0h	24h	7	1,00
Communs		Profil d'occupation comme déterminé ci-dessous			
Autre		8h	18h	5 (Lu → Ve)	0,30
Inconnue		9h	24h	6 (Lu → Sa)	0,54

Pour la fonction "Communs" :

- Si une partie fonctionnelle occupée par cette fonction dessert une ou plusieurs parties fonctionnelles ayant toutes la même fonction, la valeur de la fraction d'occupation par semaine de la partie fonctionnelle ayant la fonction "Communs" est égale à la valeur des parties fonctionnelles desservies.
- Si une partie fonctionnelle occupée par cette fonction dessert plusieurs parties fonctionnelles ayant des fonctions différentes, son profil d'occupation sera déterminé comme suit :

- heure de début d'occupation : prendre la valeur de la partie fonctionnelle desservie ayant l'heure d'occupation la plus précoce ;
- heure de fin d'occupation : prendre la valeur de la partie fonctionnelle desservie ayant l'heure d'occupation la plus tardive ;
- particularité de la fonction "Locaux techniques" : la détermination des heures d'occupation ci-dessus doit toujours se faire sans tenir compte de la présence d'une partie fonctionnelle ayant la fonction "Locaux techniques".

• La fraction d'occupation par semaine est alors déterminée par :

Eq. 2 $$f_{pres,fct\ f} = \frac{\sum_{d=1}^{7} \left(h_{occ,end,d} - h_{occ,start,d}\right)}{168} \quad (-)$$

avec :

$f_{pres,fct\ f}$ la fraction d'occupation par semaine de la partie fonctionnelle "Communs", (-) ;

$h_{occ,end,d}$ l'heure de fin d'occupation de la partie fonctionnelle "Communs" durant le jour d, en h ;

$h_{occ,start,d}$ l'heure de début d'occupation de la partie fonctionnelle "Communs" durant le jour d, en h.

5.2 Température intérieure pour les calculs de chauffage et de refroidissement et intermittence

5.2.1 Principes

Pour la détermination de la température intérieure de calcul en fonction de l'intermittence, on peut rencontrer les cas suivants :

• pour le chauffage :
  - chauffage continu (voir le § 5.2.2.1) ;
  - chauffage quasi-continu :
    - chauffage intermittent mais inertie faible (voir le § 5.2.2.2.1),
    - chauffage intermittent mais inertie importante (voir le § 5.2.2.2.2) ;
  - chauffage intermittent (voir le § 5.2.2.3) ;
• pour le refroidissement :
  - refroidissement continu (voir le § 5.2.3.1) ;
  - refroidissement quasi-continu :
    - refroidissement intermittent mais inertie faible (voir le § 5.2.3.2.1),
    - refroidissement intermittent mais inertie importante (voir le § 5.2.3.2.2) ;
  - refroidissement intermittent (voir le § 5.2.3.3).

Les hypothèses du chauffage/refroidissement continu s'appliquent aux parties fonctionnelles occupées en continu (24h/24 et 7 jours sur 7 - voir Tableau [2]) ou dont la température intérieure est constante (voir

Tableau [4] pour le chauffage et Tableau [44] pour le refroidissement).

Les hypothèses du chauffage/refroidissement quasi-continu s'appliquent aux parties fonctionnelles qui connaissent un chauffage/refroidissement intermittent mais qui ont :

- soit une inertie trop faible : dans ce cas, la température intérieure de calcul pour les calculs de chauffage/refroidissement de la partie fonctionnelle est considérée comme égale à sa température intérieure moyenne pour les calculs de chauffage/refroidissement ;
- soit une inertie trop importante : dans ce cas, la température intérieure de calcul de la partie fonctionnelle est considérée comme égale à sa température intérieure de consigne pour le chauffage/refroidissement.

Enfin, les hypothèses du chauffage chauffage/refroidissement intermittent s'appliquent aux parties fonctionnelles qui connaissent un chauffage chauffage/refroidissement intermittent et qui ont une inertie moyenne.

5.2.2 Chauffage

5.2.2.1 Chauffage continu

Les fonctions :

- hébergement ;
- soins de santé - avec occupation nocturne ;
- soins de santé – salle d'opération ;
- installations sportives – hall de sport / gymnase ;

ne connaissent pas d'intermittence du chauffage (soit occupation 24h/24 et 7 jours sur 7, soit température intérieure constante).

Pour les parties fonctionnelles ayant l'une de ces fonctions, on a donc :

Eq. 3 $\theta_{i,heat,fct\ f} = \theta_{i,heat,fct\ f,avg} = \theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ (°C)

avec :

$\theta_{i,heat,fct\ f}$ la température intérieure de calcul pour les calculs de chauffage de la partie fonctionnelle f, utilisée au § 5.3 pour la détermination des déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation, en °C ;

$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ la température intérieure moyenne pour les calculs de chauffage de chauffage de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au

Tableau [4], en °C ;

$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ la température intérieure de consigne pour le chauffage de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au

Tableau [4], en °C .

5.2.2.2 Chauffage quasi-continu

5.2.2.2.1 Inertie faible

Pour les parties fonctionnelles qui ne sont pas couvertes par le § 5.2.2.1, le chauffage intermittent est considéré comme du chauffage continu si l'inertie de la partie fonctionnelle considérée est assez faible, c'est-à-dire si :

Eq. 5 $\tau_{heat,fct\ f} < 0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f}$ (h)

alors on a :

Eq. 6 $\Theta_{i,heat,fct\ f} = \Theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ (°C)

avec :

$\tau_{heat,fct\ f}$ la constante de temps pour le chauffage de la partie fonctionnelle f, déterminée selon le § 5.3, en h ;

$t_{unocc,min,fct\ f}$ la plus courte période pendant laquelle la partie fonctionnelle f n'est pas occupée, telle que reprise au Tableau [5], en h ;

$\theta_{i,heat,fct\ f}$ la température intérieure pour les calculs de chauffage de la partie fonctionnelle f, utilisée au § 5.3 pour la détermination des déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation, en °C ;

$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ la température intérieure moyenne pour les calculs de chauffage de chauffage de la partie fonctionnelle f, en °C, telle que reprise au
reprise au

Tableau [4].

5.2.2.2.2 Inertie importante

Pour les parties fonctionnelles qui ne sont pas couvertes par le § 5.2.2.1, le chauffage intermittent est considéré comme du chauffage continu si l'inertie de la partie fonctionnelle considérée est assez importante, c'est-à-dire si :

Eq. 8 $\tau_{heat,fct\ f} > 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f}$ (h)

alors on a :

Eq. 9 $\Theta_{i,heat,fct\ f} = \Theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ (°C)

avec :

$\tau_{heat,fct\ f}$ la constante de temps pour le chauffage de la partie fonctionnelle f, déterminée selon le § 5.3, en h ;

$t_{unocc,max,fct\ f}$ la plus longue période pendant laquelle la partie fonctionnelle f n'est pas occupée, telle que reprise au Tableau [5], en h ;

$\Theta_{i,heat,fct\ f}$ la température intérieure pour les calculs de chauffage de la partie fonctionnelle f, utilisée au § 5.3 pour la détermination des déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation, en °C ;

$\Theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ la température intérieure de consigne pour le chauffage de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au

Tableau [4], en °C.

5.2.2.3Chauffage intermittent

Pour les parties fonctionnelles qui ne sont pas couvertes par le § 5.2.2.1 et qui ont une inertie moyenne, c'est-à-dire qu'aucune des conditions des § 5.2.2.2.1 (Eq. 5) ou § 5.2.2.2.2 (Eq. 8) n'est remplie, on a :

Eq. 11 $\Theta_{i,heat,fct\ f} = \Theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ (°C)

et :

Eq. 377

$$\Theta_{i,heat,fct\ f} = \Theta_{i,heat,fct\ f,avg} + \left(\frac{(\Theta_{i,heat,fct\ f,setpoint} - \Theta_{i,heat,fct\ f,avg}) \cdot}{\log_{10}\left[\frac{2 \cdot t_{unocc,min,fctf} - 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f} - 9 \cdot \tau_{heat,fct\ f}}{0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f} - 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f}}\right]} \right) \quad (-)$$

avec :

$\Theta_{i,heat,fct\ f}$ la valeur de calcul pour la température intérieure pour les calculs de chauffage de la partie fonctionnelle f, utilisée § 5.3 pour la détermination des déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation, en °C ;

$\Theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ la température intérieure moyenne pour les calculs de chauffage de chauffage de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au

Tableau [4], en °C ;

$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ la température intérieure de consigne pour le chauffage de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au

Tableau [4], en °C ;

$t_{unocc,min,fct\ f}$ la plus courte période pendant laquelle la partie fonctionnelle f n'est pas occupée, telle que reprise au Tableau [5], en h ;

$t_{unocc,max,fct\ f}$ la plus longue période pendant laquelle la partie fonctionnelle f n'est pas occupée, telle que reprise au Tableau [5], en h ;

$\tau_{heat,fct\ f}$ la constante de temps pour le chauffage de la partie fonctionnelle f, déterminée selon le § 5.3, en h.

Tableau [3] : Paramètres numériques pour la détermination du taux d'utilisation, pour toutes les fonctions

Chauffage		Refroidissement	
$a_{0,heat}$ (-)	$\tau_{0,heat}$ (h)	$b_{0,cool}$ (-)	$\tau_{0,cool}$ (h)
1	15	1	15

Tableau [4] : Température intérieure de consigne pour le chauffage et température intérieure moyenne pour les calculs de chauffage, par fonction

Fonctions		$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ (°C)	$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ (°C)
Hébergement		19,0	
Bureaux		21,0	16,8
Enseignement		21,0	16,8
Soins de santé	Avec occ. nocturne	23,0	
	Sans occ. nocturne	23,0	19,5
	Salle d'opération	19,0	
Rassemblement	Occupation importante	21,0	18,2
	Faible occupation	21,0	18,2
	Cafétéria / Réfectoire	21,0	16,8
Cuisine		19,0	16,4
Commerce / Services		21,0	17,6
Installations sportives	Hall de sport / Gymnase	13,0	
	Fitness / Danse	21,0	18,0
	Sauna / Piscine	27,0	22,5
Locaux techniques		21,0	
Communs		21,0	Déterminée comme ci-dessous
Autre		21,0	16,8
Inconnue		21,0	18,2

Pour la fonction "communs" :

La température intérieure moyenne pour les calculs de chauffage d'une partie fonctionnelle ayant la fonction "communs", $\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ dépend des fonctions des parties fonctionnelles desservies et se détermine comme suit :

Eq. 13 $\theta_{i,heat,fct\ f,avg} = f_{pres,fct\ f} . 21 + (1 - f_{pres,fct\ f}) . 15$ (°C)

avec :

$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ la température intérieure moyenne pour les calculs de chauffage de la partie fonctionnelle f ayant la fonction "Communs", en °C ;

$f_{pres,fct\ f}$ la fraction d'occupation par semaine de la partie fonctionnelle "Communs", telle que déterminée au § 5.1, (-).

Tableau [5] : Plus courte et plus longue période de temps pendant laquelle la fonction est non occupée, par fonction

Fonctions		$t_{unocc,min,fct\ f}$ (h)	$t_{unocc,max,fct\ f}$ (h)
Hébergement		0	0
Bureaux		14	62
Enseignement		14	62
Soins de santé	Avec occ. nocturne	0	0
	Sans occ. nocturne	14	62
	Salle d'opération	0	0
Rassemblement	Occupation importante	9	33
	Faible occupation	9	33
	Cafétéria / Réfectoire	14	62
Cuisine		14	38
Commerce / Services		12	36
Installations sportives	Hall de sport / Gymnase	10	34
	Fitness / Danse	10	34
	Sauna / Piscine	10	34
Locaux techniques		0	0
Communs		Déterminés comme ci-dessous	
Autre		14	62
Inconnue		9	33

Pour la fonction "communs" :

- Le profil d'occupation d'une partie fonctionnelle "Communs" dépend des fonctions des parties fonctionnelles desservies (voir Tableau [2]).
- La plus courte et la plus longue période de temps pendant laquelle la partie fonctionnelle "Communs" est non occupée, $t_{unocc,min,fct\ f}$ et $t_{unocc,max,fct\ f}$, dépendent également des fonctions des parties fonctionnelles desservies. Pour déterminer ces paramètres, il faut calculer la plus courte et la plus longue période de temps, en h, pendant laquelle aucune des parties fonctionnelles desservies n'est occupée. La détermination de ces périodes de temps doit toujours se faire sans tenir compte de la présence d'une partie fonctionnelle ayant la fonction "Locaux techniques".

5.2.3 Refroidissement

5.2.3.1 Refroidissement continu

Les fonctions :

- hébergement ;
- soins de santé - avec occupation nocturne ;
- soins de santé – salle d'opération ;

ne connaissent pas d'intermittence du refroidissement (soit occupation 24h/24 et 7 jours sur 7, soit température intérieure constante).

Pour les parties fonctionnelles ayant l'une de ces fonctions et recourant au refroidissement actif, on a donc :

Eq. 263 $\Theta_{i,cool,fct\ f} = \Theta_{i,cool,fct\ f,avg} = \Theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ (°C)

Eq. 264 $a_{cool,int,fct\ f,m} = 1$ (-)

avec :

$\Theta_{i,cool,fct\ f}$ la température intérieure de calcul pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, utilisée au § 5.4 pour la détermination des déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation, en °C ;

$\Theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ la température intérieure moyenne pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au Tableau [44], en °C ;

$\Theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ la température intérieure de consigne pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au Tableau [44], en °C ;

$a_{cool,int,fct\ f,m}$ le facteur de réduction pour tenir compte de l'intermittence du refroidissement de la partie fonctionnelle f, pour le mois m, (-).

5.2.3.2 Refroidissement quasi-continu

5.2.3.2.1 Inertie faible

Pour les parties fonctionnelles qui ne sont pas couvertes par le § 5.2.3.1, le refroidissement intermittent est considéré comme du refroidissement continu si l'inertie de la partie fonctionnelle considérée est assez faible, c'est-à-dire si :

Eq. 265 $\tau_{cool,int,fct\ f} < 0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f}$ (h)

alors on a :

Eq. 266 $\Theta_{i,cool,fct\ f} = \Theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ (°C)

Eq. 267 $a_{cool,int,fct\ f,m} = 1$ (-)

avec :

$\tau_{cool,int,fct\ f}$ la constante de temps pour le calcul du niveau d'intermittence pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, déterminée comme indiqué ci-dessous, en h ;

$t_{unocc,min,fct\ f}$ la plus courte période pendant laquelle la partie fonctionnelle f n'est pas occupée, telle que reprise au Tableau [5], en h ;

$\theta_{i,cool,fct\ f}$ la température intérieure pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, utilisée au § 5.4 pour la détermination des déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation, en °C ;

$\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ la température intérieure moyenne pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, en °C, telle que reprise au Tableau [44] ;

$a_{cool,int,fct\ f,m}$ le facteur de réduction pour tenir compte de l'intermittence du refroidissement de la partie fonctionnelle f, pour le mois m, (-).

La constante de temps pour le calcul du niveau d'intermittence pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f est calculée comme suit :

Eq. 268 (h)

$$\tau_{cool,int,fct\ f,m} = \frac{C_{fct\ f}}{3,6 \cdot \left(H_{T,cool,fct\ f} + \left[\begin{array}{c} H_{V,hyg,cool,fct\ f,m} + H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} \\ + H_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} + H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} \\ + H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} + H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} \end{array} \right] \right)}$$

où :

$C_{fct\ f}$ la capacité thermique effective de la partie fonctionnelle f, déterminée selon le § 5.9, en kJ/K ;

$H_{T,cool,fct\ f}$ le coefficient de transfert thermique par transmission de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.5, en W/K ;

$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$ le coefficient de transfert thermique mensuel par ventilation hygiénique de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.2, en W/K ;

$H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$ le coefficient de transfert thermique mensuel par in/exfiltration de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.1, en W/K ;

$H_{V,add\ m,,day,cool,fct\ f,m}$ le coefficient de transfert thermique mensuel par ventilation additionnelle mécanique en journée de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.3, en W/K ;

$H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ le coefficient de transfert thermique mensuel par ventilation additionnelle mécanique pendant la nuit de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement déterminé selon le § 5.6.3.4, en W/K ;

$H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$ le coefficient de transfert thermique mensuel par ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre en journée de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.5, en W/K ;

$H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$ le coefficient de transfert thermique mensuel par ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre pendant la nuit de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.6, en W/K ;

5.2.3.2.2 Inertie importante

Pour les parties fonctionnelles qui ne sont pas couvertes par le § 5.2.3.1, le refroidissement intermittent est considéré comme du refroidissement continu si l'inertie de la partie fonctionnelle considérée est assez importante, c'est-à-dire si :

Eq. 269 $\tau_{cool,int,fct\ f} > 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f}$ (h)

alors on a :

Eq. 270 $\theta_{i,cool,fct\ f} = \theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ (°C)

Eq. 271 $a_{cool,int,fct\ f,m} = 1$

avec :

$\tau_{cool,int,fct\ f}$ la constante de temps pour le calcul du niveau d'intermittence pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, déterminée selon le § 5.2.3.2.1, en h ;

$t_{unocc,max,fct\ f}$ la plus longue période pendant laquelle la partie fonctionnelle f n'est pas occupée, telle que reprise au Tableau [5], en h ;

$\theta_{i,cool,fct\ f}$ la température intérieure pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, utilisée au § 5.4 pour la détermination des déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation, en °C ;

$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ la température intérieure de consigne pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au Tableau [44], en °C ;

$a_{cool,int,fct\ f,m}$ le facteur de réduction pour tenir compte de l'intermittence de la partie fonctionnelle f, pour le mois m, (-).

5.2.3.3Refroidissement intermittent

Pour les parties fonctionnelles qui ne sont pas couvertes par le § 5.2.3.1 et qui ont une inertie moyenne, c'est-à-dire qu'aucune des conditions des § 5.2.3.2.1 (Eq. 265) ou § 5.2.3.2.2 (Eq. 269) n'est remplie, on a :

Eq. 272 $\theta_{i,cool,fct\ f} = \theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ (°C)

et :

Eq. 273 $$a_{cool,int,fct\ f,m} = \max\left[f_{cool,fct\ f}; 1 - 3 \cdot \left(\frac{\tau_{0,cool}}{\tau_{cool,fct\ f}}\right) \cdot \lambda_{cool,fct\ f,m} \cdot \left(1 - f_{cool,fct\ f}\right)\right]$$ (-)

avec :

$\theta_{i,cool,fct\ f}$ la température intérieure pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, utilisée au § 5.4 pour la détermination des déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation, en °C ;

$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ la température intérieure de consigne pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au Tableau [44], en °C ;

$a_{cool,int,fct\ f,m}$ le facteur de réduction pour tenir compte de l'intermittence du refroidissement de la partie fonctionnelle f, pour le mois m, (-) ;

$f_{cool,fct\ f}$ la fraction du nombre de jours d'occupation par semaine pendant laquelle la partie fonctionnelle f est refroidie à la température de consigne (sans réduction). Cette fraction est égale au nombre de jours d'occupation par semaine selon l'affectation, repris au Tableau [2], divisé par 7, (-) ;

$\tau_{0,cool}$ une constante, reprise au Tableau [3], en h ;

$\tau_{cool,fct\ f}$ la constante de temps pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, déterminée selon le § 5.4, en h ;

$\lambda_{cool,fct\ f,m}$ le rapport mensuel déperdition-gain pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, déterminé selon le § 5.4, (-).

Tableau [44] : Température intérieure de consigne pour le refroidissement des espaces avec refroidissement actif et température intérieure moyenne pour les calculs de refroidissement des espaces avec refroidissement actif, par fonction

Fonctions		$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ (°C)	$\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ (°C)
Hébergement		25,0	
Bureaux		25,0	27,1
Enseignement		25,0	27,1
Soins de santé	Avec occ. nocturne	23,0	
	Sans occ. nocturne	23,0	25,1
	Salle d'opération	23,0	
Rassemblement	Occupation importante	25,0	26,4
	Faible occupation	25,0	26,4
	Cafétéria / Réfectoire	25,0	27,1
Cuisine		25,0	26,9
Commerce / Services		24,0	25,7
Installations sportives	Hall de sport / Gymnase	25,0	26,5
	Fitness / Danse	25,0	26,5
	Sauna / Piscine	Pas de calcul de refroidissement	
Locaux techniques		Pas de calcul de refroidissement	
Communs		25,0	Déterminée comme ci-dessous
Autre		25,0	27,1
Inconnue		25,0	26,4

Pour la fonction "communs" :

- La température intérieure moyenne pour les calculs de refroidissement d'une partie fonctionnelle ayant la fonction "communs", $\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ dépend des fonctions des parties fonctionnelles desservies et se détermine comme suit :

Eq. 274 $\theta_{i,cool,fct\ f,avg} = f_{pres,fct\ f} . 25 + (1 - f_{pres,fct\ f}) . 28$ (°C)

avec :

$\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ la température intérieure moyenne pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f ayant la fonction "Communs", en °C ;

$f_{pres,fct\ f}$ la fraction d'occupation par semaine de la partie fonctionnelle "Communs", telle que déterminée au § 5.1, (-).

- Le profil d'occupation d'une partie fonctionnelle "Communs" dépend des fonctions des parties fonctionnelles desservies (voir Tableau [2]).
- La plus courte et la plus longue période de temps pendant laquelle la partie fonctionnelle "Communs" est non occupée, $t_{unocc,min,fct\ f}$ et $t_{unocc,max,fct\ f}$, dépendent également des fonctions des parties fonctionnelles desservies. Pour déterminer ces paramètres, il faut calculer la plus courte et la plus longue période de temps, en h, pendant laquelle aucune des parties fonctionnelles desservies n'est occupée. La détermination de ces périodes de temps doit toujours se faire sans tenir compte de la présence d'une partie fonctionnelle ayant la fonction "Locaux techniques".

5.3 Besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage

On détermine les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage par secteur énergétique comme suit :

Eq. 378 $Q_{heat,net,sec\ i,m} = \sum_{f} Q_{heat,net,fct\ f,m}$ (MJ)

avec :

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ les besoins nets en énergie pour le chauffage, en tenant compte de l'intermittence, du secteur énergétique i, pour le mois m, en MJ ;

$Q_{heat,net,fct\ f,m}$ les besoins net en énergie pour le chauffage, en tenant compte de l'intermittence, de la partie fonctionnelle f, pour le mois m, déterminés comme mentionné ci-dessous, en MJ.

Il faut faire une sommation sur toutes les parties fonctionnelles f du secteur énergétique i.

Particularité de la fonction "Locaux techniques" : les besoins nets en énergie pour le chauffage tenant compte de l'intermittence des parties fonctionnelles ayant cette fonction, $Q_{heat,net,fct\ f,m}$, sont considérés être nuls durant toute l'année.

Particularité de la fonction "Enseignement" : les besoins nets en énergie pour le chauffage tenant compte de l'intermittence des parties fonctionnelles ayant cette fonction, $Q_{heat,net,fct\ f,m}$, sont considérés être nuls durant les mois de juillet et d'août.

Pour le calcul des besoins nets en énergie mensuels pour le chauffage, on détermine chaque fois par partie fonctionnelle les déperditions mensuelles totales par transmission et par ventilation à une température de calcul $\theta_{i,heat,fct\ f}$ (définie au § 5.2), ainsi que les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production de chaleur interne. On établit ensuite, toujours par partie fonctionnelle, le bilan énergétique mensuel à l'aide du taux d'utilisation des gains de chaleur.

On détermine le besoin mensuel net en énergie pour le chauffage, sans tenir compte de l'intermittence, par partie fonctionnelle comme suit :

Eq. 16 Si $\gamma_{heat,fct\ f,m}$ est supérieur ou égal à 2,5 ou inférieur à 0, on a :

$$Q_{heat,net,fct\ f,m} = 0 \quad \text{(MJ)}$$

Si $\gamma_{heat,fct\ f,m}$ est inférieur à 2,5 et supérieur ou égal à 0, on a :

$$Q_{heat,net,fct\ f,m} = Q_{L,heat,fct\ f,m} - \eta_{util,heat,fct\ f,m} \cdot Q_{g,heat,fct\ f,m} \quad \text{(MJ)}$$

avec :

Eq. 17 $$Q_{L,heat,fct\ f,m} = Q_{T,heat,fct\ f,m} + Q_{V,heat,fct\ f,m} \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 18 $$Q_{g,heat,fct\ f,m} = Q_{i,heat,fct\ f,m} + Q_{s,heat,fct\ f,m} \quad \text{(MJ)}$$

où :

$\gamma_{heat,fct\ f,m}$ le rapport mensuel gain-déperdition de la partie fonctionnelle f, comme déterminé ci-dessous, (-) ;

$Q_{heat,net,fct\ f,m}$ le besoin net en énergie pour le chauffage de la partie fonctionnelle f, en tenant compte de l'intermittence, pour le mois m, en MJ ;

$Q_{L,heat,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par transmission et ventilation de la partie fonctionnelle f pour le calcul du chauffage, en MJ ;

$\eta_{util,heat,fct\ f,m}$ le taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, tel que déterminé ci-après, (-) ;

$Q_{g,heat,fct\ f,m}$ les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production de chaleur interne de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, en MJ ;

$Q_{T,heat,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par transmission de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, tel que déterminé ci-après, en MJ ;

$Q_{V,heat,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, tel que déterminée ci-après, en MJ ;

$Q_{i,heat,fct\ f,m}$ la production de chaleur interne mensuelle de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, déterminée selon le § 5.7, en MJ ;

$Q_{s,heat,fct\ f,m}$ le gain de chaleur solaire mensuel de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, déterminé selon le § 5.8, en MJ.

et :

Eq. 19 $$Q_{T,heat,fct\ f,m} = H_{T,heat,fct\ f} \cdot (\theta_{i,heat,fct\ f} - \theta_{e,heat,m}) \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 20 $Q_{V,heat,fct\ f,m} = H_{V,heat,fct\ f} \cdot (\Theta_{i,heat,fct\ f} - \Theta_{e,heat,m}) \cdot t_m$ (MJ)

où :

$H_{T,heat,fct\ f}$ le coefficient de transfert thermique par transmission de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, déterminé selon le § 5.5, en W/K ;

$H_{V,heat,fct\ f}$ le coefficient de transfert thermique par ventilation de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, déterminé selon le § 5.6.2, en W/K ;

$\Theta_{i,heat,fct\ f}$ la température intérieure de calcul de la partie fonctionnelle f pour la détermination du besoin énergétique pour le chauffage, déterminée § 5.2, en °C ;

$\Theta_{e,heat,m}$ la température extérieure moyenne mensuelle, reprise au Tableau [1], en °C ;

t_m la durée du mois, reprise au Tableau [1], en Ms.

Le taux d'utilisation pour les gains de chaleur est déterminé par mois et par partie fonctionnelle à l'aide de la masse accessible à la chaleur et du rapport entre gain de chaleur et déperdition de chaleur. On calcule le taux d'utilisation pour le chauffage par partie fonctionnelle et par mois, $\eta_{util,heat,fct\ f,m}$, comme suit :

Eq. 21 si $\gamma_{heat,fct\ f,m} \neq 1$: $\eta_{util,heat,fct\ f,m} = \frac{1 - \left(\gamma_{heat,fct\ f,m}\right)^{a}}{1 - \left(\gamma_{heat,fct\ f,m}\right)^{a+1}}$ (-)

si $\gamma_{heat,fct\ f,m} = 1$: $\eta_{util,heat,fct\ f,m} = \frac{a}{a+1}$ (-)

où le rapport mensuel gain-déperdition par partie fonctionnelle et par mois, $\gamma_{heat,fct\ f,m}$, est défini comme :

Eq. 22 $\gamma_{heat,fct\ f,m} = \frac{Q_{g,heat,fct\ f,m}}{Q_{L,heat,fct\ f,m}}$ (-)

où, si $Q_{L,heat,fct\ f,m}$ est nulle, $\gamma_{heat,fct\ f,m}$ n'est pas calculé et la valeur de $Q_{heat,net,fct\ f,m}$ est fixée à 0.

et où le paramètre numérique a relatif à la partie fonctionnelle f est donné par :

Eq. 23 $a = a_{0,heat} + \frac{\tau_{heat,fct\ f}}{\tau_{0,heat}}$ (-)

avec, comme constante de temps pour le chauffage de la partie fonctionnelle f, $\tau_{heat,fct\ f}$, en h :

Eq. 24 $\tau_{heat,fct\ f} = \frac{C_{fct\ f}}{3,6 \cdot \left(H_{T,heat,fct\ f} + H_{V,heat,fct\ f}\right)}$ (h)

où :

$a_{0,heat}$ une constante, reprise au Tableau [3], (-) ;

$\tau_{0,heat}$ une constante, reprise au Tableau [3], en h ;

$C_{fct\ f}$ la capacité thermique effective de la partie fonctionnelle f, déterminée selon le § 5.9, en kJ/K ;

$H_{T,heat,fct\ f}$ le coefficient de transfert thermique par transmission de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, déterminé selon le § 5.5, en kJ/K ;

$H_{V,heat,fct\ f}$ le coefficient de transfert thermique par ventilation de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, déterminé selon le § 5.6.2, en kJ/K.

5.4 Besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement

Pour le refroidissement, les besoins mensuels nets en énergie doivent également être déterminés par partie fonctionnelle. On effectue ensuite une sommation sur toutes les parties fonctionnelles dont se compose le secteur énergétique i considéré. Ces besoins mensuels nets en énergie sont toujours calculés, même si l'on n'installe pas de refroidissement actif.

On détermine les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement par secteur énergétique comme suit :

Eq. 25 $$Q_{cool,net,sec\ i,m} = \sum_{f} Q_{cool,net,fct\ f,m} \quad \text{(MJ)}$$

avec :

$Q_{cool,net,sec\ i,m}$ les besoins nets en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, pour le mois m, en MJ ;

$Q_{cool,net,fct\ f,m}$ les besoins nets en énergie pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, pour le mois m, comme déterminés ci-dessous, en MJ.

Il faut faire une sommation sur toutes les parties fonctionnelles f du secteur énergétique i.

Particularité de la fonction "Sauna/Piscine" et "Locaux techniques" : les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement des parties fonctionnelles ayant l'une de ces fonctions, $Q_{cool,net,fct\ f,m}$, sont considérés être nuls durant toute l'année.

Particularité de la fonction "Enseignement" : les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement des parties fonctionnelles ayant cette fonction, $Q_{cool,net,fct\ f,m}$, sont considérés être nuls durant les mois de juillet et d'août.

On détermine les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement par partie fonctionnelle comme suit :

Eq. 275 Si $\lambda_{cool,fct\ f,m}$ est supérieur ou égal à 2,5, on a :

$$Q_{cool,net,fct\ f,m} = 0 \quad \text{(MJ)}$$

Si $\lambda_{cool,fct\ f,m}$ est inférieur à 2,5, on a :

$$Q_{cool,net,fct\ f,m} = a_{cool,int,fct\ f,m} \cdot \left(Q_{g,cool,fct\ f,m} - \eta_{util,cool,fct\ f,m} \cdot Q_{L,cool,fct\ f,m}\right) \quad \text{(MJ)}$$

avec :

Eq. 27 $Q_{g,cool,fct\ f,m} = Q_{i,cool,fct\ f,m} + Q_{s,cool,fct\ f,m}$ (MJ)

Eq. 28 $Q_{L,cool,fct\ f,m} = Q_{T,cool,fct\ f,m} + Q_{V,cool,fct\ f,m}$ (MJ)

où :

$\lambda_{cool,fct\ f,m}$ le rapport mensuel déperdition-gain de la partie fonctionnelle f , comme déterminé ci-dessous, (-) ;

$Q_{cool,net,fct\ f,m}$ le besoin mensuel net en énergie pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, en MJ ;

$a_{cool,int,fct\ f,m}$ le facteur de réduction pour tenir compte de l'intermittence du refroidissement de la partie fonctionnelle f, pour le mois m, déterminé selon le § 5.2, (-) ;

$Q_{g,cool,fct\ f,m}$ les gains de chaleur mensuels de la partie fonctionnelle f par ensoleillement et production de chaleur interne pour les calculs de refroidissement, en MJ ;

$\eta_{util,cool,fct\ f,m}$ le taux d'utilisation mensuel pour les déperditions de chaleur de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que déterminé ci-après, (-) ;

$Q_{L,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par transmission et ventilation de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, en MJ ;

$Q_{T,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par transmission de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que déterminée ci-après, en MJ ;

$Q_{V,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que déterminée ci-après, en MJ ;

$Q_{i,cool,fct\ f,m}$ la production de chaleur interne mensuelle de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminée selon le § 5.7, en MJ ;

$Q_{s,cool,fct\ f,m}$ le gain de chaleur solaire mensuel de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.8, en MJ.

et :

Eq. 276 $Q_{T,cool,fct\ f,m} = H_{T,cool,fct\ f} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,cool,m}\right) \cdot t_m$ (MJ)

Eq. 277
$$Q_{V,cool,fct\ f,m} = Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} + Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$$ (MJ)

Eq. 278
$$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,hyg,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,V,cool,hyg,m}\right)\right] \cdot t_m$$ (MJ)

$$Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,cool,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 279

$$Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,add,cool,day,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 280

$$Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,add,cool,night,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 281

$$Q_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,add,cool,day,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 282

$$Q_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,add,cool,night,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 283

où :

$H_{T,cool,fct\ f}$ le coefficient de transfert thermique par transmission de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminée selon le § 5.5, en W/K ;

$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$ le coefficient de transfert thermique mensuel par ventilation hygiénique de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.2, en W/K ;

$\theta_{i,cool,fct\ f,m}$ la température intérieure mensuelle de calcul de la partie fonctionnelle f pour la détermination du besoin en énergie pour le refroidissement, telle que déterminée ci-dessous, (-) ;

$\theta_{e,cool,m}$ la température extérieure moyenne mensuelle pour les calculs de refroidissement, reprise au Tableau [1] , en °C ;

$\theta_{e,V,cool,hyg,m}$ la valeur de calcul conventionnelle pour la température de l'air neuf pour la ventilation hygiénique pour les calculs de refroidissement, valant respectivement $\theta_{e,V,cool,m}$, $\theta_{e,V,cool,day,m}$ ou $\theta_{e,V,cool,night,m}$ selon que la partie fonctionnelle f présente une occupation permanente, diurne ou nocturne (voir Tableau [2]). Ces valeurs sont définies au Tableau [45] en fonction du type de système de ventilation ;

$H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$ le coefficient de transfert thermique mensuel par in/exfiltration de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.1, en W/K ;

$H_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ le coefficient de transfert thermique mensuel par ventilation additionnelle mécanique en journée de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.3, en W/K ;

$\theta_{e,add,cool,day,m}$ la valeur de calcul conventionnelle pour la température de l'air neuf pour la ventilation additionnelle (mécanique) en journée pour les calculs de refroidissement, reprise au Tableau [45], en °C ;

$H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ le coefficient de transfert thermique mensuel par ventilation additionnelle mécanique pendant la nuit de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement déterminé selon le § 5.6.3.4, en W/K ;

$\theta_{e,add,cool,night,m}$ la valeur de calcul conventionnelle pour la température de l'air neuf pour la ventilation additionnelle (mécanique) pendant la nuit pour les calculs de refroidissement, reprise au Tableau [45], en °C ;

$H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$ le coefficient de transfert thermique mensuel par ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre en journée de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.5, en W/K ;

$\theta_{e,add,cool,day,m}$ la valeur de calcul conventionnelle pour la température de l'air neuf pour la ventilation additionnelle (par ouverture de fenêtre) en journée pour les calculs de refroidissement, reprise au Tableau [45] (colonne (3)) , en °C ;

$H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$ le coefficient de transfert thermique mensuel par ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre pendant la nuit de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.6, en W/K ;

$\theta_{e,add,cool,night,m}$ la valeur de calcul conventionnelle pour la température de l'air neuf pour la ventilation additionnelle (par ouverture de fenêtre) pendant la nuit pour les calculs de refroidissement, reprise au Tableau [45] (colonne (5)) , en °C ;

t_m la durée du mois reprise au Tableau [1], en Ms.

Tableau [45] : Valeurs de calculs de la température de l'air neuf pour la ventilation hygiénique et pour la ventilation additionnelle pour les calculs de refroidissement

	$\theta_{e,V,cool,m}$ (°C)		$\theta_{e,V,cool,day,m}$ et $\theta_{e,add,cool,day,m}$ (°C)		$\theta_{e,V,cool,night,m}$ et $\theta_{e,add,cool,night,m}$ (°C)	
Mois	**(1)**	**(2)**	**(3)**	**(4)**	**(5)**	**(6)**
Janvier	3,9	16,0	4,2	16,0	3,4	16,0
Février	4,8	16,0	5,3	16,0	4,0	16,0
Mars	6,1	16,0	7,0	16,0	4,7	16,0
Avril	9,8	16,0	11,2	16,0	7,8	16,0
Mai	13,8	16,0	15,4	16,0	11,2	16,0
Juin	17,1	17,1	18,8	18,8	14,4	16,0
Juillet	17,8	17,8	19,3	19,3	15,4	16,0
Août	18,1	18,1	19,7	19,7	15,6	16,0
Septembre	16,3	16,3	17,5	17,4	14,6	16,0
Octobre	11,9	16,0	12,8	16,0	10,6	16,0
Novembre	6,7	16,0	7,2	16,0	6,0	16,0
Décembre	3,5	16,0	3,8	16,0	3,1	16,0

- Les colonnes (1), (3) et (5) s'appliquent en présence d'un système de ventilation naturelle ou d'un système de ventilation mécanique simple flux par extraction.
- Les colonnes (2), (4) et (6) s'appliquent en présence d'un système de ventilation simple flux par insufflation ou d'un système de ventilation mécanique double flux.
- Les colonnes (3) et (5) s'appliquent en cas de ventilation additionnelle par ouverture des fenêtres.

La température intérieure mensuelle de calcul pour la détermination du besoin en énergie pour le refroidissement, pour les fonctions hébergement, bureaux et enseignement qui ne sont pas équipées de refroidissement actif, est reprise au Tableau [46]. Dans les autres cas cette température est déterminée par :

Eq. 284 $\Theta_{i,cool,fct\ f,m} = \Theta_{i,cool,fct\ f}$ (°C)

où :

$\theta_{i,cool,fct\ f}$ la température intérieure de calcul de la partie fonctionnelle f pour la détermination du besoin en énergie pour le refroidissement actif, déterminée selon le § 5.2, en °C.

Tableau [46] : Valeurs de calcul de la température intérieure mensuelle de calcul pour la détermination du besoin en énergie pour les fonctions hébergement, bureaux et enseignement qui ne sont pas équipées de refroidissement actif

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
$\theta_{i,cool,fct\ f,m}$ (°C)	25,0	25,0	25,0	25,0	25,2	26,1	26,6	26,6	25,8	25,0	25,0	25,0

Le taux d'utilisation pour les déperditions de chaleur est déterminé par mois et par partie fonctionnelle à l'aide de la masse accessible à la chaleur et du rapport entre déperdition de chaleur et gain de chaleur.

On calcule le taux d'utilisation pour le refroidissement par partie fonctionnelle et par mois, $\eta_{util,cool,fct\ f,m}$, comme suit :

Eq. 285 Si $\lambda_{cool,fct\ f,m} \geq 0$ et $\lambda_{cool,fct\ f,m} \neq 1$:

$$\eta_{util,cool,fct\ f,m} = \frac{1-\left(\lambda_{cool,fct\ f,m}\right)^{b_m}}{1-\left(\lambda_{cool,fct\ f,m}\right)^{b_m+1}} \quad (-)$$

Si $\lambda_{cool,fct\ f,m} = 1$: $\eta_{util,cool,fct\ f,m} = \frac{b_m}{b_m+1}$ (-)

Si $\lambda_{cool,fct\ f,m} < 0$: $\eta_{util,cool,fct\ f,m} = 1$ (-)

où le rapport mensuel déperdition-gain par partie fonctionnelle, $\lambda_{cool,fct\ f,m}$, est défini comme suit :

Eq. 32 $\lambda_{cool,fct\ f,m} = \frac{Q_{L,cool,fct\ f,m}}{Q_{g,cool,fct\ f,m}}$ (-)

et où le paramètre numérique b_m relatif à la partie fonctionnelle f est donné par :

Eq. 33 $b_m = b_{0,cool} + \frac{\tau_{cool,fct\ f,m}}{\tau_{0,cool}}$ (-)

avec, comme constante de temps mensuelle pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, $\tau_{cool,fct\ f,m}$:

$$\tau_{cool,fct\ f,m} = \frac{C_{fct\ f}}{3,6 \cdot \left(H_{T,cool,fct\ f} + H_{V,cool,fct\ f,m}\right)}$$

Eq. 286 (h)

où :

$b_{0,cool}$ une constante, reprise au Tableau [3], (-) ;

$\tau_{0,cool}$ une constante, reprise au Tableau [3], en h ;

$C_{fct\ f}$ la capacité thermique effective de la partie fonctionnelle f, déterminée selon le § 5.9, en kJ/K ;

$H_{T,cool,fct\ f}$ le coefficient de transfert thermique par transmission de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.5, en W/K ;

$H_{V,cool,fct\ f,m}$ le coefficient mensuel de transfert thermique par ventilation hygiénique, in/exfiltration et par ventilation additionnelle mécanique ou par ouverture de fenêtre de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement déterminé ci-dessous, en W/K.

et :

$$H_{V,cool,fct\ f,m} = \frac{Q_{V,cool,fctf,m}}{\left(\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint} - \theta_{e,cool,m}\right) \cdot t_m}$$

Eq. 287 (MJ)

où :

$Q_{V,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que déterminée ci-avant, en MJ ;

$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ la température intérieure de consigne pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au Tableau [44], en °C ;

$\theta_{e,cool,m}$ la température extérieure moyenne mensuelle pour les calculs de refroidissement, reprise au Tableau [1] , en °C ;

t_m la durée du mois reprise au Tableau [1], en Ms.

5.5 Coefficients de transfert thermique par transmission par partie fonctionnelle

On détermine les coefficients de transfert thermique par transmission de la partie fonctionnelle f, $H_{T,heat,fct\ f}$ et $H_{T,cool,fct\ f}$ respectivement selon les § 7 et § 8 de l'annexe A.1 au présent arrêté, en transposant le fait que le calcul énergétique s'effectue au niveau de la partie fonctionnelle f et pas au niveau du secteur énergétique i.

Les parois en contact avec les espaces adjacents chauffés (autres parties fonctionnelles, autres secteurs énergétiques, parties du volume protégé hors unité PEB, bâtiments chauffés mitoyens, etc.) ne sont pas prises en compte.

5.6 Coefficients de transfert thermique par ventilation par partie fonctionnelle

5.6.1 Principe

La réglementation (voir annexe C.3 au présent arrêté) impose des débits de ventilation de conception minimaux par espace. Des débits de ventilation de conception plus élevés sont toujours autorisés. L'équipe de construction doit les établir clairement pour chaque espace. On distingue 4 sortes de systèmes de ventilation :

- ventilation naturelle ;
- ventilation mécanique simple flux par insufflation ;
- ventilation mécanique simple flux par extraction ;
- ventilation mécanique double flux.

Dans la suite du texte, les 3 dernières catégories sont définies collectivement comme ventilation mécanique.

En raison des règles qui régissent la délimitation des secteurs énergétiques et des parties fonctionnelles (voir § 3.2), il ne peut y avoir qu'une seule sorte de système de ventilation dans une même partie fonctionnelle.

5.6.2 Coefficient de transfert thermique par ventilation pour les calculs de chauffage par partie fonctionnelle

On détermine le coefficient de transfert thermique par ventilation, pour les calculs de chauffage, par partie fonctionnelle, comme suit :

Eq. 35 $$H_{V,heat,fct\ f} = H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f} + H_{V,hyg,heat,fct\ f} \quad (W/K)$$

où :

$H_{V,heat,fct\ f}$ le coefficient de transfert thermique par ventilation pour les calculs de chauffage de la partie fonctionnelle f, en W/K ;

$H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f}$ le coefficient de transfert thermique par in/exfiltration pour les calculs de chauffage de la partie fonctionnelle f, déterminé selon le § 5.6.2.1, en W/K ;

$H_{V,hyg,heat,fct\ f}$ le coefficient de transfert thermique par ventilation hygiénique de la partie fonctionnelle f, déterminé selon le § 5.6.2.2, en W/K.

5.6.2.1 Coefficient de transfert thermique par in/exfiltration pour les calculs de chauffage par partie fonctionnelle

On détermine le coefficient de transfert thermique par in/exfiltration pour les calculs de chauffage par partie fonctionnelle comme suit :

Eq. 36 $$H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f} = 0,34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,heat,fct\ f} \quad (W/K)$$

Eq. 37 $$\dot{V}_{in/exfilt,heat,fct\ f} = 0,04 \cdot \dot{v}_{50,heat} \cdot A_{T,E,fct\ f} \quad (m^3/h)$$

où :

$H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f}$ le coefficient de transfert thermique par in/exfiltrationde la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, en W/K ;

$\dot{V}_{in/exfilt,heat,fct\ f}$ le débit moyen d'in/exfiltration à travers l'enveloppe non étanche du bâtiment dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, en m^3/h ;

$\dot{v}_{50,heat}$ le débit de fuite à 50 Pa par unité de surface pour les calculs de chauffage, tel que déterminé ci-après, en $m^3/(h.m^2)$;

$A_{T,E,fct\ f}$ la surface totale de toutes les parois qui enveloppent la partie fonctionnelle f et à travers lesquelles les pertes par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique[2] (voir également le § 5.5), en m^2.

Si une mesure de débit d'air de l'ensemble de l'unité PEN (ou, le cas échéant, d'une partie plus grande du volume protégé) est présentée, le débit de fuite à 50 Pa par unité de surface pour les calculs de chauffage, $\dot{v}_{50,heat}$, est de :

Eq. 38 $$\dot{v}_{50,heat} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_{test}} \quad (m^3/(h.m^2))$$

avec :

A_{test} la surface totale (sur base des dimensions extérieures) des parois qui enveloppent le volume mesuré lors de l'essai d'étanchéité à l'air, à l'exception des parois contiguës à des espaces chauffés, en m^2 ;

$\dot{V}_{50}$ le débit de fuite à 50 Pa de l'enveloppe extérieure, en m^3/h, déduit de la mesure de l'étanchéité à l'air conforme à la méthode A de la norme NBN EN 13829 et aux spécifications complémentaires déterminées par le Ministre.

Sinon, la valeur par défaut suivante est d'application pour $\dot{V}_{50}$: 12 $m^3/(h.m^2)$.

5.6.2.2 Coefficient de transfert thermique par ventilation hygiénique pour les calculs de chauffage par partie fonctionnelle

On détermine le coefficient de transfert thermique par ventilation hygiénique pour les calculs de chauffage par partie fonctionnelle comme suit :

Eq. 39 $$H_{V,hyg,heat,fct\ f} = 0,34 \cdot f_{reduc,vent,heat,fct\ f} \cdot r_{preh,heat,fct\ f} \cdot f_{vent,heat,fct\ f} \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f} \quad (W/K)$$

où :

$H_{V,hyg,heat,fct\ f}$ le coefficient de transfert thermique par ventilation hygiéniquede la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage , en W/K ;

[2] Par conséquent, seules les constructions qui constituent la séparation entre la partie fonctionnelle f et des espaces contigus chauffés ne sont pas prises en considération dans la détermination de $A_{T,E,fct\ f}$.

$f_{reduc,vent,heat,fct\ f}$ un facteur de réduction pour la ventilation dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage. La valeur par défaut de $f_{reduc,vent,heat,fct\ f}$ est 1 ; des valeurs plus favorables sont à déterminer selon des règles déterminées par le Ministre, (-) ;

$r_{preh,heat,fct\ f}$ un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage sur le besoin net en énergie de chauffage dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage et déterminé selon le § 5.6.4, (-) ;

$f_{vent,heat,fct\ f}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, tel que repris au Tableau [7], (-) ;

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique dans la partie fonctionnelle, en m^3/h.

Si le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique dans un espace est inférieur à la valeur minimale telle que définie par l'annexe C.3 au présent arrêté, on calcule H_V avec le débit minimal exigé. Cette règle n'est toutefois pas d'application pour les espaces spéciaux visés au § 6.4 de l'annexe C.3 au présent arrêté.

5.6.3 Coefficients de transfert thermique par ventilation pour les calculs de refroidissement par partie fonctionnelle

Pour la détermination des besoins en refroidissement, on fait la distinction entre l'in/exfiltration, la ventilation hygiénique, et d'éventuelles stratégies de ventilation additionnelle mécanique en journée ou pendant la nuit, et de ventilation additionnelle par ouverture des fenêtres en journée ou pendant la nuit.

5.6.3.1 Coefficient mensuel de transfert thermique par in/exfiltration pour les calculs de refroidissement par partie fonctionnelle

On détermine le coefficient de transfert thermique par in/exfiltration pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f comme suit :

Eq. 41 $$H_{V,in/exfilt,cool,fct\ f} = 0,34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,cool,fct\ f} \quad (W/K)$$

Eq. 42 $$\dot{V}_{in/exfilt,cool,fct\ f} = 0,04 \cdot \dot{v}_{50,cool} \cdot A_{T,E,fct\ f} \quad (m^3/h)$$

où :

$H_{V,in/exfilt,cool,fct\ f}$ le coefficient de transfert thermique par in/exfiltration pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, en W/K ;

$\dot{V}_{in/exfilt,cool,fct\ f}$ le débit moyen d'in/exfiltration à travers l'enveloppe non étanche du bâtiment pour les calculs de refroidissement dans la partie fonctionnelle f, en m^3/h ;

$\dot{v}_{50,cool}$ le débit de fuite à 50 Pa par unité de surface pour les calculs de refroidissement, tel que déterminé ci-après, en $m^3/(h.m^2)$;

$A_{T,E,fct\ f}$ la surface totale de toutes les parois qui enveloppent la partie fonctionnelle f et à travers lesquelles les pertes par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique[3] (voir également § 5.5), en m².

Si une mesure de débit d'air de l'ensemble de l'unité PEN (ou, le cas échéant, d'une partie plus grande du volume protégé) est présentée, le débit de fuite à 50 Pa par unité de surface pour les calculs de refroidissement, $\dot{v}_{50,cool}$:

Eq. 43 $\dot{v}_{50,cool} = \dot{v}_{50,heat}$ (m³/(h.m²))

où :

$\dot{v}_{50,heat}$ le débit de fuite à 50 Pa par unité de surface pour les calculs de chauffage, tel que déterminé au § 5.6.2.1, en m³/(h.m²).

Sinon, la valeur par défaut suivante est d'application pour $\dot{v}_{50}$: 0 m³/(h.m²).

5.6.3.2 Coefficient mensuel de transfert thermique par ventilation hygiénique pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f

On détermine le coefficient mensuel de transfert thermique par ventilation hygiénique pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f comme suit :

Eq. 44
$$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m} = 0,34 \cdot f_{reduc,vent,cool,fct\ f} \cdot r_{preh,cool,fct\ f} \cdot r_{precool,fct\ f,m} \cdot f_{vent,cool,fct\ f} \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f}$$ (W/K)

où :

$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$ le coefficient mensuel de transfert thermique par ventilation hygiénique pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, en W/K ;

$f_{reduc,vent,cool,fct\ f}$ un facteur de réduction pour la ventilation dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement. La valeur par défaut de $f_{reduc,vent,cool,fct\ f}$ est 1 ; des valeurs plus favorables sont à déterminer selon les règles déterminées par le Ministre, (-) ;

$r_{preh,cool,fct\ f}$ un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage sur le besoin net en énergie pour le refroidissement dans la partie fonctionnelle f,déterminé selon le § 5.6.4, (-) ;

$r_{precool,fct\ f,m}$ un facteur multiplicateur mensuel pour l'effet du prérefroidissement de l'air de ventilation dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon l'Annexe B de la présente annexe, (-) ;

$f_{vent,cool,fct\ f}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que repris au Tableau [7], (-) ;

[3] Par conséquent, seules les constructions qui constituent la séparation entre la fonction f et des espaces contigus chauffés ne sont pas prises en considération dans la détermination de $A_{T,E,fct\ f}$.

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique dans la partie fonctionnelle f, en m^3/h, déterminé selon les principes spécifiés au § 5.6.2.2.

5.6.3.3Coefficient mensuel de transfert thermique par ventilation additionnelle mécanique en journée

S'il y a lieu, on détermine le coefficient de transfert thermique par ventilation additionnelle mécanique en journée pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, $H_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$, comme suit :

$$H_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} = 0,34 \cdot r_{preh,cool,fct\ f} \cdot r_{precool,fct\ f,m} \cdot b_{V,add\ m,day,cool,fctf,m} \cdot f_{V,add\ m,day,cool,fctf,m} \cdot (\dot{V}_{add,fct\ f} - \dot{V}_{hyg,fct\ f} \cdot f_{reduc,vent,cool,fct\ f}) \quad \text{(W/K)}$$

Eq. 288

où :

$r_{preh,cool,fct\ f}$ un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage sur le besoin net en énergie pour le refroidissement dans la partie fonctionnelle f considérée et déterminé selon le § 5.6.4, (-) ;

$r_{precool,fct\ f,m}$ un facteur multiplicateur mensuel pour l'effet du prérefroidissement de l'air de ventilation pour les calculs de refroidissement dans la partie fonctionnelle f considérée et déterminé selon l'annexe B, (-) ;

$b_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ un facteur de correction de la température déterminé selon le § 0 ;

$f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation additionnelle mécanique en journée est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.3.2, (-) ;

$\dot{V}_{add\ m,fct\ f}$ le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation additionnelle mécanique dans la partie fonctionnelle f, en m^3/h. La valeur par défaut est égale au débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique. D'autres valeurs peuvent être considérées sur base de rapports de mesures conformes aux spécifications définies par le Ministre ;

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique dans la partie fonctionnelle f, en m^3/h.

$f_{reduc,vent,cool,fct\ f}$ un facteur de réduction de la ventilation pour les calculs de refroidissement dans la partie fonctionnelle f considérée. La valeur par défaut de $f_{reduc,vent,cool,fct\ f}$ est 1 ; des valeurs plus favorables sont à déterminer selon les règles spécifiées par le Ministre, (-) ;

Il y a lieu de ne considérer le calcul du coefficient de transfert thermique par ventilation additionnelle mécanique en journée que dans les parties fonctionnelles équipées de systèmes de ventilation mécanique simple flux par insufflation, de ventilation mécanique simple flux par extraction ou de ventilation mécanique double flux.

5.6.3.3.1 Facteur de correction de la température

Dans les parties fonctionnelles de type "bureaux" et "enseignement", le facteur de correction de la température pour le calcul du coefficient de transfert thermique par ventilation additionnelle mécanique en journée pour les calculs de refroidissement, $b_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$, est déterminé comme suit :

Eq. 289
$$b_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} = -0,3 \cdot \lambda'_{cool,day,fctf,m} + 1 \quad (-)$$

avec :

Eq. 290
$$\lambda'_{cool,fct\ f,m} = \frac{Q_{T,cool,fct\ f,m} + Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} + Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}}{Q_{g,cool,fct\ f,m}} \quad (-)$$

où :

$\lambda'_{cool,fct\ f,m}$ le rapport mensuel déperdition-gain par partie fonctionnelle en ne considérant pas les ventilations additionnelles, (-) ;

$Q_{T,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par transmission de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que déterminée au § 5.4, en MJ ;

$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation hygiénique de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ ;

$Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par in/exfiltration de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ ;

$Q_{g,cool,fct\ f,m}$ le gain de chaleur mensuel de la partie fonctionnelle f par ensoleillement et production de chaleur interne pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ.

Dans les autres parties fonctionnelles, le facteur de correction de la température $b_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ vaut 0.

5.6.3.3.2 Fraction du temps conventionnelle

Dans les parties fonctionnelles de type "bureaux" et "enseignement", la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation additionnelle mécanique en en journée est en service pour les calculs de refroidissement, $f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$, est déterminée comme suit :

Eq. 291
$$f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} = \min\left\{f_{vent,cool,fctf};0,5 \cdot e^{-1,25 \cdot \lambda'_{cool,day,fctf,m}}\right\} \quad (-)$$

où :

$f_{vent,cool,fct\ f}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que repris au Tableau [7], (-) ;

$\lambda'_{cool,day,fct\ f,m}$ le rapport mensuel déperdition-gain par partie fonctionnelle en ne considérant pas les ventilations additionnelles, déterminé selon le § 0, (-) ;

En l'absence d'un système de ventilation additionnelle mécanique en journée, la fraction du temps conventionnelle $f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ vaut 0.

Dans les autres parties fonctionnelles, la fraction du temps conventionnelle $f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ vaut 0.

5.6.3.4 Coefficient mensuel de transfert thermique par ventilation additionnelle mécanique pendant la nuit

S'il y a lieu, on détermine le coefficient de transfert thermique par ventilation additionnelle mécanique pendant la nuit pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, $H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$, comme suit :

$$H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} = 0,34 \cdot r_{preh,cool,fct\ f} \cdot c_{V,add\ m,night,cool,fctf} \cdot f_{V,add\ m,night,cool,fctf,m} \cdot \dot{V}_{add\ m,fct\ f} \quad \text{(W/K)}$$

Eq. 292

où :

$r_{preh,cool,fct\ f}$ un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage sur le besoin net en énergie pour le refroidissement dans la partie fonctionnelle f considérée et déterminé selon le § 5.6.4, (-) ;

$c_{V,add\ m,night,cool,fct\ f}$ un facteur de correction pour tenir compte des effets dynamiques :

- plancher surélevé avec D_J ≤180 kJ/(m².K) ou faux plafond fermé : $C_{V,add\ m,night,cool,fctf} = 0,7$;
- autrement : $C_{V,add\ m,night,cool,fctf} = 1$, (-) ;

$f_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation additionnelle mécanique pendant la nuit est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.4.1, (-) ;

$\dot{V}_{add\ m,fct\ f}$ le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation additionnelle mécanique dans la partie fonctionnelle f, en m³/h. La valeur par défaut est égale au débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique. D'autres valeurs peuvent être considérées sur base de rapports de mesures conformes aux spécifications définies par le Ministre.

Il y a lieu de ne considérer le calcul du coefficient de transfert thermique par ventilation additionnelle mécanique pendant la nuit que dans les parties fonctionnelles équipées de systèmes de ventilation mécanique simple flux par insufflation, de ventilation mécanique simple flux par extraction ou de ventilation mécanique double flux.

5.6.3.4.1 Fraction du temps conventionnelle

Dans les parties fonctionnelles de type "bureaux" et "enseignement", la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation additionnelle mécanique pendant la nuit est en service pour les calculs de refroidissement, $f_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$, est déterminée comme suit :

$$f_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} = \min\left\{1 - f_{vent,cool,fctf};0,4 \cdot e^{-3 \cdot \lambda''_{cool,fctf,m}}\right\} \quad \text{(-)}$$

Eq. 293

avec :

$$\lambda''_{cool,fct\ f,m} = \frac{\left(\begin{array}{c} Q_{T,cool,fct\ f,m} + Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} \\ + Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add,day,cool,fct\ f,m} \end{array}\right)}{Q_{g,cool,fct\ f,m}}$$

Eq. 294 (-)

où :

$f_{vent,cool,fct\ f}$	la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que repris au Tableau [7], (-) ;
$\lambda''_{cool,fct\ f,m}$	le rapport mensuel déperdition-gain par partie fonctionnelle en ne considérant que les pertes par transmission et les pertes par ventilation liées aux in/exfiltration, à la ventilation hygiénique et à la ventilation additionnelle mécanique en journée, (-) ;
$Q_{T,cool,fct\ f,m}$	la déperdition de chaleur mensuelle par transmission de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que déterminée au § 5.4, en MJ ;
$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$	la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation hygiénique de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ ;
$Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$	la déperdition de chaleur mensuelle par in/exfiltration de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ ;
$Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$	la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation additionnelle mécanique en journée de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ ;
$Q_{g,cool,fct\ f,m}$	le gain de chaleur mensuel de la partie fonctionnelle f par ensoleillement et production de chaleur interne pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ.

En l'absence d'un système de ventilation additionnelle mécanique pendant la nuit, la fraction du temps conventionnelle vaut 0.

Dans les autres parties fonctionnelles, la fraction du temps conventionnelle vaut 0.

5.6.3.5 Coefficient mensuel de transfert thermique par ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre en journée

S'il y a lieu, on détermine le coefficient de transfert thermique par ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre en journée pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, $H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$, comme suit :

$$H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} = \max\left\{0; \left(\begin{array}{c} 0,34 \cdot b_{V,add\ w,day,cool,fctf} \cdot f_{V,add\ w,day,cool,fctf,m} \cdot \dot{V}_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} \\ - f_{V,add\ w,day,cool,fctf,m} \cdot H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} \end{array}\right)\right\}$$

Eq. 295 (W/K)

où :

$b_{V,add\ w,day,cool,fct\ f}$ un facteur de correction de la température, valant 0,5, (-) ;

$f_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre en journée est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.5.1, (-) ;

$\dot{V}_{V,add\ w,cool,day,fct\ f,m}$ le débit d'air moyen induit par l'ouverture des fenêtres en journée, déterminé selon le § 5.6.3.5.2, (en m^3/h) ;

$H_{V,in/exfilt,cool,fct\ f,m}$ le coefficient de transfert thermique par in/exfiltration pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, déterminé selon le § 5.6.3.1, en W/K.

Il y a lieu de ne considérer le calcul du coefficient de transfert thermique par ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre en journée que dans les parties fonctionnelles combinant trois conditions : il s'agit d'une fonction "bureau" ou "enseignement" ; il n'y est pas prévu de refroidissement actif ; la ventilation hygiénique y est assurée par un système de ventilation avec pulsion et extraction mécanique équilibrées dans chaque espace de type bureau, salle de réunion ou salle de classe de la partie fonctionnelle.

5.6.3.5.1 Fraction du temps conventionnelle

Dans les parties fonctionnelles de type "bureaux" et "enseignement", la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre en journée est en service pour les calculs de refroidissement, $f_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$, est déterminée, dans le cas d'une gestion manuelle par l'occupant, comme suit :

Eq. 296
$$f_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} = \min\left\{f_{vent,cool,fctf};0,5 \cdot e^{-3\cdot\lambda'''_{cool,fctf,m}}\right\} \quad (-)$$

avec

Eq. 297
$$\lambda'''_{cool,fct\ f,m} = \frac{\left(\begin{array}{l} Q_{T,cool,fct\ f,m} + Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} + Q_{V,in-exfiltr,cool,fct\ f,m} \\ + Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} \end{array}\right)}{Q_{g,cool,fct\ f,m}} \quad (-)$$

où :

$f_{vent,cool,fct\ f}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que repris au Tableau [7], (-) ;

$\lambda'''_{cool,fct\ f,m}$ le rapport mensuel déperdition-gain par partie fonctionnelle en ne considérant pas les ventilations additionnelles par ouverture de fenêtre, (-) ;

$Q_{T,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par transmission de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que déterminée au § 5.4, en MJ ;

$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation hygiénique de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ ;

$Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par in/exfiltration de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ ;

$Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation additionnelle mécanique en journée de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ ;

$Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation additionnelle mécanique pendant la nuit de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ ;

$Q_{g,cool,fct\ f,m}$ le gain de chaleur mensuel de la partie fonctionnelle f par ensoleillement et production de chaleur interne pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ.

En l'absence d'un système de ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre en journée, la fraction du temps conventionnelle $f_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$ vaut 0.

En présence d'un système de gestion automatisée, la fraction du temps conventionnelle considérée est identique à celle déterminée pour le cas d'une gestion manuelle.

Dans les autres parties fonctionnelles, la fraction du temps conventionnelle $f_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$ vaut 0.

5.6.3.5.2 Débit d'air

Le débit d'air moyen lié à l'ouverture des fenêtres en journée, $V_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$, est déterminé par convention comme suit :

Eq. 298 $$\dot{V}_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} = \sum_j \left(3,6 \cdot 500 \cdot 0,163 \cdot c_{ow,day,j} \cdot A_{w,day,fctf,j}\right) \quad (m^3/h)$$

où :

$C_{ow,day,j}$ un coefficient tenant compte de l'angle d'ouverture des fenêtres, valant 0,174 pour les fenêtres oscillo/battantes et 0,9 pour les fenêtres battantes, basculantes, coulissantes ou à guillottines, (-) ;

$A_{w,day,fct\ f,j}$ la surface de fenêtre j faisant partie des fenêtres de la partie fonctionnelle f à considérer pour la ventilation additionnelle par ouverture de fenêtres en journée, déterminée suivant les règles déterminées par le Ministre, en m^2.

5.6.3.6 Coefficient mensuel de transfert thermique par ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre pendant la nuit

S'il y a lieu, on détermine le coefficient de transfert thermique par ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre pendant la nuit pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, $H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$, comme suit :

Eq. 299
$$H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} = \max\left\{0; \left(\begin{array}{l} 0,34 \cdot c_{V,add\ w,night,cool,fctf,m} \cdot b_{V,add\ w,night,cool,fctf} \cdot f_{V,add\ w,night,cool,fctf,m} \cdot \\ \dot{V}_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} - f_{V,add\ w,night,cool,fctf,m} \cdot H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f} \end{array}\right)\right\} \quad (W/K)$$

où :

$c_{V,add\ w,night,cool,fct\ f}$ un facteur de correction pour tenir compte des effets dynamiques :

- si plancher surélevé avec $D_J \leq 180$ kJ/(m².K) ou si faux plafond fermé : $c_{V,add\ w,night,cool,fct\ f} = 0,8$;
- sinon : $c_{V,add\ w,night,cool,fct\ f} = 1$;

$b_{V,add\ w,night,cool,fct\ f}$ un facteur de correction de la température, valant 0,5, (-) ;

$f_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre pendant la nuit est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.6.1, (-) ;

$\dot{V}_{V,add\ w,cool,night,fct\ f,m}$ le débit d'air moyen induit par l'ouverture des fenêtres pendant la nuit, déterminé selon le § 5.6.3.6.2, (en m³/h) ;

$H_{V,in/exfilt,cool,fct\ f}$ le coefficient de transfert thermique par in/exfiltration pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, déterminé selon le § 5.6.3.1, en W/K.

Il y a lieu de ne considérer le calcul du coefficient de transfert thermique par ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre pendant la nuit que dans les parties fonctionnelles où il n'est pas prévu de ventilation additionnelle mécanique simultanée.

5.6.3.6.1 Fraction du temps conventionnelle

Dans les parties fonctionnelles de type "bureaux" et "enseignement", la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre pendant la nuit est en service pour les calculs de refroidissement, $f_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$, est déterminée comme suit :

Eq. 300
$$f_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} = \min\left\{1 - f_{vent,cool,fctf};0,38 \cdot e^{-1.7 \cdot \lambda''''_{cool,fctf,m}}\right\} \quad (-)$$

avec :

Eq. 301
$$\lambda''''_{cool,fct\ f;m} = \frac{\left(\begin{array}{c} Q_{T,cool,fct\ f,m} + Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} \\ + Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} \\ + Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} \end{array}\right)}{Q_{g,cool,fct\ f,m}} \quad (-)$$

où :

$f_{vent,cool,fct\ f}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que repris au Tableau [7], (-) ;

$\lambda''''_{cool,fct\ f,m}$ le rapport mensuel déperdition-gain par partie fonctionnelle en ne considérant pas les ventilations additionnelles par ouverture de fenêtre pendant la nuit, (-) ;

$Q_{T,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par transmission de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que déterminée au § 5.4, en MJ ;

$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation hygiénique de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ ;

$Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par in/exfiltration de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ ;

$Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation additionnelle mécanique en journée de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ ;

$Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation additionnelle mécanique pendant la nuit de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ ;

$Q_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre en journée de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ ;

$Q_{g,cool,fct\ f,m}$ le gain de chaleur mensuel de la partie fonctionnelle f par ensoleillement et production de chaleur interne pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.4, en MJ.

En l'absence d'un système de ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre pendant la nuit, la fraction du temps conventionnelle $f_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$ vaut 0.

Dans les parties fonctionnelles autres que "bureaux" et "enseignement", la fraction du temps conventionnelle $f_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$ vaut 0.

5.6.3.6.2 Débit d'air

Le débit d'air moyen lié à l'ouverture des fenêtres pendant la nuit, $V_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$, est déterminé comme suit :

$$\dot{V}_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} = \sum_{j} \left(3,6 \cdot 500 \cdot 0,163 \cdot c_{ow,night,j} \cdot A_{w,night,fctf,j}\right) \quad (m^3/h)$$

Eq. 302

$c_{ow,night,j}$ un coefficient tenant compte de la réduction de la surface de passage liée à l'angle d'ouverture des fenêtres et la présence de dispositifs de type filtre anti-insectes, valant 0,174 pour les fenêtres oscillo/battantes et 0,9 pour les fenêtres battantes, basculantes, coulissantes ou à guillottine, (-) ;

$A_{w,night,fct\ f,j}$ la surface des fenêtres de la partie fonctionnelle à prendre en compte pour la ventilation additionnelle par ouverture de fenêtre pendant la nuit, déterminée suivant les règles déterminées par le Ministre, en m².

5.6.4 Facteur de réduction lié au préchauffage

Le facteur de réduction lié au préchauffage de la partie fonctionnelle f, r_{preh}, est égal au facteur de réduction pour préchauffage du secteur énergétique i auquel elle appartient, lui-même égal au facteur de réduction pour préchauffage de la zone de ventilation z dont le secteur énergétique i fait partie :

- $r_{preh,heat,fct\ f} = r_{preh,heat,sec\ i} = r_{preh,heat,zone\ z}$
- $r_{preh,cool,fct\ f} = r_{preh,cool,sec\ i} = r_{preh,cool,zone\ z}$

La détermination du facteur de réduction pour préchauffage de la zone de ventilation z à l'aide d'un récupérateur de chaleur s'effectue tel que décrit ci-après. Le préchauffage par traversée d'un espace contigu non chauffé et/ou d'une gaine d'alimentation souterraine doit être traité suivant les règles déterminées par le Ministre ou, à défaut, sur base du principe d'équivalence.

S'il n'y a pas de préchauffage, la valeur de r_{preh} est égale à 1 dans chacun des cas.

Les pompes à chaleur destinées au chauffage qui utilisent l'air rejeté comme source de chaleur ne sont pas abordées dans la présente annexe, mais au § 10.2.3.3 de l'annexe A.1 au présent arrêté.

Récupérateur de chaleur dans le cas d'une ventilation mécanique double flux

Dans une zone de ventilation z équipée d'une ventilation mécanique double flux, il est possible de préchauffer dans une plus ou moins grande mesure l'air neuf fourni à l'aide d'un échangeur de chaleur qui soustrait de la chaleur à l'air rejeté vers l'extérieur. Il est possible que l'alimentation en air neuf dans la zone de ventilation z se fasse à plusieurs endroits. Dans ce cas, il se peut éventuellement que toutes les alimentations en air ne soient pas préchauffées. Inversement, il est possible que l'extraction mécanique vers l'extérieur s'effectue via plus d'une sortie d'air et il arrive qu'il n'y ait pas de récupération de chaleur sur certains de ces flux d'air. Si le débit total d'alimentation mécanique diffère du débit total d'évacuation mécanique dans la zone de ventilation z, un flux d'air supplémentaire incontrôlé (d'entrée ou de sortie) se produira forcément à travers l'enveloppe[4].

Les ventilateurs avec une régulation automatique du débit ont un effet positif sur le facteur de réduction pour le préchauffage, car l'équilibre des débits peut être maintenu, même en cas de changement des conditions d'exploitation (encrassement des filtres,...). La régulation automatique du débit est une propriété du produit qui est déterminée pour tous les ventilateurs du groupe de ventilation et qui assure que le débit fourni ne s'écarte pas de plus de 5% de la valeur de consigne. Cette propriété du produit doit être contrôlée pour chaque ventilateur du groupe de ventilation, sur base des mesures des débits pour la totalité de la gamme des débits et des pressions du ventilateur.

Le facteur de réduction pour chauffage résultant du préchauffage de l'air neuf fourni dans une zone de ventilation z par récupération de chaleur doit être déterminé à l'aide de la formule suivante :

Eq. 45

$$r_{preh,heat,zonez} = \frac{\sum_p \left\{\dot{V}_{in,p} - e_{heat,hr,p} \cdot \min\left(\dot{V}_{in,p}\,;\dot{V}_{out,p}\right)\right\} + \max\left\{0\,;\sum_p\left(\dot{V}_{out,p} - \dot{V}_{in,p}\right)\right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{in,p}\,;\sum_p \dot{V}_{out,p}\right)} \quad (-)$$

où :

[4] Par souci de simplification, l'interaction possible entre le terme d'in/exfiltration et le terme de ventilation volontaire n'est par convention pas prise en considération tout comme au § 5.6.

$e_{heat,hr,p}$ un facteur adimensionnel qui indique l'importance de la récupération de chaleur à l'endroit p, déterminé comme suit :

- si le flux d'air neuf fourni p n'est pas préchauffé, on a $e_{heat,hr,p} = 0$;
- si le flux d'air neuf fourni p est préchauffé à l'aide d'un récupérateur de chaleur, on a $e_{heat,hr,p} = r_p . \eta_{test,p}$

Le facteur r_p est déterminé tel que décrit ci-dessous. Le rendement thermique $\eta_{test,p}$ de l'appareil de récupération de chaleur à l'endroit p est déterminé tel que décrit à l'annexe G de l'annexe A.1 au présent arrêté. Une valeur de rendement thermique peut être utilisée à la condition que ni $\dot{V}_{in,p}$ ni $\dot{V}_{out,p}$ ne soit supérieur au débit volumique mesuré pendant l'essai tel que défini à l'annexe G de l'annexe A.1 au présent arrêté ;

$\dot{V}_{in,p}$ le débit d'air entrant à l'endroit p, en m³/h, déterminé tel que décrit ci-dessous ;

$\dot{V}_{out,p}$ le débit d'air sortant à l'endroit p, en m³/h, déterminé tel que décrit ci-dessous.

Il faut effectuer une sommation sur tous les endroits p de la zone de ventilation z où a lieu une alimentation mécanique en air neuf et/ou une évacuation mécanique vers l'extérieur.

On détermine le débit d'air extérieur entrant à l'endroit p comme suit :

- si le groupe de ventilation qui délivre le débit entrant et le débit sortant à l'endroit p, est équipé d'une régulation automatique telle que définie ci-dessus, alors on a :

Eq. 46 $\dot{V}_{in,p} = \dot{V}_{supply,setpoint,nom,p}$

où la valeur de consigne du débit entrant à l'endroit p à la position nominale du ventilateur pour la ventilation hygiénique, en m³/h, est prise en compte ;

- dans tous les autres cas :

Eq. 47 $\dot{V}_{in,p} = \dot{V}_{supply,design,p}$

où le débit de conception de l'air neuf pour la ventilation hygiénique entrant à l'endroit p, en m³/h, est pris en compte.

On détermine le débit d'air évacué vers l'extérieur à l'endroit p comme suit :

- si le groupe de ventilation qui délivre le débit entrant et le débit sortant à l'endroit p, est équipé d'une régulation automatique telle que définie ci-dessus, alors on a :

Eq. 48 $\dot{V}_{out,p} = \dot{V}_{extr,setpoint,nom,p}$

où la valeur de consigne du débit sortant à la position nominale du ventilateur pour la ventilation hygiénique, en m³/h, est prise en compte ;

- dans tous les autres cas :

Eq. 49 $\dot{V}_{out,p} = \dot{V}_{extr,design,p}$

où le débit de conception de l'air sortant à l'endroit p pour la ventilation hygiénique, en m^3/h, est pris en compte.

Dans le cas où il y a récupération de chaleur à l'endroit p, on détermine r_p comme suit :

- si le groupe de ventilation qui délivre le débit entrant et le débit sortant à l'endroit p, est équipé d'une régulation automatique telle que définie ci-dessus, alors on a :
  $r_p = 0,95$

- dans tous les autres cas, on a :
  $r_p = 0,85$

On détermine le facteur de réduction à utiliser pour les calculs de refroidissement comme suit :

Eq. 50
$$r_{preh,cool,zone\ z} = \frac{\sum_p \left\{\dot{V}_{in,p} - e_{cool,hr,p} \cdot \min\left(\dot{V}_{in,p}\,;\dot{V}_{out,p}\right)\right\} + \max\left\{0\,;\sum_p\left(\dot{V}_{out,p} - \dot{V}_{in,p}\right)\right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{in,p}\,;\sum_p \dot{V}_{out,p}\right)} \quad (-)$$

où les différents termes sont les mêmes que ci-dessus, à l'exception de $e_{cool,hr,p}$, dont la valeur est déterminée comme suit :

- si le récupérateur de chaleur p est équipé d'un by-pass et que, de ce fait, la traversée de l'échangeur de chaleur est totalement exclue, ou peut être totalement inactivée d'une autre façon (par exemple arrêt d'un échangeur rotatif), on a :

Eq. 51 $e_{cool,hr,p} = 0$ (-)

- si le récupérateur de chaleur p est équipé d'un by-pass mais que la traversée de l'échangeur de chaleur n'est pas totalement exclue pour autant ou n'est pas totalement inactivée d'une autre façon, on a :

Eq. 52 $e_{cool,hr,p} = 0,5 \times e_{heat,hr,p}$ (-)

- dans tous les autres cas :

Eq. 53 $e_{cool,hr,p} = e_{heat,hr,p}$ (-)

5.6.5 Fraction de temps pendant laquelle la ventilation est en service

Les valeurs des fractions du temps conventionnelles pendant lesquelles la ventilation est en service pour les calculs de chauffage et de refroidissement, respectivement $f_{vent,heat,fct\ f}$ et $f_{vent,cool,fct\ f}$, sont reprises par fonction au Tableau [7].

Tableau [7] : Fractions du temps conventionnelles $f_{vent,heat,fct\ f}$ et $f_{vent,cool,fct}$, par fonction

Fonctions		$f_{vent,heat,fct\ f}$	$f_{vent,cool,fct\ f}$	
			Système de ventilation naturelle	Système de ventilation mécanique
Hébergement		1,00	1,00	Egal à $f_{vent,heat,fct\ f}$
Bureaux		0,30		
Enseignement		0,30		
Soins de santé	Avec occ. nocturne	1,00		
	Sans occ. nocturne	0,30		
	Salle d'opération	1,00		
Rassemblement	Occupation importante	0,54		
	Faible occupation	0,54		
	Cafétéria / Réfectoire	0,10		
Cuisine		0,36		
Commerce / Services		0,43		
Installations sportives	Hall de sport / Gymnase	0,50		
	Fitness / Danse	0,50		
	Sauna / Piscine	0,50		
Locaux techniques		1,00		
Communs		Déterminé comme ci-dessous		
Autre		0,30		
Inconnue		0,54		

Pour la fonction "Communs" : si une partie fonctionnelle occupée par cette fonction dessert plusieurs parties fonctionnelles, les valeurs des paramètres $f_{vent,heat,fct\ f}$ et $f_{vent,cool,fct\ f}$ sont égales aux valeurs les plus élevées dans les parties fonctionnelles desservies.

Si plusieurs parties fonctionnelles ayant des fonctions différentes sont présentes dans la même zone de ventilation, les valeurs des paramètres $f_{vent,heat,fct\ f}$ et $f_{vent,cool,fct\ f}$ de toutes les parties fonctionnelles f appartenant à la zone de ventilation concernée sont identiques et ont comme valeurs celles de la partie fonctionnelle f pour laquelle les valeurs $f_{vent,heat,fct\ f}$ et $f_{vent,cool,fct\ f}$ sont les plus élevées.

5.7 Production de chaleur interne

Les sources de chaleur internes considérées sont : les personnes, l'éclairage, les ventilateurs et autres appareils. On détermine la production de chaleur interne mensuelle de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage et les calculs de refroidissement comme suit :

Eq. 54 $$Q_{i,heat,fct\ f,m} = \Phi_{i,heat,fct\ f,m} \cdot t_m \quad (MJ)$$

Eq. 55 $$Q_{i,cool,fct\ f,m} = \Phi_{i,cool,fct\ f,m} \cdot t_m \quad (MJ)$$

où :

Eq. 56 $$\Phi_{i,heat,fct\ f,m} = 0,8 \cdot \begin{pmatrix} q_{i,pers,fct\ f} \cdot f_{real,fct\ f} \cdot f_{pres,fct\ f} \cdot n_{design,fct\ f} + q_{i,app,fct\ f} \cdot A_{f,fct\ f} \\ + r_{light,fct\ f} \cdot W_{light,fct\ f,m} \cdot 3,6/t_m + r_{fans,heat,fct\ f} \cdot W_{fans,fct\ f,m} \cdot 3,6/t_m \end{pmatrix} \quad (W)$$

Eq. 57 $$\Phi_{i,cool,fct\ f,m} = \begin{pmatrix} q_{i,pers,fct\ f} \cdot f_{real,fct\ f} \cdot f_{pres,fct\ f} \cdot n_{design,fct\ f} + q_{i,app,fct\ f} \cdot A_{f,fct\ f} \\ + r_{light,fct\ f} \cdot W_{light,fct\ f,m} \cdot 3,6/t_m + r_{fans,cool,fct\ f} \cdot W_{fans,fct\ f,m} \cdot 3,6/t_m \end{pmatrix} \quad (W)$$

où :

$Q_{i,heat,fct\ f,m}$ la production de chaleur interne mensuelle de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, en MJ ;

$Q_{i,cool,fct\ f,m}$ la production de chaleur interne mensuelle de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, en MJ ;

$\Phi_{i,heat,fct\ f,m}$ le flux de chaleur moyen, dû à la production de chaleur interne dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, en W ;

$\Phi_{i,cool,fct\ f,m}$ le flux de chaleur moyen, dû à la production de chaleur interne dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, en W ;

$q_{i,pers,fct\ f}$ la production de chaleur interne spécifique moyenne dans la partie fonctionnelle f, résultant des personnes, reprise au Tableau [8], en W/pers ;

$f_{real,fct\ f}$ le rapport conventionnel entre l'occupation réelle moyenne pendant les heures d'utilisation et l'occupation maximale de conception, de la partie fonctionnelle f, reprises au Tableau [8], (-) ;

$f_{pres,fct\ f}$ la fraction de temps conventionnelle pendant laquelle des personnes sont présentes dans le bâtiment, déterminée de la partie fonctionnelle f et reprises au Tableau [2], (-) ;

$n_{design,fct\ f}$ le nombre de personnes qui se trouvent dans la partie fonctionnelle f considérée conformément à l'occupation maximale pour laquelle les systèmes de ventilation ont été conçus, (-) ;

$q_{i,app,fct\ f}$ la production interne spécifique moyenne de chaleur dans la partie fonctionnelle f considérée, résultant des appareils, reprise au Tableau [8], en W/m² ;

$A_{f,fct\ f}$ la surface d'utilisation de la partie fonctionnelle f considérée, en m² ;

$r_{light,fct\ f}$ un facteur de réduction pour la partie fonctionnelle f dont la valeur est égale à :

- 0,3 si la consommation d'énergie pour l'éclairage de la partie fonctionnelle f est déterminée selon le § 9.2 (méthode forfaitaire),
- 0,5 s'il y a une extraction sur au moins 70% des armatures d'éclairage présentes dans la partie fonctionnelle f considérée, pondérées par la puissance absorbée,
- 1,0 dans les autres cas ;

$W_{light,fct\ f,m}$	la production de chaleur interne mensuelle dans la partie fonctionnelle f considérée, fournie par l'éclairage en kWh, déterminée selon le § 9.2.2 ou § 9.3.2, en kWh ;
$r_{fans,heat,fct\ f}$ $r_{fans,cool,fct\ f}$	un facteur de réduction respectivement pour le chauffage et le refroidissement, dont la valeur est égale à : - 0 s'il y a uniquement une extraction mécanique, - 0,6 s'il y a une ventilation mécanique double flux, - 0,8 s'il y a recyclage ou récupération de chaleur, - 0,3 s'il y a insufflation mécanique d'air et que la puissance des ventilateurs est déterminée selon le § 8.1.3 (méthode forfaitaire), - 0,5 dans les autres cas ;
$W_{fans,fct\ f,m}$	la production de chaleur interne dans la partie fonctionnelle f considérée, fournie par les ventilateurs, en kWh, déterminée selon le § 8.1, en kWh ;
t_m	la durée du mois, reprise au Tableau [1], en Ms.

Tableau [8] : Production de chaleur interne résultant des personnes et des appareils et fraction d'occupation réelle, par fonction

Fonctions		**Production de chaleur interne dûe aux personnes** $q_{i,pers,fct\ f}$ (W/pers)	**Production de chaleur interne dûe aux appareils** $q_{i,app,fct\ f}$ (W/m²)	**Fraction d'occupation réelle** $f_{real,fct\ f,(-)}$
Hébergement		100	2	0,21
Bureaux		100	3	0,30
Enseignement		100	1	0,50
Soins de santé	Avec occ. nocturne	100	4	0,80
	Sans occ. nocturne	100	3	0,50
	Salle d'opération	100	4	0,20
Rassemblement	Occupation importante	100	2	0,30
	Faible occupation	100	1	0,30
	Cafétéria / Réfectoire	100	2	0,15
Cuisine		100	5	0,80
Commerce / Services		100	3	0,30
Installations sportives	Hall de sport / Gymnase	300	1	0,30
	Fitness / Danse	300	1	0,30
	Sauna / Piscine	300	1	0,30
Locaux techniques		100	5	0,05
Communs		100	1	0,15
Autre		100	3	0,30
Inconnue		100	2	0,30

5.8 Gains de chaleur solaires

On détermine les gains de chaleur solaires mensuels par partie fonctionnelle pour les calculs de chauffage $Q_{s,heat,fct\ f,m}$ et pour les calculs de refroidissement $Q_{s,cool,fct\ f,m}$ selon le § 7.10 de l'annexe A.1 au présent arrêté, en transposant le fait que le calcul énergétique s'effectue au niveau de la partie fonctionnelle f et pas au niveau du secteur énergétique i. A cette fin, on effectue une sommation sur l'ensemble des parois transparentes/translucides, des systèmes d'énergie solaire passives non ventilés et des espaces contigus non chauffés de la partie fonctionnelle f.

Contrairement à l'annexe A.1 au présent arrêté, la détermination du facteur d'utilisation mensuel des protections solaires mobiles $a_{C,m,j}$ se fait selon le Tableau [9]. Ce tableau fait référence aux tableaux C1 et C3 de l'annexe C de l'annexe A.1 au présent arrêté :

Tableau [9] : Facteur d'utilisation mensuel $a_{c,m,j}$, en fonction du type de calcul

Commande	Chauffage	Refroidissement
Manuelle	Tables C1	MAX(0 ; Tables C1 – 0,1)
Automatique	Tables C1	MAX(0 ; Tables C3 – 0,1)
Automatique + weekend(1)	Tables C1	Tables C3
(1) Pour les cas où les protections solaires restent en fonctionnement toute la journée pendant le WE.		

Si une fenêtre est équipée de plusieurs systèmes de protection solaire mobile (par exemple protections intérieure et extérieure), il faut prendre en considération le système qui possède la plus haute valeur F_C pour les calculs de chauffage, et le système qui possède la plus basse valeur F_C pour les calculs de refroidissement.

5.9 Capacité thermique effective

5.9.1 Principe

Pour la détermination de la capacité thermique effective, on a le choix entre deux méthodes :

- soit sur base de la capacité thermique spécifique par m² de surface d'utilisation de la partie fonctionnelle selon le § 5.9.2 ;
- soit sur base d'un calcul détaillé selon le § 5.9.3.

5.9.2 Capacité thermique effective sur base de la masse du plancher

On détermine la capacité thermique effective de la partie fonctionnelle f, $C_{fct\ f}$, en kJ/K, sur base de la masse du plancher, comme suit :

Eq. 58 $$C_{fct\ f} = \sum_j D_j . A_{f,fct\ f,j} \quad \text{(kJ/K)}$$

où :

$C_{fct\ f}$ la capacité thermique effective de la partie fonctionnelle f, en kJ/K ;

D_j la capacité thermique spécifique effective, reprise au Tableau [10], en kJ/(m².K), la valeur par défaut étant de 55 kJ/(m².K) ;

$A_{f,fct\ f,j}$ la surface d'utilisation de la partie j de la partie fonctionnelle f, en m².

Il faut effectuer une sommation sur toutes les parties j dont l'ensemble constitue la surface d'utilisation de la partie fonctionnelle f.

Tableau [10] : Capacité thermique effective spécifique D_j par unité de surface d'utilisation, en kJ/(m².K)

Masse minimum de la structure de plafond et du plancher par unité de surface d'utilisation (kg/m²)	Faux plafond fermé et plancher surélevé	Faux plafond fermé ou plancher surélevé	Pas de faux plafond fermé ni de plancher surélevé
Moins de 100	55	55	55
100 à 400	55	110	180
Plus de 400	55	180	360

Un faux plafond est considéré comme fermé dès que moins de 15% nets de la surface du plafond est ouverte.

5.9.3 Capacité thermique effective sur base d'un calcul détaillé

On calcule la capacité thermique effective de la partie fonctionnelle f, $C_{fct\ f}$, en kJ/K, comme la somme de la masse active de tous les éléments structurels situés dans la partie fonctionnelle f ou enveloppant la partie fonctionnelle f, les parois intérieures non portantes n'étant pas prises en considération, comme suit :

Eq. 59 $$C_{fct\ f} = \sum_k \rho_k . c_k . d_k . A_k \quad \text{(kJ/K)}$$

où :

$C_{fct\ f}$ la capacité thermique effective de la partie fonctionnelle f, en kJ/K ;

ρ_k la masse volumique de l'élément de construction k, en kg/m³ ;

c_k la chaleur spécifique de l'élément de construction k, en kJ/kg.K ;

d_k l'épaisseur active de l'élément de construction k, en m, déterminée comme l'épaisseur de l'élément de construction pour autant que la résistance thermique de l'élément de construction, calculée perpendiculairement depuis la surface intérieure, soit inférieure à 0,25 m².K/W, étant entendu que d_k ne peut pas être supérieure à 100 mm et ne représente pas plus de la moitié de l'épaisseur totale de la construction et que, pour les structures de plafonds suspendus dont une partie égale à au moins 15% nets de la surface du plafond est ouverte, la résistance du plafond suspendu ouvert peut ne pas être prise en considération pour la détermination de la résistance thermique de l'élément de construction depuis la surface intérieure ;

A_k la surface de l'élément de construction k, en m².

Il faut effectuer une sommation sur tous les éléments de construction k qui se trouvent dans la partie fonctionnelle f ou qui enveloppent la partie fonctionnelle f, à l'exception des murs non portants.

5.10 Besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire

La méthode de calcul utilise directement des besoins totaux annuels nets de chaque point de puisage d'eau chaude présent dans chaque partie fonctionnelle (exprimés en MJ). Les besoins mensuels nets en énergie par point de puisage d'eau chaude sont calculés à partir des besoins annuels pondérés par la fraction t_m/t_a. Les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire sont donnés ci-dessous, en distinguant les besoins pour les douches et/ou baignoires i, les éviers de cuisine j et chacun des autres points de puisage d'eau chaude k :

- Pour une douche ou une baignoire i :

Eq. 60 $$Q_{water,bath\ i,net,m} = r_{water,bath\ i,net} \cdot f_{bath\ i,fct\ f} \cdot Q_{water,bath,net,fct\ f,a} \cdot \frac{t_m}{t_a} \quad (MJ)$$

- Pour un évier de cuisine j (s'il fait partie d'un espace cuisine où des repas sont préparés) :

Eq. 61 $$Q_{water,sink\ j,net,m} = r_{water,sink\ j,net} \cdot f_{sink\ j,fct\ f} \cdot Q_{water,sink,net,fct\ f,a} \cdot \frac{t_m}{t_a} \quad (MJ)$$

- Pour un autre point de puisage d'eau chaude k :

Eq. 62 $$Q_{water,other\ k,net,m} = r_{water,other\ k,net} \cdot f_{other\ k,fct\ f} \cdot Q_{water,other,net,fct\ f,a} \cdot \frac{t_m}{t_a} \quad (MJ)$$

où :

$Q_{water,bath\ i,net,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de la douche ou de la baignoire i, en MJ ;

$Q_{water,sink\ j,net,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de l'évier de cuisine j, en MJ ;

$Q_{water,other\ k,net,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un point de puisage d'eau chaude k, en MJ ;

$r_{water,bath\ i,net}$ un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers la douche ou la baignoire i par récupération thermique de l'écoulement, à déterminer selon des règles déterminées par le Ministre(-) ;

$r_{water,sink\ j,net}$ un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers l'évier de cuisine j par récupération thermique de l'écoulement, à déterminer selon des règles déterminées par le Ministre, (-) ;

$r_{water,other\ k,net}$ un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers le point de puisage d'eau chaude k par récupération thermique de l'écoulement, à déterminer selon des règles déterminées par le Ministre, (-) ;

$f_{bath\ i,fct\ f}$ la part de la douche ou de la baignoire i dans les besoins totaux nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de toutes les douches et de toutes les baignoires de la partie fonctionnelle f à laquelle appartient la douche ou la baignoire concernée, tel que déterminé ci-dessous, (-) ;

$f_{sink\ j,fct\ f}$ la part de l'évier de cuisine j dans les besoins totaux nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de tous les éviers de cuisine de la partie fonctionnelle f à laquelle appartient l'évier concerné, tel que déterminé ci-dessous, (-) ;

$f_{other\ k,fct\ f}$ la part du point de puisage d'eau chaude k dans les besoins totaux nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de tous

	les points de puisage d'eau chaude de la partie fonctionnelle f à laquelle appartient le point de puisage d'eau chaude concerné, tel que déterminé ci-dessous, (-) ;
$Q_{water,bath,net,fct\ f,a}$	les besoins annuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de toutes les douches et de toutes les baignoires de la partie fonctionnelle f à laquelle appartient la douche ou la baignoire concernée, tels que déterminés au § 5.10.1, en MJ ;
$Q_{water,sink,net,fct\ f,a}$	les besoins annuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de tous les éviers de cuisine j de la partie fonctionnelle f à laquelle appartient l'évier concerné, tels que déterminés au § 5.10.2, en MJ ;
$Q_{water,other,net,fct\ f,a}$	les besoins annuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de tous les points de puisage d'eau chaude de la partie fonctionnelle f à laquelle appartient le point de puisage d'eau chaude concerné, tels que déterminés au § 5.10.3, en MJ ;
t_m	la longueur du mois considéré en Ms, voir Tableau [1] ;
t_a	la longueur de l'année en Ms, qui vaut la somme des 12 valeurs t_m du Tableau [1], à savoir 31,536 Ms.

Particularité de la fonction "Enseignement" : les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de cette partie fonctionnelle ($Q_{water,bath\ i,net,m}$, $Q_{water,sink\ j,net,m}$, $Q_{water,other\ k,net,m}$) sont considérés être nuls durant les mois de juillet et d'août.

Les parts des différents points de puisage d'eau chaude sont déterminées, par partie fonctionnelle, comme suit :

Eq. 63

$$f_{bath\ i,fct\ f} = \frac{1}{n_{bath,fct\ f}} \quad , \quad f_{sink\ j,fct\ f} = \frac{1}{n_{sink,fct\ f}} \quad \text{et}$$

$$f_{other\ k,fct\ f} = \frac{1}{n_{other,fct\ f}} \qquad (-)$$

où :

$n_{bath,fct\ f}$	le nombre total de douches et/ou de baignoires dans la partie fonctionnelle f, (-) ;
$n_{sink,fct\ f}$	le nombre total d'éviers de cuisine dans la partie fonctionnelle f, (-) ;
$n_{other,fct\ f}$	le nombre total de points de puisage d'eau chaude, qui ne sont ni des douches et/ou baignoires, ni des éviers de cuisine, dans la partie fonctionnelle f, (-).

5.10.1 Besoin annuel net en énergie pour l'eau chaude sanitaire des douches et/ou baignoires

Si une partie fonctionnelle contient des douches et/ou baignoires i, les besoins annuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de toutes ces douches et/ou baignoires i sont définis par fonction au

60	Méthode PEN 2017

Tableau [11] :

Tableau [11] : Besoins annuels nets pour l'eau chaude sanitaire et nombre de jours d'occupation, par fonction

Fonctions		**$Q_{water,bath,net,fct\ f,a}$ (MJ)**	**$n_{day,fct\ f}$ (-)**
Hébergement		1604,59 . $n_{design,rooms}$	365
Bureaux		5606,00 . n_{bath}	260
Enseignement		5606,00 . n_{bath}	220
Soins de santé	Avec occ. nocturne	962,75 . $n_{design,rooms}$	365
	Sans occ. nocturne	5606,00 . n_{bath}	260
	Salle d'opération	7870,00 . n_{bath}	365
Rassemblement	Occupation importante	6727,00 . n_{bath}	312
	Faible occupation	6727,00 . n_{bath}	312
	Cafétéria / Réfectoire	5606,00 . n_{bath}	260
Cuisine		6727,00 . n_{bath}	312
Commerce / Services		6727,00 . n_{bath}	312
Installations sportives	Hall de sport / Gymnase	6727,00 . n_{bath}	312
	Fitness / Danse	6727,00 . n_{bath}	312
	Sauna / Piscine	6727,00 . n_{bath}	312
Locaux techniques		7870,00 . n_{bath}	365
Communs		21,56 . max($n_{day,fct\ f}$) . n_{bath}	-
Autre		5606,00 . n_{bath}	260
Inconnue		6727,00 . n_{bath}	312

où :

$Q_{water,bath,net,fct\ f,a}$ les besoins annuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de toutes les douches et de toutes les baignoires de la partie fonctionnelle f, en MJ ;

$n_{design,rooms}$ le nombre total de personnes qui se trouvent dans les espaces de type "chambre" de la partie fonctionnelle f, conformément à l'occupation maximale pour laquelle les systèmes de ventilation ont été conçus, (-) ;

n_{bath} le nombre total de douches et/ou de baignoires dans la partie fonctionnelle f, (-) ;

$n_{day,fct\ f}$ le nombre de jour par an pendant lesquels la partie fonctionnelle f est occupée, (-).

Pour la fonction "Communs" : les besoins annuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de toutes les douches et de toutes les baignoires d'une partie fonctionnelle occupée par cette fonction s'obtiennent en déterminant le nombre maximum de jour par an pendant lesquels cette partie fonctionnelle est occupée. Ce nombre dépend des fonctions desservies par cette partie fonctionnelle.

5.10.2 Besoin annuel net en énergie pour l'eau chaude sanitaire des éviers de cuisine

En cas de présence d'un espace de type "cuisine", où des repas sont préparés et qui contient un ou plusieurs évier(s) (avec eau chaude), il faut considérer pour la partie fonctionnelle à laquelle appartient cet espace cuisine des besoins totaux nets annuels en énergie supplémentaire pour l'eau chaude sanitaire nécessaire à la préparation des repas dans cet espace cuisine.

Si cet espace cuisine dessert une seule partie fonctionnelle f, les besoins annuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire nécessaire à la préparation des repas pour cette cuisine sont calculés comme suit $_{fct\ f fct\ f}$:

Eq. 64 $$Q_{water,sink,net,fct\ f,a} = n_{meal} \cdot n_{serv,fct\ f} \cdot Q_{water,sink,net,fct\ f,meal} \quad (MJ)$$

où :

n_{meal} le nombre de repas préparés par service, tel que défini ci-dessous, (-) ;

$n_{serv,fct\ f}$ le nombre de service assurés par jour. Ce nombre dépend de la fonction desservie et est repris au Tableau [12], (-) ;

$Q_{water,sink,net,fct\ f,meal}$ les besoins annuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire nécessaire à la préparation des repas, par repas et pour tous les éviers de cuisine de la partie fonctionnelle f en MJ. Ce nombre dépend de la fonction desservie et est repris au Tableau [12].

Si cet espace cuisine dessert plusieurs parties fonctionnelles, les besoins annuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire nécessaire à la préparation des repas pour cette cuisine sont calculés au prorata des surfaces totales d'utilisation des parties fonctionnelles desservies :

Eq. 65 $$Q_{water,sink,net,fct\ f,a} = \frac{n_{meal} \cdot \sum_{f} \left[A_{f,fct\ f} \cdot (n_{serv,fct\ f} \cdot Q_{water,sink,net,fct\ f,meal}) \right]}{\sum_{f} A_{f,fct\ f}} \quad (MJ)$$

où :

$A_{f,fct\ f}$ la surface totale d'utilisation de la partie fonctionnelle f desservie, en m^2 ;

n_{meal} le nombre de repas préparés par service, tel que défini ci-dessus, (-) ;

$n_{serv,fct\ f}$ le nombre de service assurés par jour, pour chaque parties fonctionnelles desservies, tel que repris au Tableau [12], (-) ;

$Q_{water,sink,net,fct\ f,meal}$ les besoins annuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire nécessaire à la préparation des repas, par repas et pour chaque partie fonctionnelle desservie, tel que repris au Tableau [12], en MJ.

Il faut effectuer une sommation sur toutes les parties fonctionnelles f desservies par la cuisine.

Nombre de repas préparés par service

Le paramètre n_{meal} dépend de la surface d'utilisation des espaces nécessaires à la préparation des repas :

Eq. 66 Si $A_{f,sink} \leq 200$ m² : $n_{meal} = \frac{A_{f,sink}}{1,85}$ (-)

Si 200 m² < $A_{f,sink} \leq 450$ m² : $n_{meal} = \frac{A_{f,sink}}{1,75}$ (-)

Si $A_{f,sink} > 450$ m² : $n_{meal} = \frac{A_{f,sink}}{1,55}$ (-)

où :

$A_{f,sink}$ la surface d'utilisation des espaces nécessaires à la préparation des repas, en m² ;

n_{meal} le nombre de repas préparés par service, (-).

Doivent être pris en compte pour le calcul de cette surface tous les espaces nécessaires à la préparation des repas (si présents dans le bâtiment), et au minimum les espaces suivants : la cuisine, l'envoi des plats/service, le stockage des produits réfrigérés, le stockage des produits non réfrigérés et la livraison/gestion des déchets.

Tableau [12] : Nombre de services assurés par jour et besoins annuels nets pour l'eau chaude sanitaire des éviers de cuisine par repas, par fonction desservie

Fonctions		$n_{serv,fct\ f}$	$Q_{water,sink,net,fct\ f,meal}$ **(MJ)**
Hébergement		1	761,85
Bureaux		1	544,18
Enseignement		1	544,18
Soins de santé	Avec occ. nocturne	2	761,85
	Sans occ. nocturne	1	544,18
	Salle d'opération	-	0,00
Rassemblement	Occupation importante	2	653,02
	Faible occupation	2	653,02
	Cafétéria / Réfectoire	1	544,18
Cuisine		Pas d'application	
Commerce / Services		1	653,02
Installations sportives	Hall de sport / Gymnase	2	653,02
	Fitness / Danse	2	653,02
	Sauna / Piscine	2	653,02
Locaux techniques		-	0,00
Communs		-	0,00
Autre		1	544,18
Inconnue		1	544,18

5.10.3 Besoin annuel net en énergie pour l'eau chaude sanitaire des autres points de puisage d'eau chaude (autre que douches et/ou baignoires et éviers de cuisine)

Si des autres points de puisage d'eau chaude que les douches et/ou baignoires et les éviers de cuisine sont présents dans la partie fonctionnelle f, il faut considérer des besoins totaux nets annuels en énergie pour l'eau chaude sanitaire nécessaire pour ces autres points de puisage d'eau chaude.

Si aucun autres points de puisage d'eau chaude que les douches et/ou baignoires et les éviers de cuisine n'est présent dans la partie fonctionnelle f, $Q_{water,net,other,fct\ f,a} = 0$.

Les besoins annuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de tous les points de puisage d'eau chaude k, à l'exception des douches et/ou baignoires i et des éviers de cuisine j, sont définis par fonction au Tableau [13].

Tableau [13] : Besoins annuels nets pour l'eau chaude sanitaire de tous les autres points de puisage d'eau chaude, par fonction

Fonctions		**$Q_{water,net,other,fct\ f,a}$ (MJ)**
Hébergement		1069,73 . $n_{design,rooms}$
Bureaux		5 . $A_{f,fct\ f}$
Enseignement		5 . $A_{f,fct\ f}$
Soins de santé	Avec occ. nocturne	1444,13 . $n_{design,rooms}$
	Sans occ. nocturne	54,58 . $A_{f,fct\ f}$
	Salle d'opération	5 . $A_{f,fct\ f}$
Rassemblement	Occupation importante	5 . $A_{f,fct\ f}$
	Faible occupation	5 . $A_{f,fct\ f}$
	Cafétéria / Réfectoire	5 . $A_{f,fct\ f}$
Cuisine		5 . $A_{f,fct\ f}$
Commerce / Services		5 . $A_{f,fct\ f}$
Installations sportives	Hall de sport / Gymnase	5 . $A_{f,fct\ f}$
	Fitness / Danse	5 . $A_{f,fct\ f}$
	Sauna / Piscine	5 . $A_{f,fct\ f}$
Locaux techniques		5 . $A_{f,fct\ f}$
Communs		5 . $A_{f,fct\ f}$
Autre		5 . $A_{f,fct\ f}$
Inconnue		5 . $A_{f,fct\ f}$

où :

$Q_{water,net,other,fct\ f,a}$ les besoins annuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de tous les autres points de puisage d'eau chaude de la partie fonctionnelle f, en MJ ;

$n_{design,rooms}$ le nombre total de personnes qui se trouvent dans les espaces de type "chambre" de la partie fonctionnelle f, conformément à l'occupation maximale pour laquelle les systèmes de ventilation ont été conçus, (-) ;

$A_{f,fct\ f}$ la surface totale d'utilisation de la partie fonctionnelle f, en m^2.

5.11 Besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification

Si les installations du bâtiment comprennent des dispositifs d'humidification de l'air neuf destiné à l'unité PEN (ou à une partie de celle-ci), les besoins mensuels nets en énergie d'un appareil j destiné à l'humidification sont donnés par :

Eq. 67 $$Q_{hum,net,j,m} = 2,5 \cdot r_{hum} \cdot \sum_{f} \left(X_{h,fct\ f,m} \cdot \dot{V}_{supply,j,fct\ f,design} \right) \quad \text{(MJ)}$$

où :

$Q_{hum,net,j,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification d'un appareil j, en MJ ;

r_{hum} un facteur de réduction ayant la valeur suivante :

- si l'installation d'humidification est conçue pour le transport de l'humidité depuis l'air rejeté vers l'air fourni : $r_{hum} = 0,4$;
- sinon : $r_{hum} = 1,0$;

$X_{h,fct\ f,m}$ la quantité mensuelle d'humidité à fournir par unité de débit d'air fourni, pour la partie fonctionnelle f, en $kg.h/m^3$, reprise au Tableau [14] ;

$\dot{V}_{supply,j,fct\ f,design}$ le débit de conception d'air frais entrant à travers l'humidificateur j, pour la partie fonctionnelle f, en m^3/h.

Il faut effectuer une sommation sur toutes les parties fonctionnelles f alimentées par l'humidificateur j.

Remarques :

- un échangeur rotatif sur lequel on a appliqué une couche hygroscopique peut être considéré comme un dispositif de récupération d'humidité ;
- le recyclage n'est pas considéré comme une récupération d'humidité dans le cadre de ce paragraphe. L'effet du recyclage a déjà été pris en compte dans le débit d'air à appliquer.

Tableau [14] : Valeurs mensuelles de la quantité d'humidité à amener par unité de débit d'air $X_{h,fct\ f,m}$, par fonction, en kg.h/m³

Fonctions		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Hébergement		0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Bureaux		0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
Enseignement		0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
Soins de santé	Avec occ. nocturne	0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
	Sans occ. nocturne	0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
	Salle d'opération	0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
Rassemblement	Occ. importante	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
	Faible occupation	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
	Cafétéria / Réfectoire	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Cuisine		0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Commerce / Services		0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Installations sportives	Hall de sport / Gymnase	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
	Fitness / Danse	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
	Sauna / Piscine	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Locaux techniques		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Communs		0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Autre		0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
Inconnue		0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14

6 Besoins bruts en énergie pour le chauffage, le refroidissement et l'eau chaude sanitaire

6.1 Principe

Les installations de chauffage et de refroidissement peuvent se complexifier très rapidement. C'est pourquoi, les installations sont évaluées énergétiquement de manière schématique dans ce chapitre. Le rendement du système est une mesure du gaspillage d'énergie dû au fait que l'on chauffe et refroidit simultanément un secteur énergétique et aux pertes d'énergie dues au transport de chaleur et de froid à l'intérieur d'un secteur énergétique. On effectue les calculs avec des valeurs annuelles moyennes constantes.

Les installations d'eau chaude sanitaire se composent :

- d'une installation de production de chaleur. On distingue ici deux types : les installations à production instantanée de l'eau chaude sanitaire et les installations à accumulation. Dans les deux cas, l'appareil producteur de chaleur destiné au chauffage des locaux peut aussi produire l'eau chaude sanitaire, ou bien le chauffage et l'eau chaude sanitaire ont chacun leur propre appareil producteur de chaleur ;
- d'un système de distribution. Si ce système doit franchir de grandes distances, on prévoit souvent une conduite de circulation.

Les besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire comprennent les besoins nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire et toutes les déperditions qui surviennent lors de la distribution. Ces déperditions sont calculées via le rendement du système. Au cas où plus d'une installation de production de chaleur assure la production d'eau chaude sanitaire, chacune est associée aux points de puisage d'eau chaude qu'elle dessert.

6.2 Détermination des besoins bruts en énergie pour le chauffage et le refroidissement

Les besoins bruts en énergie pour le chauffage et le refroidissement par mois et par secteur énergétique sont donnés par :

Eq. 68
$$Q_{heat,gross,seci,m} = \frac{Q_{heat,net,seci,m}}{\eta_{sys,heat}} \quad \text{(MJ)}$$

et :

Eq. 303
$$Q_{cool,gross,seci,m} = \frac{a_{lat,cool} \cdot Q_{cool,net,fct\ f,m}}{\eta_{sys,cool}} \quad \text{(MJ)}$$

où :

$Q_{heat,gross,seci,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage du secteur énergétique i, en MJ ;

$Q_{heat,net,seci,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage (tenant compte de l'intermittence) du secteur énergétique i, déterminés selon le § 5.4, en MJ ;

$\eta_{sys,heat}$ le rendement du système de chauffage, déterminé selon le § 6.3, (-) ;

$Q_{cool,gross,seci,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, déterminés selon le § 5.1, en MJ ;

$a_{lat,cool}$ un coefficient de majoration forfaitaire tenant compte de l'énergie latente libérée par la condensation surfacique sur les émetteurs de refroidissement et de la deshumidification de l'air pulsé, valant 1,1 si la température moyenne du fluide caloporteur dans l'émetteur en fonctionnement nominal est inférieure à 15°C ou en présence d'un refroidissement actif de l'air pulsé, et 1,0 dans les autres cas, (-) ;

$Q_{cool,net,seci,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, déterminés selon le § 5.4, en MJ ;

$\eta_{sys,cool}$ le rendement du système de refroidissement, déterminé selon le § 6.3, (-).

6.3 Rendements du système de chauffage et de refroidissement

On détermine, pour chaque système, le rendement du système de chauffage et de refroidissement, $\eta_{sys,heat}$ et $\eta_{sys,cool}$, à l'aide d'un facteur d'annihilation et du rapport entre, d'une part, les besoins annuels nets en énergie respectivement pour le chauffage et le refroidissement, et, d'autre part, la somme des besoins nets en énergie pour le refroidissement et le chauffage, comme suit :

Eq. 70 $$\eta_{sys,heat} = \frac{1.0}{1.0 + a_{heat} + f_{annih}/f_{heat,net}} \quad (-)$$

et :

Eq. 71 $$\eta_{sys,cool} = \frac{1.0}{1.0 + a_{cool} + f_{annih}/f_{cool,net}} \quad (-)$$

où :

a_{heat} le terme pour les déperditions des conduites, les déperditions des gaines et la régulation du système de distribution pour le chauffage, tel qu'établi ci-dessous, (-) ;

f_{annih} le facteur d'annihilation de l'énergie résultant du chauffage et du refroidissement simultanés, tel qu'établi ci-dessous, (-) ;

$f_{heat,net}$ la fraction des besoins nets en énergie pour le chauffage par rapport aux besoins nets totaux en énergie pour le chauffage et le refroidissement, déterminée selon le § 6.4 ;

a_{cool} le terme pour les déperditions des conduites, les déperditions des gaines et la régulation du système de distribution pour le refroidissement, tel qu'établi ci-dessous, (-) ;

$f_{cool,net}$ la fraction des besoins nets en énergie pour le refroidissement par rapport aux besoins nets totaux en énergie pour le chauffage et le refroidissement, déterminée selon le § 6.4.

Pour les systèmes où la température exigée pour l'insufflation d'air est obtenue en mélangeant un flux d'air chauffé et un flux d'air refroidi, on a :

- $f_{annih} = 0,4$;
- $a_{heat} = 0$;
- $a_{cool} = 0$.

Pour tous les autres systèmes, on relève les facteurs f_{annih}, a_{heat} et a_{cool} des Tableau [15] et Tableau [16].

Tableau [15] : Facteurs d'annihilation, f_{annih}, et pertes de distribution, a_{heat} et a_{cool}, pour le chauffage et pour le refroidissement

		Chauffage	
		Production locale	Production centrale
Refroidissement	Production locale	$f_{annih} = 0$ $a_{heat} = 0$ $a_{cool} = 0$	Tableau [16], ligne 1 ou 5
	Production centrale	$f_{annih} = 0$ $a_{heat} = 0$ $a_{cool} = 0$	Tableau [16], ligne 2,3,4,6,7,8
	Absent	$f_{annih} = 0$ $a_{heat} = 0$ $a_{cool} = 0$	Tableau [16], ligne 1 ou 5

Tableau [16] : Facteurs d'annihilation, f_{annih}, et pertes de distribution, a_{heat} et a_{cool}, en cas de production centrale, respectivement pour le chauffage et pour le refroidissement

Numéro du système	Transport de chaleur par	Transport de froid par	Régulation chauffage et refroidissement par espace	Facteur d'annihilation f_{annih}	Facteur de pondération déperditions conduites et gaines	
					Chauffage a_{heat}	Refroidissement a_{cool}
1	eau ou eau et air	N.A.°	oui	0,00	0,08	0,00
			non	0,00	0,25	0,00
2		eau	oui	0,04	0,13	0,06
3		air	oui	0,00	0,13	0,06
			non	0,00	0,25	0,06
4		eau et air	oui	0,04	0,13	0,07
5	air	N.A.°	oui	0,00	0,04	0,00
			non	0,00	0,34	0,00
6		eau	oui	0,10	0,09	0,06
7		air	oui	0,00	0,04	0,01
			non	0,00	0,39	0,01
8		eau et air	oui	0,10	0,09	0,07

° N.A. : non applicable

Si pour les systèmes du Tableau [16], un liquide réfrigérant est utilisé à la place de l'eau comme fluide caloporteur, alors les valeurs du Tableau [16] doivent être corrigées comme suit :

- la valeur de a_{heat} est diminuée de 0,08 ;
- la valeur de a_{cool} est diminuée de 0,01.

"Régulation chauffage et refroidissement par espace" veut dire que, au niveau de l'espace, le débit et/ou la température du fluide caloporteur (ou frigorigène) transporté est régulé en fonction d'une part de la température réelle et d'autre part de la température souhaitée dans l'espace.

Avec les systèmes dont la configuration est différente en situation estivale et en situation hivernale, il faut appliquer les facteurs d'annihilation correspondant au numéro du système en situation hivernale.

Pour les systèmes qui ne rentrent dans aucune des catégories décrites dans ce chapitre, le rendement du système pour le chauffage et le refroidissement doit être évalué selon des règles déterminées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

Remarques :

1. On entend par "transport de chaleur par eau" : au niveau de l'espace, un (post)chauffage est réalisé par des radiateurs situés dans l'espace, des éléments chauffants dans l'air qui circule (ventilo-convecteurs, unités à induction), une batterie de postchauffage dans la gaine d'amenée d'air, ou autres.

2. On entend par "transport de chaleur par air" : l'installation centrale de traitement d'air contient un dispositif (batterie chauffante et/ou récupérateur de chaleur) pour réchauffer l'air fourni (c'est pratiquement toujours le cas avec une ventilation mécanique).

3. On entend par "transport de froid par eau" : un (post)refroidissement est effectué, au niveau de l'espace, par des batteries de refroidissement placées dans la gaine d'amenée, des batteries de refroidissement situées dans l'air qui circule (ventilo-convecteurs ou unités à induction avec batterie de refroidissement), des plafonds froids à circulation d'eau, ou autres. Les plafonds froids à circulation d'air ne sont pas compris dans cette catégorie.

4. On entend par "transport de froid par air" : une installation de traitement d'air centrale contient un dispositif (batterie de refroidissement) pour refroidir et/ou déshumidifier l'air fourni.

Le rendement de système d'un système dit "combilus" est déterminé selon des règles déterminées par le Ministre. Par "combilus", on entend une conduite de circulation commune (dans le sens où plusieurs unités PEB sont alimentées par le même appareil combilus ou si le combilus dessert une unité d'habitation collective) qui fournit de la chaleur pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire.

6.4 Fractions des besoins nets en énergie pour le chauffage et le refroidissement

6.4.1 Fraction des besoins nets en énergie pour le refroidissement

On détermine, pour le secteur énergétique, le rapport entre les besoins *annuels* nets en énergie pour le refroidissement et la somme des besoins *annuels* nets en énergie pour le chauffage et le refroidissement comme suit :

Eq. 72 $f_{cool,net} = 1 - f_{heat,net}$ (-)

où :

$f_{cool,net}$ la fraction des besoins nets en énergie pour le refroidissement par rapport aux besoins nets totaux en énergie pour le chauffage et le refroidissement ;

$f_{heat,net}$ la fraction des besoins nets en énergie pour le chauffage par rapport aux besoins nets totaux en énergie pour le chauffage et le refroidissement, déterminée selon le § 6.4.2.

6.4.2 Fraction des besoins nets en énergie pour le chauffage

On détermine, pour le secteur énergétique, le rapport entre les besoins *annuels* nets en énergie pour le chauffage et la somme des besoins *annuels* nets en énergie pour le chauffage et le refroidissement comme suit :

Eq. 73 $$f_{heat,net} = \max\left(0,1 \; ; \; \min\left(\frac{Q_{heat,net,seci,a}}{Q_{heat,net,seci,a} + Q_{cool,net,seci,a}} \; ; \; 0,9\right)\right) \quad (-)$$

où :

Eq. 74 $$Q_{heat,net,seci,a} = \sum_{m=1}^{12} Q_{heat,net,seci,m} \quad (MJ)$$

et :

Eq. 75 $$Q_{cool,net,seci,a} = \sum_{m=1}^{12} Q_{cool,net,seci,m} \quad (MJ)$$

où :

$f_{heat,net}$ la fraction des besoins annuels nets en énergie pour le chauffage par rapport aux besoins annuels nets totaux en énergie pour le chauffage et le refroidissement, (-) ;

$Q_{heat,net,seci,a}$ les besoins annuels nets en énergie pour le chauffage du secteur énergétique i, en MJ ;

$Q_{cool,net,seci,a}$ les besoins annuels nets en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, en MJ ;

$Q_{heat,net,seci,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage (tenant compte de l'intermittence) du secteur énergétique i, déterminés selon le § 5.1, en MJ ;

$Q_{cool,net,seci,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, déterminés selon le § 5.4, en MJ.

6.5 Détermination des besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire

Pour les douches et/ou baignoires i (indice "bath") et les éviers de cuisine j (indice "sink"), le calcul des besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire est analogue à la méthode appliquée aux unités PER. Il faut donc appliquer le § 9.3 de l'annexe A.1 au présent arrêté.

Pour les autres points de puisage d'eau chaude k (indice "other"), on applique également le § 9.3 de l'annexe A.1 au présent arrêté mais en transposant les formules qui s'appliquent aux éviers (indice "sink" dans l'annexe A.1 au présent

arrêté) et en déterminant la contribution des conduites d'eau sanitaire au rendement de système comme suit :

$$\eta_{tubing,other\ i} = \frac{20}{20 + l_{tubing,other\ i}/r_{water,other\ i,net}}$$

Eq. 304 (-)

avec :

$l_{tubing,other\ i}$ la longueur des conduites vers un autre point de puisage d'eau chaude i, en m. S'il n'y a pas de conduite de circulation : on prend la longueur égale à la somme des plus courtes distances à l'horizontale et à la verticale entre l'appareil producteur de chaleur concerné pour l'eau chaude sanitaire et le milieu du plancher du local dans lequel se trouve le point de puisage d'eau chaude i. En alternative, on peut également prendre la longueur réelle de la conduite. S'il y a une conduite de circulation : on prend la longueur égale à la somme des plus courtes distances à l'horizontale et à la verticale entre le point d'embranchement concerné de la conduite de circulation et le milieu du plancher du local dans lequel se trouve le point de puisage d'eau chaude i. En alternative, on peut également prendre la longueur réelle de la conduite ;

$r_{water,other\ i,net}$ un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers l' autre point de puisage d'eau chaude i par récupération de la chaleur de l'évacuation, à déterminer selon des règles déterminées par le Ministre, (-).

Comme valeurs par défaut, on utilise : $l_{tubing,other\ i}$ = 20 m.

7 Consommation finale d'énergie pour le chauffage, le refroidissement, l'humidification et l'eau chaude sanitaire

7.1 Principe

Pour calculer le rendement de production dans un secteur énergétique, on considère le rendement de production des appareils qui alimentent le secteur énergétique en chaleur ou en froid. On calcule toujours avec des valeurs moyennes mensuelles.

Lorsque l'installation combine différents types de générateurs de chaleur ou de froid, on répartit les besoins bruts de manière conventionnelle entre le générateur préférentiel et le(s) générateur(s) non préférentiel(s). S'il y a plus d'un type de générateur de froid non préférentiel, on considère pour le traitement de la partie non préférentielle, uniquement le générateur de froid affichant la valeur la plus basse du rapport entre le facteur de conversion en énergie primaire (f_p) et le rendement de production. S'il y a plus d'un type de producteur de chaleur non préférentiel, on détermine pour chaque générateur de chaleur non préférentiel une part non préférentielle selon le § 7.3.1.

Le cas échéant, on détermine également de manière analogue la consommation finale d'énergie pour l'humidification.

Lors de l'extension d'un bâtiment, les cas suivants peuvent se présenter :

- si on place de nouveaux générateurs de chaleur et/ou de froid qui fonctionnent indépendamment des appareils existants, on applique la procédure ci-après dans son entièreté ;
- si on place de nouveaux générateurs de chaleur et/ou de froid qui fonctionnent en combinaison avec les appareils existants, il faut appliquer la procédure ci-dessous, sans tenir compte des appareils existants ;
- si on ne place pas d'appareils supplémentaires, mais qu'on fait uniquement usage d'appareils existants, on peut au choix :
  - soit appliquer la procédure ci-dessous aux appareils existants si toutes les informations nécessaires sont disponibles de manière univoque,
  - soit calculer avec les valeurs par défaut suivantes :
    - $\eta_{gen,heat}$ = 0,77 (par rapport au pouvoir calorifique supérieur), avec du mazout comme vecteur énergétique,
    - $\eta_{gen,cool}$ = 2,2, avec électricité comme vecteur énergétique.

7.2 Consommation finale mensuelle d'énergie pour le chauffage, le refroidissement et l'humidification

7.2.1 Chauffage et humidification

Si plusieurs générateurs de chaleur alimentent un secteur énergétique en chaleur et que ces appareils n'ont pas tous le même rendement de production selon le § 7.5 et/ou n'utilisent pas tous le même vecteur énergétique, on répartit de manière conventionnelle les besoins bruts en énergie pour le chauffage entre les générateurs de chaleur préférentiels et les générateurs non préférentiels tel que décrit ci-dessous.

Ce formalisme est maintenu même s'il n'y a qu'un générateur de chaleur, ou si tous les générateurs de chaleur selon le § 7.5 ont le même rendement (et utilisent le même vecteur énergétique). Ce (groupe de) générateur(s) de chaleur constitue alors le générateur de chaleur préférentiel et assure 100% des

besoins. Le générateur de chaleur non préférentiel (non défini) se voit attribuer 0% des besoins.

Remarque : plusieurs appareils électriques de chauffage à résistance sont donc considérés collectivement comme un seul générateur de chaleur isolé. De même, un groupe de chaudières identiques est traité comme un seul générateur de chaleur.

Une méthode analogue s'applique aux installations d'humidification.

La consommation finale d'énergie pour le chauffage est donnée, par mois et par secteur énergétique, par :

Eq. 77
$$Q_{heat,final,seci,m,pref} = \frac{f_{heat,m,pref} \cdot \left(1 - f_{as,heat,seci,m}\right) \cdot Q_{heat,gross,seci,m}}{\eta_{gen,heat,pref}} \quad (MJ)$$

Eq. 305
$$Q_{heat,final,seci,m,npref} = \sum_{k} \frac{f_{heat,m,npref\ k} \cdot \left(1 - f_{as,heat,seci,m}\right) \cdot Q_{heat,gross,seci,m}}{\eta_{gen,heat,npref\ k}} \quad (MJ)$$

La consommation finale d'énergie pour l'humidification est donnée, par humidificateur, par :

Eq. 79
$$Q_{hum,final,j,m,pref} = \frac{f_{heat,m,pref} \cdot \left(1 - f_{as,hum,j,m}\right) \cdot Q_{hum,net,j,m}}{\eta_{gen,heat,pref}} \quad (MJ)$$

Eq. 306
$$Q_{hum,final,j,m,npref} = \sum_{k} \frac{f_{heat,m,npref\ k} \cdot \left(1 - f_{as,hum,j,m}\right) \cdot Q_{hum,net,j,m}}{\eta_{gen,heat,npref\ k}} \quad (MJ)$$

où :

$Q_{heat,final,seci,m,pref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie du/des générateur(s) de chaleur préférentiel(s) pour le chauffage du secteur énergétique i, en MJ ;
$f_{heat,m,pref}$	la fraction mensuelle moyenne de la quantité totale de chaleur fournie par le(s) générateur(s) de chaleur connectés préférentiel(s), telle que déterminée au 7.3.1, (-) ;
$f_{as,m}$	la part des besoins de chaleur totaux, couverte par un système d'énergie solaire thermique, déterminée tel que décrit ci-dessous. Les indices "heat,sec i" et "hum,j" de la quantité de chaleur fournie correspondent respectivement au secteur énergétique i et à l'humidificateur j ;
$Q_{heat,gross,seci,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage du secteur énergétique i, déterminés selon le § 6.2, en MJ ;
$\eta_{gen,heat,pref}$	le rendement de production du (des) générateur(s) de chaleur préférentiel(s), déterminé selon le § 7.5.1, (-) ;
$Q_{heat,final,seci,m,npref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) générateur(s) de chaleur non préférentiel(s) pour le chauffage du secteur énergétique i, en MJ ;
$\eta_{gen,heat,npref\ k}$	le rendement de production du (des) générateur(s) de chaleur non préférentiel(s), déterminé selon le § 7.5.1, (-) ;

$f_{heat,m,npref\ k}$	la fraction mensuelle de production de chaleur totale produit par le(s) générateur(s) de chaleur non préférentiel(s) k, déterminé selon § 7.3.1, (-) ;
$Q_{hum,final,j,m,pref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) générateur(s) de chaleur préférentiel(s) pour l'humidificateur j, en MJ ;
$Q_{hum,net,j,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification d'un humidificateur j, déterminés selon le § 5.11, en MJ ;
$Q_{hum,final,j,m,npref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) générateur(s) de chaleur non préférentiel(s) pour l'humidificateur j, en MJ.

Il faut effectuer une sommation sur tous les générateurs de chaleur non préférentiels k.

Seuls les systèmes d'énergie solaire thermique de qualité sont pris en compte dans le calcul de la contribution énergétique utile mensuelle d'un système d'énergie solaire thermique. Le Ministre peut déterminer des règles pour déterminer la qualité des systèmes d'énergie solaire thermique. Le Ministre peut déterminer les conditions auxquels un système d'énergie solaire thermique doit satisfaire pour être considéré comme un système d'énergie solaire thermique de qualité.

La contribution énergétique utile mensuelle (fraction solaire) d'un système d'énergie solaire thermique actif doit être déterminée selon l'approche simplifiée du § 10.4.1.1 de l'annexe A.1. L'énergie des auxiliaires (par exemple pour un circulateur) doit, en outre, être multipliée par le facteur de conversion en énergie primaire pour l'électricité et ëtre soustraite lors de la détermination de la contribution énergétique utile mensuelle. Dans le cas où il n'y a pas d'installation de panneaux solaires thermiques qui contribue à la production de chaleur d'un secteur énergétique i, ou d'un appareil d'humidification j, les fractions $f_{as,heat,sec\ i,m}$ et $f_{as,hum,j,m}$ sont nulles.

7.2.2 Refroidissement

Un générateur de froid peut fonctionner en mode free-chilling.

Le free-chilling est une technique de refroidissement où l'eau de refroidissement est rafraîchie sans l'utilisation d'une machine de refroidissement. On distingue 3 formes de free-chilling :

- le free-chilling par air : cette technique fait usage de l'air comme source froide. Le circuit d'eau froide est refroidi par une tour de refroidissement ou un aéro-refroidisseur (dry-cooler) ;
- le geo-cooling, systèmes fermés : cette technique fait usage du sol comme source froide. Le circuit d'eau froide est refroidi par un ou plusieurs échangeur(s) de chaleur enterrés ;
- le geo-cooling, systèmes ouverts : cette technique fait usage d'eaux souterraines comme source froide. Le circuit d'eau froide est refroidi par l'utilisation des eaux souterraines qui sont pompées puis réinjectées.

Les deux premières formes décrites ci-dessus ne sont prises en compte qu'en combinaison avec une machine frigorifique.

Si plusieurs générateurs de froid alimentent un secteur énergétique en froid et que ces générateurs n'ont pas tous le même rendement de production selon le

§ 7.5.2 et/ou n'utilisent pas tous le même vecteur énergétique et/ou sont combinés avec une forme différente de free-chilling, on répartit de manière conventionnelle les besoins bruts en énergie pour le refroidissement entre les générateurs de froid préférentiels et non préférentiels tel que décrit ci-dessous.

Ce formalisme est maintenu même s'il n'y a qu'un seul générateur de froid, ou si tous les générateurs de froid selon le § 7.5 ont le même rendement (et utilisent le même vecteur énergétique et ne sont pas combinés à différentes formes de free-chilling). Ce (groupe de) générateur(s) de froid constitue alors le générateur de froid préférentiel et assure 100% des besoins. Le générateur de froid non préférentiel (non défini) se voit attribuer 0% des besoins.

Eq. 81 $$Q_{cool,final,sec\ i,m,pref} = f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \cdot \frac{Q_{cool,gross,sec\ i,m}}{\eta_{gen,cool,m,pref}} \quad (MJ)$$

Eq. 82 $$Q_{cool,final,sec\ i,m,npref} = \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \cdot \frac{Q_{cool,gross,sec\ i,m}}{\eta_{gen,cool,m,npref}} \quad (MJ)$$

où :

$Q_{cool,final,seci,m,pref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) générateur(s) de froid préférentiel(s) pour le refroidissement du secteur énergétique i, en MJ ;
$f_{cool,pref}$	la fraction annuelle moyenne de la quantité totale de froid fournie par le(s) générateur(s) de froid connecté(s) préférentiel(s), tel que déterminé au § 7.3.2, (-) ;
$f_{cool,m,free,pref}$	la fraction mensuelle moyenne de la quantité totale d'énergie fournie par le(s) générateur(s) de froid connecté(s) préférentiel(s) en mode free-chilling, tel que déterminé au 7.4, (-) ;
$f_{cool,m,free,npref}$	la fraction mensuelle moyenne de la quantité totale d'énergie fournie par le(s) générateur(s) de froid connecté(s) préférentiel(s) en mode free-chilling, tel que déterminé au 7.4, (-) ;
$Q_{cool,gross,seci,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, déterminés selon le § 6.2, en MJ ;
$\eta_{gen,cool,m,pref}$	le rendement de production mensuel du (des) générateur(s) de froid préférentiel(s), déterminé selon le § 7.5.2, (-) ;
$Q_{cool,final,seci,m,npref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) générateur(s) de froid non préférentiel(s) pour le refroidissement du secteur énergétique i, en MJ ;
$\eta_{gen,cool,m,npref}$	le rendement de production mensuel du (des) générateur(s) de froid non préférentiel(s), déterminé selon le § 7.5.2, (-).

7.3 Répartition des besoins bruts en énergie entre générateurs préférentiels et non préférentiels

7.3.1 Chauffage

On détermine la fraction mensuelle de la quantité totale de chaleur fournie par le générateur préférentiel comme suit :

- S'il n'y a qu'un seul générateur de chaleur pour le secteur énergétique considéré, ou si tous les générateurs de chaleur ont le même rendement de production selon le § 7.5 (et qu'ils utilisent le même vecteur énergétique),

on applique pour la fraction préférentielle moyenne mensuelle pour le chauffage, $f_{heat,m,pref} = 1$;

- sinon :

si le générateur de chaleur préférentiel n'est ni une cogénération sur site, ni
site, ni une pompe à chaleur utilisant l'air extérieur comme source de chaleur,
chaleur, les valeurs de $f_{heat,m,pref}$ doivent être reprises du

Tableau [47]. Pour appliquer le

- Tableau [47], il faut faire une interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires de x_m,
- si le générateur de chaleur préférentiel est une installation de cogénération, les valeurs de $f_{heat,m,pref}$ doivent être reprises du Tableau [18],
- si le générateur de chaleur préférentiel est une pompe à chaleur utilisant l'air extérieur comme source de chaleur, les valeurs de $f_{heat,m,pref}$ doivent être reprises du Tableau [48]. Pour appliquer le Tableau [48], il faut faire une interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires de x_m.

En cas d'application d'une cogénération en combinaison avec un ou plusieurs autres générateurs de chaleur, c'est la cogénération qui fait office de générateur de chaleur préférentiel. Si le générateur de chaleur préférentiel fournit de la chaleur à plus d'une partie fonctionnelle, les valeurs de $f_{heat,m,pref}$ pour une fonction avec profil de besoin fluctuant seront utilisées, sauf si la somme des surfaces au sol des fonctions avec un profil de besoin constant pour lesquelles l'appareil préférentiel fournit de la chaleur est plus grande que la moitié de la somme des surfaces au sol de toutes les parties fonctionnelles pour laquelle l'appareil préférentiel fournit de la chaleur. Dans ce dernier cas les valeurs de $f_{heat,m,pref}$ pour une fonction avec profil de besoin constant seront utilisées. Il faut se référer au bas de ce paragraphe pour la subdivision par fonction selon un profil de besoin fluctuant ou constant. Cette méthode n'est valable que dans une unité PEN. Si l'appareil préférentiel déssert des unités PEN et PER, $f_{heat,m,pref}$ est déterminé pour les unités PEN comme décrit dans de chapitre et pour les unités PER selon le § 10.2.2 de l'annexe A.1.

La régulation entre appareils préférentiels et non préférentiels est une "régulation de puissance crête additionnelle" si le(s) appareil(s) non préférentiel(s) ne fonctionne(nt) qu'au moment où la demande de puissance est plus grande que la puissance que peut fournir l'appareil préférentiel, et si dans cette période l'appareil préférentiel fonctionne à pleine puissance. Dans tous les autre cas et aussi par défaut, une "régulation de puissance crête" est d'application.

Les valeurs pour $f_{heat,m,pref}$ sont toujours fonction de la variable auxiliaire x_m, déterminée selon :

Eq. 307
$$x_m = \frac{\begin{bmatrix} \sum_i (1-f_{as,heat,seci,m}) \cdot Q_{heat,gross,seci,m} + \sum_j (1-f_{as,water,bath\ j,m}) \cdot Q_{water,bath\ j,\ gross,m} + \\ \sum_k (1-f_{as,water,sink\ k,m}) \cdot Q_{water,sink\ k,\ gross,m} + \sum_l (1-f_{as,water,other\ l,m}) \cdot Q_{water,other\ l,\ gross,m} + \\ \sum_n (1-f_{as,hum,n,m}) \cdot Q_{hum,net,n,m} + \sum_o \frac{f_{cool,pref} \cdot Q_{cool,gross,seco,m}}{EER_{nom}} \end{bmatrix}}{(1000 \cdot P_{gen,heat,pref} \cdot t_m)} \quad (-)$$

où :

x_m la variable auxiliaire pour la détermination de la fraction en demande de chaleur couverte par l'appareil préférentiel : le besoin en chaleur divisé par la production "virtuelle" du générateur en puissance maximale sans interruption pendant le mois considéré, (-) ;

$f_{as,[\ldots],m}$ la part des besoins de chaleur totaux couverte par un système d'énergie solaire thermique, déterminée selon § 10.4 de l'annexe A.1 au présent arrêté (suite à la demande de chaleur pour une unité PER) ou selon § 7.6 de la présente annexe (suite à la demande de chaleur pour une unité PEN). Avec l'un des indices suivants à la place de […] : "heat,sec i" pour le besoin de chaleur du secteur énergétique i, les indices "water,bath j", "water,sink k" et "water,other l" pour les besoins de chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire pour respectivement douche ou bain j, évier de cuisine k et

	autre point d'eau l et l'indice "hum,n" pour de besoin de chaleur pour l'humidification d'un appareil n, (-) ;
$Q_{heat,gross,seci,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage du secteur énergétique i, déterminés selon le § 9.2.1 de l'annexe A.1 au présent arrêté pour les unités PER et selon § 6.2 de la présente annexe pour les unités PEN, en MJ ;
$Q_{water,bath\ j,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire pour les douches ou baignoires j, déterminés selon le § 9.3.1 de l'annexe A.1 au présent arrêté pour les unités PER et selon § 6.5 de la présente annexe pour les unités PEN, en MJ ;
$Q_{water,sin\ k,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire des éviers de cuisine k, déterminés selon le § 9.3.1 de l'annexe A.1 au présent arrêté pour les unités PER et selon § 6.5 de la présente annexe pour les unités PEN, en MJ ;
$Q_{water,other\ l,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire des autres points de puisage d'eau chaude l, déterminés selon le § 6.5, en MJ ;
$Q_{hum,net,l,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification d'un appareil l, déterminés selon le § 5.11, en MJ ;
$f_{cool,pref}$	la fraction annuelle moyenne de la quantité totale de froid fournie par le(s) générateur(s) de froid connecté(s) préférentiel(s), tel que déterminé au § 7.3.2, (-) ;
EER_{nom}	le coefficient d'efficacité frigorifique, déterminé selon le § 7.5.2, (-) ;
$Q_{cool,gross,sec\ o,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement des locaux du secteur énergétique o, fourni par la machine de refroidissement par absorption, déterminés selon le § 6.2, en MJ ;
$P_{gen,heat,pref}$	la puissance nominale totale du (des) générateur(s) de chaleur préférentiel(s), en kW ;
t_m	la durée du mois considéré, reprise au Tableau [1], en Ms.

Il faut effectuer une somme sur tous les secteurs énergétique i chauffés par un/des générateur(s) préférentiel(s), sur toutes les douches et/ou baignoires j, les éviers de cuisines k et les autres point de puisage l alimentés par l'eau chaude sanitaire produite par le(s) générateur(s) préférentiel(s), sur tous les humidificateurs i chauffé par le(s) générateur(s) préférentiel(s) et sur tous les secteurs énergétiques o qui font partie d'une unité PEN et qui sont refroidis par la machine de refroidissement par absorption préférentielle.

NOTE 1 La puissance nominale des chaudières est la puissance nominale visée par la directive européenne Chaudières ;

NOTE 2 La puissance thermique des pompes à chaleur est déterminée selon NBN EN 14511, dans les conditions de test explicitées au § 10.2.3.3 de l'annexe A.1 au présent arrêté.

NOTE 3 La puissance thermique d'une installation de cogénération sur site est déterminée selon la méthode pour les appareils au gaz.

Tableau [47] : Fraction mensuelle de la chaleur totale fournie par le(s) générateur(s) préférentiel(s) par fonction, $f_{heat,m,pref}$, à l'exception des cogénérations sur site et des pompes à chaleur avec l'air extérieur en tant que source de chaleur.

Type de profil de besoin de la fonction →	Profil de besoin constant		Profil de besoin fluctuant	
Type de régulation de puissance pointe→	régulation de commutation de puissance de pointe	régulation additionelle de puissance de pointe	régulation de commutation de puissance de pointe	régulation additionelle de puissance de pointe
$x_m = 0$	1,00	1,00	1,00	1,00
$x_m = 0,05$	0,95	1,00	1,00	1,00
$x_m = 0,15$	0,66	0,90	0,86	0,98
$x_m = 0,25$	0,47	0,79	0,33	0,82
$x_m = 0,35$	0,31	0,67	0,09	0,64
$x_m = 0,45$	0,20	0,57	0,02	0,51
$x_m = 0,55$	0,13	0,51	0	0,41
$x_m = 0,65$	0,10	0,44	0	0,35
$x_m = 0,75$	0,07	0,39	0	0,31
$x_m = 0,85$	0,05	0,36	0	0,27
$x_m = 0,95$	0,05	0,33	0	0,24
$x_m = 1,05$	0,05	0,31	0	0,22
$x_m = 1,10$	0,05	0,30	0	0,20
$1,10 < x_m$	0,05	0,30	0	0,20

Fonctions avec profil de besoin contant : bureau, hébergement, soins de santé avec occupation nocturne, soins de santé sans occupation nocturne, commerce / services, sport sauna/piscine (t° élevée), locaux techniques.

Fonctions avec profil de besoin fluctuant : enseignement, soins de santé salle d'opération, hébergement avec occupation importante, hébergement avec faible occupation, hébergement avec cafétéria/réfectoire, cuisine, sport salle de sport (basse t°), sport fitness/danse (t° moyenne), communs, autre, inconnue.

Tableau [18] : Valeur de la fraction mensuelle de la chaleur totale fournie par une installation de cogénération sur site

Cas		Fraction mensuelle
$V_{stor,cogen} < V_{stor,30\ min}$	$0 \leq x_m < 0,2$	0
	$0,2 \leq x_m < 0,6$	$1,25 \cdot x_m - 0,25$
	$0,6 \leq x_m < 0,92$	0,5
	$0,92 \leq x_m$	$\frac{0,77}{x_m + 0,62}$
$V_{stor,cogen} \geq V_{stor,30\ min}$	$0 \leq x_m < 0,05$	0
	$0,05 \leq x_m < 0,25$	$2,9 \cdot x_m - 0,145$
	$0,25 \leq x_m < 0,42$	$0,94 \cdot x_m + 0,345$
	$0,42 \leq x_m$	$\frac{0,77}{x_m + 0,62}$

Les symboles présents dans le tableau sont définis comme suit :

$V_{stor,cogen}$ le volume d'eau du ballon, servant au stockage de chaleur fournie par l'installation de cogénération, en m³ ;

$V_{stor,30\ min}$ le volume d'eau minimal du ballon afin de couvrir pendant 30 minutes la production de l'installation de cogénération sur site à pleine puissance, en m³, déterminé selon le § A.6.

Tableau [48] : Valeur de la fraction mensuelle de la chaleur totale fournie par le(s) générateur(s) préférentiel(s), $f_{heat,m,pref}$ – générateur préférentiel étant une pompe à chaleur utilisant l'air extérieur comme source de chaleur

Profil de besoin de la fonction	Profil de besoin constant											
Régulation de puissance pointe	régulation de commutation de puissance de pointe						régulation additionelle de puissance de pointe					
$f_{\theta,heat} \cdot COP_{test}$	<2,25	<2,50	<2,75	<3,00	<3,50	≥3,50	<2,25	<2,50	<2,75	<3,00	<3,50	≥3,50
$x_m = 0$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$x_m = 0,05$	0,82	0,87	0,90	0,94	0,94	0,94	0,83	0,89	0,93	0,97	0,99	0,99
$x_m = 0,15$	0,38	0,47	0,53	0,58	0,63	0,65	0,43	0,54	0,65	0,76	0,85	0,89
$x_m = 0,25$	0,25	0,30	0,35	0,42	0,46	0,47	0,33	0,42	0,50	0,61	0,73	0,78
$x_m = 0,35$	0,21	0,24	0,27	0,30	0,32	0,32	0,30	0,38	0,45	0,54	0,63	0,66
$x_m = 0,45$	0,17	0,19	0,21	0,22	0,22	0,23	0,26	0,33	0,39	0,47	0,54	0,57
$x_m = 0,55$	0,14	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,25	0,31	0,36	0,43	0,49	0,51
$x_m = 0,65$	0,11	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,20	0,29	0,34	0,38	0,43	0,45
$x_m = 0,75$	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,1	0,18	0,25	0,29	0,34	0,38	0,40
$x_m = 0,85$	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,17	0,22	0,26	0,30	0,35	0,37
$x_m = 0,95$	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,16	0,21	0,24	0,28	0,33	0,35
$x_m = 1,05$	0	0	0	0	0	0	0,15	0,19	0,22	0,26	0,30	0,32
$x_m = 1,15$	0	0	0	0	0	0	0,15	0,18	0,21	0,25	0,29	0,30
$x_m = 1,20$	0	0	0	0	0	0	0,15	0,16	0,19	0,22	0,27	0,30
$1,20 < x_m$	0	0	0	0	0	0	0,15	0,16	0,19	0,22	0,27	0,30
Profil de besoin de la fonction	Profil de besoin fluctuant											
Régulation de puissance pointe	régulation de commutation de puissance de pointe						régulation additionelle de puissance de pointe					
$f_{\theta,heat} \cdot COP_{test}$	<2,25	<2,50	<2,75	<3,00	<3,50	≥3,50	<2,25	<2,50	<2,75	<3,00	<3,50	≥3,50
$x_m = 0$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$x_m = 0,05$	0,76	0,87	0,95	0,97	0,99	0,99	0,76	0,87	0,95	0,98	1,00	1,00
$x_m = 0,15$	0,45	0,56	0,64	0,73	0,80	0,81	0,46	0,59	0,69	0,78	0,90	0,94
$x_m = 0,25$	0,31	0,36	0,39	0,41	0,41	0,42	0,40	0,51	0,59	0,68	0,77	0,80
$x_m = 0,35$	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,35	0,43	0,49	0,56	0,62	0,65
$x_m = 0,45$	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,30	0,37	0,42	0,48	0,53	0,54
$x_m = 0,55$	0	0	0	0	0	0	0,24	0,30	0,34	0,38	0,43	0,44
$x_m = 0,65$	0	0	0	0	0	0	0,18	0,23	0,26	0,30	0,35	0,37
$x_m = 0,75$	0	0	0	0	0	0	0,14	0,18	0,21	0,25	0,29	0,31
$x_m = 0,85$	0	0	0	0	0	0	0,11	0,15	0,18	0,22	0,26	0,27
$x_m = 0,95$	0	0	0	0	0	0	0,10	0,13	0,15	0,19	0,23	0,24
$x_m = 1,05$	0	0	0	0	0	0	0,09	0,12	0,14	0,17	0,20	0,22
$x_m = 1,10$	0	0	0	0	0	0	0,07	0,09	0,11	0,16	0,19	0,20
$1,10 < x_m$	0	0	0	0	0	0	0,07	0,09	0,11	0,16	0,19	0,20

Les symboles représentés dans le tableau sont définis comme suit :

COP_{test} le coefficient de performance de la pompe à chaleur, déterminé selon 10.2.3.3 de l'annexe A.1 au présent arrêté (-) ;

$f_{\theta,heat}$ un facteur de correction pour le différence entre la température de départ vers le système d'émission de chaleur (ou installations à accumulation dans ce cas-ci) et la température de sortie du condenseur, déterminé selon § 10.2.3.3 de l'annexe A.1 au présent arrêté, (-) ;

S'il y a un générateur de chaleur non préférentiel pour le secteur énergétique considéré, ou si tous les générateurs de chaleurs non préférentiels on le même rendement de production selon le § 7.5 (et utilisent le même vecteur énergétique), la fraction mensuelle pour le chauffage du générateur non préférentiel k est déterminé comme suit :

Eq. 308 $f_{heat,m,npref\ k} = 1 - f_{heat,m,pref}$ (-)

S'il y a plusieurs générateurs de chaleurs non préférentiels avec différent rendements de production selon le § 7.5 (et/ou qu'ils utilisent différent vecteurs énergétique), les fractions mensuelles pour le chauffage de chaque générateur non préférentiel k sont déterminés comme suit :

Eq. 309 $f_{heat,m,npref\,k} = (1 - f_{heat,m,pref}) \cdot \frac{P_{gen,heat,npref\,k}}{\sum_k P_{gen,heat,npref\,k}}$ (-)

où :

$f_{heat,m,npref\ k}$ la faction mensuelle de la production de chaleur totale fournie par le générateur non préférentiel k, (-) ;

$f_{heat,m,pref}$ la faction mensuelle de la production de chaleur totale fournie par le(s) générateur(s) préférentiel (s), (-) ;

$P_{gen,heat,npref\ k}$ la puissance nominale totale du (des) générateur(s) non préférentiel(s) k, en kW ;

Il faut effectuer une somme sur tous les générateurs de chaleur non préférentiels k.

NOTE 1 La puissance nominale des chaudières est la puissance nominale visée par la directive européenne Chaudières ;

NOTE 2 La puissance thermique des pompes à chaleur est déterminée selon NBN EN 14511, dans les conditions de test explicitées au § 10.2.3.3 de l'annexe A.1 au présent arrêté.

NOTE 3 La puissance thermique d'une installation de cogénération sur site est déterminée selon la méthode pour les appareils au gaz.

7.3.2 Refroidissement

S'il n'y a qu'un générateur de froid pour le secteur énergétique considéré, ou si tous les générateurs de froid ont le même rendement selon le § 7.5, utilisent le même vecteur énergétique et sont combinés à une même forme de free-chiling, on applique pour la fraction préférentielle moyenne annuelle pour le refroidissement : $f_{cool,pref} = 1,0$

Dans tous les autres cas, on relève la fraction préférentielle moyenne annuelle du Tableau [19].

En cas d'utilisation d'une machine frigorifique à absorption combinée avec un ou plusieurs autres générateurs de froid, c'est la machine frigorifique à absorption qui est prise comme générateur de froid préférentiel.

En cas d'utilisation d'un système ouvert géo-cooling combiné avec un ou plusieurs autres générateurs de froid, c'est le système ouvert géo-cooling qui est pris comme générateur de froid préférentiel.

Dans tous les autres cas, on prend comme générateur de froid préférentiel le générateur avec le plus haut rendement, déterminé selon le § 7.5.2.

Tableau [19] : Fraction moyenne annuelle du froid fourni par le(s) générateur(s) de froid préférentiel(s) $f_{cool,pref}$, en fonction du rapport des puissances $\beta_{gen,cool}$.

$\beta_{gen,cool}$	$f_{cool,pref}$
de 0,0 à 0,1	0,1
de 0,1 à 0,2	0,2
de 0,2 à 0,3	0,5
de 0,3 à 0,5	0,8
de 0,5 à 1,0	1,0

On détermine le rapport entre la puissance nominale du (des) générateur(s) de froid préférentiel(s) et la puissance nominale de tous les générateurs de froid $\beta_{gen,cool}$ comme suit :

Eq. 84 $$\beta_{gen,cool} = \frac{P_{gen,cool,pref}}{P_{gen,cool,pref} + P_{gen,cool,npref}} \quad (-)$$

où :

$\beta_{gen,cool}$ le rapport entre la puissance nominale de refroidissement du (des) générateur(s) de froid préférentiel(s) et la puissance nominale de refroidissement de tous les générateurs de froid pour le secteur énergétique, (-) ;

$P_{gen,cool,pref}$ la puissance nominale totale de refroidissement du (des) générateur(s) de froid préférentiel(s), en kW ;

$P_{gen,cool,npref}$ la puissance nominale totale de refroidissement du (des) générateur(s) de froid non préférentiel(s), en kW.

La puissance de refroidissement à appliquer pour la détermination de $\beta_{gen,cool}$ des différents types de générateurs de froid s'exprime comme suit :

- machines frigorifiques à compression : la puissance frigorifique mesurée selon la NBN EN 14511 dans les conditions nominales (standard rating conditions) ;
- machines frigorifiques à absorption : la puissance frigorifique mesurée soit selon la NBN EN 12309-2 ou selon la "ARI Standard 560 : 2000" ;
- geo-cooling / système ouvert :

Eq. 85 $$P_{gen,cool,free} = 4187 \cdot \Delta T_{max} \cdot \varphi_{well} \quad (kW)$$

où :

ϕ_{well} le débit du puits de forage, repris dans le permis d'environnement (le débit puisé). S'il y a plusieurs sources, il s'agit du débit total de l'ensemble des sources, en m^3/s ;

ΔT_{max} la différence de température entre l'eau puisée et l'eau réinjectée, fixée à 6°C.

7.4 Fraction mensuelle moyenne d'énergie apportée par free-chilling

Le paramètre $f_{cool,m,free}$ permet de valoriser qu'une partie des besoins bruts en énergie pour le refroidissement est couverte par un générateur fonctionnant en mode free-chilling.

La consommation en énergie finale des générateurs fonctionnant en mode free-chilling est en général estimée comme nulle. La consommation réelle de ces générateurs est alors prise en compte dans la partie consommation auxiliaire (§ 8).

Dans le cas où le(s)générateur(s) ne fonctionne(nt) pas en mode free-chilling, la fraction mensuelle moyenne en free-chilling : $f_{cool,m,free} = 0$

Dans le cas d'un système ouvert geo-cooling, celui-ci est toujours considéré comme fonctionnant en mode free-chilling. Dans ce cas : $f_{cool,m,free} = 1$

Une machine frigorifique (refroidie à l'eau) peut fonctionner en mode free-chilling. Dans ce cas, la puissance de refroidissement des tours de refroidissement (free-chilling par air) ou par un échangeur géothermique (geo-cooling / système fermé) est extraite directement sans passer par la machine de refroidissement (by-pass).

La fraction mensuelle moyenne en free-chilling est donnée par :

Eq. 86 $$f_{cool,m,free} = f_{cool,free,sizing} \cdot f_{cool,m,free,operation} \quad (-)$$

où :

$f_{cool,free,sizing}$ la fraction annuelle moyenne de la quantité totale de froid fournie par le(s) générateur(s)fonctionnant en mode free-chilling, s'il n'existait pas de limite imposée par les conditions opératoires, telles que déterminé ci-dessous, (-) ;

$f_{cool,m,free,operation}$ la fraction mensuelle moyenne de la quantité totale de froid fournie par le(s) générateur(s) fonctionnant en mode free-chilling imposée par les conditions de fonctionnement, c'est-à dire s'il n'existait pas de limite imposée par la taille de ce générateur, telles que déterminé ci-dessous(-).

Eq. 87 $$f_{cool,free,sizing} = \frac{P_{gen,cool,free}}{P_{gen,cool,nfree} + P_{gen,cool,free}} \quad (-)$$

où :

$P_{gen,cool,free}$ la puissance nominale totale de refroidissement du (des) générateur(s) de froid qui ont été conçus pour pouvoir fonctionner en mode free-chilling, en kW ;

$P_{gen,cool,nfree}$ la puissance nominale totale de refroidissement du (des) générateur(s) de froid qui n'ont pas été conçus pour pouvoir fonctionner en mode free-chilling, en kW.

La puissance de froid à appliquer pour la détermination de $f_{cool,free,sizing}$ des différents types de générateurs de froid est donnée ci-dessous :

- machines à compression de froid : la puissance de refroidissement telle que mesurée selon les conditions standard définies dans la norme EN 14511 ;
- machines à absorption : la puissance de refroidissement telle que mesurée soit selon la norme NBN EN 12309-2, soit selon la norme ARI Standard 560:2000.

On tire la valeur de $f_{cool,m,free,operation}$ du Tableau [20].

Tableau [20] : Fraction mensuelle moyenne $f_{cool,m,free,operation}$ des besoins totaux en froid délivrés par un générateur(s) fonctionnant en mode free-chilling en fonction des limitations sur les conditions de fonctionnement

Mois	$f_{cool,m,free,operation}$		
	Free-chilling par air		Geo-cooling / système fermé
	$\theta_{ev} < 16°C$	$\theta_{ev} \geq 16°C$	
janvier	0,966	1,000	0
février	0,909	0,969	0
mars	0,763	0,876	0
avril	0,404	0,834	0,25
mai	0,134	0,482	0,50
juin	0,027	0,339	0,75
juillet	0,014	0,229	0,85
août	0,010	0,176	0,85
septembre	0,030	0,507	0,75
octobre	0,218	0,772	0,40
novembre	0,730	0,886	0
décembre	0,878	0,970	0

Avec :

θ_{ev} la température de fonctionnement de l'évaporateur au point de fonctionnement, tel que déterminé au § 0, en °C.

7.5 Rendements de production pour le chauffage et le refroidissement

7.5.1 Rendement de production pour le chauffage

Le rendement de production d'un producteur de chaleur $\eta_{gen,heat}$ se détermine de la même manière que dans le cas des unités résidentielles : voir le § 10.2.3 de l'annexe A.1 au présent arrêté.

La valeur par défaut pour la température de retour de conception des appareils d'humidification et des caissons de traitement d'air est de 70°C.

Pour les pompes à chaleur sur boucle d'eau, le Ministre peut déterminer les règles de calcul.

Pour les systèmes à débit de réfrigérant variable (VRF), une méthode de détermination du rendement de production est prévue telle que décrite ci-dessous.

Rendement de production pour un système multi-split à débit de réfrigérant variable (VRF)

Un système multi-split à débit de réfrigérant variable (VRF : Variable Refrigerant Flow) est constitué de plusieurs unités intérieures alimentées en réfrigérant et qui travaillent en mode évaporateur (climatisation) ou condenseur (chauffage) et d'une unité extérieure. Les unités intérieures sont reliées à l'unité extérieure au moyen d'un circuit de réfrigérant. Ce type de système permet de réaliser du transfert d'énergie thermique entre les zones du bâtiment à refroidir et celles à réchauffer.

Eq. 88 $$\eta_{gen,heat,seci,m} = \frac{SPF}{f_{rec,m,vrf}} \quad (-)$$

où :

SPF le facteur de performance saisonnière moyen, déterminé selon le § 10.2.3.3 de l'annexe A.1 au présent arrêté, (-) ;

$f_{rec,m,vrf}$ le facteur de récupération mensuel de chaleur tel que déterminé ci-dessous, (-).

Eq. 89 $$f_{rec,m,vrf} = 0,85 \cdot \left[\left(\frac{Q_{heat,gross,seci,m}}{Q_{heat,gross,seci,m} + Q_{cool,gross,seci,m}} \right)^{1,2} + \left(\frac{Q_{cool,gross,seci,m}}{Q_{heat,gross,seci,m} + Q_{cool,gross,seci,m}} \right)^{1,2} \right] \quad (-)$$

où :

$Q_{cool,gross,seci,m}$ les besoins mensuels bruts pour le refroidissement des espaces du secteur énergétique i, déterminés selon le § 6.2, en MJ ;

$Q_{heat,gross,seci,m}$ les besoins mensuels bruts pour le chauffage des espaces du secteur énergétique i, déterminés selon le § 6.2, in MJ.

Le rendement de production d'un système "combilus" est déterminé selon des règles déterminées par le Ministre.

7.5.2 Rendement de production pour le refroidissement

Si aucun refroidissement actif n'est appliqué, on pose par hypothèse que le rendement de production est égal à 5, avec l'électricité comme vecteur énergétique.

Si une installation de refroidissement actif est effectivement placée, et cela dans le cas d'une machine frigorifique à compression et/ou une machine à absorption, alors le rendement de production mensuel pour le refroidissement $\eta_{gen,cool,m}$ doit être déterminé selon le Tableau [21].

Pour les pompes à chaleur sur boucle d'eau, le Ministre peut déterminer les règles de calcul.

Pour les autres générateurs de froid, on détermine le rendement de production $\eta_{gen,cool,m}$ sur base d'une demande d'équivalence.

Tableau [21] : Formules et valeurs des paramètres pour la détermination du rendement de production mensuel pour le refroidissement actif

N°	Fluide dans le condenseur	Fluide dans l'évaporateur	Dénomination du générateur de froid	$\eta_{gen,cool,m}$
1a	air	air	Climatiseur refroidi par air, ou système multi-split à condensation par air	$\frac{EER_{nom}}{f_{PL}.f_{\theta,m}}$
1b			Système Multisplit avec débit de réfrigérant variable (VRF)	$\frac{EER_{nom}}{f_{PL}.f_{\theta,m}.f_{rec,m,vrf}}$
2	eau / eau glycolée	air	Climatiseur refroidi par eau, ou système multi-split à condensation par eau	$\frac{EER_{nom}}{f_{PL}.f_{\theta,m}}$
3	air	eau	Pompe à chaleur air/eau, ou groupe frigorifique refroidi par air avec ou sans condenseur séparé	$\frac{EER_{nom}}{f_{PL}.f_{\theta,m}}$
4	eau / eau glycolée	eau	Pompe à chaleur eau (glycolée)/eau, ou groupe frigorifique refroidi par eau avec ou sans condenseur séparé	$\frac{EER_{nom}}{f_{PL}.f_{\theta,m}}$
5	air / eau	eau	Machine à absorption	$EER_{nom} \cdot \left(\frac{f_{heat,m,pref}}{\eta_{gen,heat,pref}} + \frac{1 - f_{heat,m,pref}}{\eta_{gen,heat,npref}} \right)^{-1}$

où :

EER_{nom} le coefficient d'efficacité frigorifique, déterminé selon le § 7.5.2.1, (-) ;

f_{PL} le facteur de charge partielle qui tient compte du comportement à charge partielle du générateur de froid selon le § 7.5.2.2, (-) ;

$f_{\theta,m}$ le facteur de température mensuel qui tient compte de la modification de performance de la machine entre les ratios des

	températures des fluides secondaires au condenseur et à l'évaporateur au point de fonctionnement et dans les conditions nominales définies par les conditions standard de la norme NBN EN 14511 selon le § 7.5.2.3, (-) ;
$f_{rec,m,vrf}$	le facteur de récupération mensuel pour le refroidissement, déterminé selon le § 7.5.1, (-) ;
$f_{heat,m,pref}$	la fraction mensuelle moyenne de la quantité totale de chaleur fournie par le(s) générateur(s) de chaleur connectés préférentiel(s) : - vaut 1 pour les machines frigorifiques à absorption chauffées directement, (-) ; - déterminé selon le § 7.5.1 pour les machines frigorifiques à absorption chauffées indirectement, (-) ;
$\eta_{gen,heat,pref}$	le rendement de production du (des) générateur(s) de chaleur préférentiel(s) : - vaut 1 pour les machines frigorifiques à absorption chauffées directement, (-) ; - déterminé selon le § 7.5.1 pour les machines frigorifiques à absorption chauffées indirectement, (-) ;
$\eta_{gen,heat,npref}$	le rendement de production du (des) générateur(s) de chaleur non préférentiel(s) : - vaut 1 pour les machines frigorifiques à absorption chauffées directement, (-) ; - déterminé selon le § 7.5.1 pour les machines frigorifiques à absorption chauffées indirectement, (-).

7.5.2.1 Le coefficient d'efficacité frigorifique EER_{nom}

Valeur par défaut

On relève la valeur par défaut du Tableau [22] :

Tableau [22] : Valeurs par défaut pour la détermination du rendement de production pour le refroidissement actif

N°	Fluide dans le condenseur	Fluide dans l'évapo-rateur	Dénomination du générateur de froid	EER_{nom}	f_{PL}	$\theta_{co,nom}$	$\theta_{ev,nom}$
1a	air	air	Climatiseur refroidi par air, ou système multi-split à condensation par air	2,1	1,25	35	27
1b			Système Multisplit avec débit de réfrigérant variable (VRF)				
2	eau / eau glycolée	air	Climatiseur refroidi par eau, ou système multi-split à condensation par eau	3,05	1,25	30	27
3	air	eau	Pompe à chaleur air/eau, ou groupe frigorifique refroidi par air avec ou sans condenseur séparé	2,1	1,25	35	7
4	eau / eau glycolée	eau	Pompe à chaleur eau (glycolée)/eau, ou groupe frigorifique refroidi par eau avec ou sans condenseur séparé	3,05	1,25	30	7
5	air / eau	eau	Machine à absorption	0,7	-	-	-

Méthode détaillée

Pour les machines à compression, EER_{nom} est équivalent à EER_{test} tel que défini par les conditions standard de la norme NBN EN 14511, partie 2 de la norme.

Pour les machines frigorifiques alimentées thermiquement, EER_{nom} est équivalent à EER_{test} tel que défini par les conditions standard de la norme ARI Standard 560-2000.

7.5.2.2 Facteur de charge partielle f_{PL}

Valeur par défaut

On relève la valeur par défaut du Tableau [22].

Méthode détaillée

L'équation pour le facteur de charge partielle est donnée par :

Eq. 90 $$f_{PL} = 2,64 - 1,19 \cdot \left(\frac{SEER}{EER_{nom}} \right) \quad \textbf{(-)}$$

avec :

SEER le coefficient de performance saisonnière pour les machines frigorifiques à compression, déterminé selon prEN14825, (-) ;

EER_{nom} le coefficient d'efficacité frigorifique, déterminé selon le § 7.5.2.1, (-).

7.5.2.3 Facteur de température mensuel fθ,m

Le facteur de température mensuel est déterminé par :

Eq. 91 $$f_{\theta,m} = 1 + C_{\theta,1}.\Delta\theta_m + C_{\theta,2}.\Delta\theta_m^2$$ **(-)**

où :

$C_{\theta,1}$ une constante pour le calcul du facteur de température mensuel, tel que déterminé au § 7.5.2.3.1 ;

$C_{\theta,2}$ une constante pour le calcul du facteur de température mensuel, tel que déterminé au § 7.5.2.3.1 ;

$\Delta\theta_m$ la différence entre les rapports de température entre le condenseur et l'évaporateur dans le point de fonctionnement et le point de fonctionnement nominal, tel que défini ci-dessous, (-).

avec :

Eq. 92 $$\Delta\theta_m = \frac{(\theta_{co,m} + 273{,}15)}{(\theta_{ev} + 273{,}15)} - \frac{(\theta_{co,nom} + 273{,}15)}{(\theta_{ev,nom} + 273{,}15)}$$ (-)

où :

$\theta_{co,m}$ la température moyenne mensuelle de fonctionnement du condenseur au point de fonctionnement, tel que déterminé au § 7.5.2.3.2, en °C ;

θ_{ev} la température de fonctionnement de l'évaporateur au point de fonctionnement, tel que déterminé au § 0, en °C ;

$\theta_{co,nom}$ la température de fonctionnement du condenseur dans les conditions nominales, tel que déterminé au § 7.5.2.3.4, en °C ;

$\theta_{ev,nom}$ la température de fonctionnement de l'évaporateur dans les conditions nominales, tel que déterminé au § 7.5.2.3.4, en °C.

7.5.2.3.1 Constantes pour la détermination du facteur de température mensuel

Valeur par défaut

On relève la valeur par défaut du Tableau [23] :

Tableau [23] : Valeurs par défaut pour la détermination du facteur de température mensuel

Référence de machine frigorifique selon Tableau [21]	$C_{\theta,1}$	$C_{\theta,2}$
1a, 1b, 3	5,24	7,78
2, 4	8,81	30,9

Méthode détaillée

On relève la valeur par défaut du Tableau [24] :

Tableau [24] : Constantes pour la détermination du facteur de température mensuel

Référence de machine frigorifique selon Tableau [21]	Type de compresseur	$C_{\theta,1}$	$C_{\theta,2}$
1a, 1b, 3	Compresseur à pistons	5,24	7,78
	Compresseur scroll	7,33	18,6
	Compresseur à vis	6,41	17,0
2, 4	Compresseur scroll	8,81	30,9
	Compresseur à vis	9,14	42,8
	Compresseur centrifuge	9,98	40,1

7.5.2.3.2 Température de fonctionnement mensuelle du condenseur θco,m

Valeur par défaut

On relève la valeur par défaut du Tableau [25].

Méthode détaillée

- Pour les machines frigorifiques refroidies directement à l'air, reprendre la valeur de $\theta_{co,m}$ au Tableau [25].
- Pour les machines frigorifiques refroidies à l'eau qui utilisent une tour de refroidissement $\theta_{co,m}$ est égale à la température d'eau glacée à l'entrée du condenseur, telle que prévue dans le dimensionnement.
- Pour les autres machines frigorifiques refroidies à l'eau $\theta_{co,m}$ est égale à la température d'eau glacée à l'entrée du condenseur, telle que prévue dans le dimensionnement, déterminé selon des règles déterminées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

Tableau [25] : Température de fonctionnement mensuelle du condenseur $\theta_{co,m}$

Référence de machine frigorifique selon Tableau [21]	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
1a, 1b, 3	4,1	5,1	8,3	11,3	15,5	18,2	19,7	20,5	16,4	12,5	7,3	4,4
2, 4 avec tour de refroidis.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
2, 4 avec géo-cooling	9,2	9,9	10,3	10,9	11,7	12,3	12,5	12,7	12,0	11,2	10,4	9.9

7.5.2.3.3 Température à l'évaporateur au point de fonctionnement θ_{ev}

Valeur par défaut

On relève la valeur par défaut du Tableau [26] :

Tableau [26] : Température à l'évaporateur au point de fonctionnement θ_{ev}

Référence de machine frigorifique selon Tableau [21]	Système d'émission	θ_{ev}
1a, 1b, 2	-	26
3, 4, 5	plafonds froids et/ou poutres froides	16
	batteries froides dans des unités de traitement d'air ou ventiloconvecteurs ou autres	6

Si la machine frigorifique outre les plafonds froids et/ou les poutres froides utilise un autre système d'émission, la température à l'évaporateur au point de fonctionnement doit être prise égale à 6°C.

Méthode détaillée

La température de l'évaporateur au point de fonctionnement θ_{ev} est déterminée pas le dimensionnement du système d'émission et doit être déterminée par les règles déterminées par le Ministre ou, à défaut, sur base du principe d'équivalence.

7.5.2.3.4 Températures au condenseur et à l'évaporateur au point de fonctionnement et dans les conditions nominales θco,nom et θev,nom

Valeur par défaut

Dans le cas où on prend une valeur par défaut pour le coefficient d'efficacité frigorifique EER_{nom} de la machine à compression, les valeurs par défaut $\theta_{co,nom}$ en $\theta_{ev,nom}$ sont reprises au Tableau [22].

Méthode détaillée

Dans le cas où l'on ne prend pas la valeur par défaut pour le coefficient d'efficacité frigorifique EER_{nom} de la machine à compression, les températures au condenseur et à l'évaporateur au point de fonctionnement et dans les conditions nominales $\theta_{co,nom}$ en $\theta_{ev,no}$ au moyen desquelles le EER_{test} est déterminé, sont fixées par les standard rating conditions de la partie 2 de la norme NBN EN 14511.

Notes :

- Pour les machines refroidies par air (générateurs de froid numéros 1a, 1b et 3), $\theta_{co,nom}$ est la température bulbe sec à l'entrée du condenseur.
- Pour les machines refroidies par eau (générateurs de froid numéros 2 et 4), $\theta_{co,nom}$ est la température à l'entrée du condenseur.
- Pour les machines qui délivrent de la chaleur à l'air (générateurs de froid numéros 1a, 1b et 2), $\theta_{ev,nom}$ est la température bulbe sec à l'entrée de l'évaporateur.
- Pour les machines qui délivrent de la chaleur à l'eau (générateurs de froid numéros 3 et 4), $\theta_{ev,nom}$ est la température à la sortie de l'évaporateur.

7.6 Consommation finale mensuelle d'énergie pour l'eau chaude sanitaire

Pour les douches et/ou baignoires i (indice "bath") et les éviers de cuisine j (indice "sink"), le calcul de la consommation finale mensuelle d'énergie pour l'eau chaude sanitaire est analogue à la méthode appliquée aux unités résidentielles. Il faut donc appliquer le § 10.3 de l'annexe A.1 au présent arrêté.

Pour les autres points de puisage d'eau chaude k (indice "other"), on applique également le § 10.3 de l'annexe A.1 au présent arrêté mais en transposant les formules qui s'appliquent aux éviers (indice "sink" de l'annexe A.1 au présent arrêté).

8 Consommation mensuelle d'énergie auxiliaire

La consommation mensuelle d'énergie auxiliaire est déterminée dans ce chapitre. La conversion en consommation d'énergie primaire s'effectue au § 10.5.

8.1 Consommation d'électricité des ventilateurs affectés à la ventilation et à la circulation

8.1.1 Principe

La consommation d'électricité des ventilateurs affectés à la ventilation et à la circulation de l'air dans l'unité PEN est déterminée comme la somme de trois termes :

- la consommation des ventilateurs liée à la ventilation hygiénique ;
- la consommation des ventilateurs liée à la ventilation additionnelle mécanique en journée ;
- la consommation des ventilateurs liée à la ventilation additionnelle mécanique pendant la nuit.

Chacun de ces termes est le produit du nombre d'heures de service fixé ci-dessous et de la puissance effective à laquelle une pondération pour la régulation peut être intégrée.

Pour la ventilation hygiénique, la puissance effective est déterminée à l'aide du débit d'air $\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ utilisé au § 5.6.2.2, sauf si l'on démontre, sur base de la puissance installée réelle des ventilateurs, qu'une valeur inférieure s'applique pour la puissance effective. Pour les ventilations additionnelles, il est exigé de se baser sur les débits et puissances réels mesurés sur site.

On calcule la consommation annuelle d'électricité des ventilateurs suivant le § 8.1.2. Si la ventilation est entièrement naturelle et qu'il n'y a pas de ventilateurs, la consommation est évidemment égale à zéro.

8.1.2 Consommation d'électricité des ventilateurs

On détermine la consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs de l'unité PEN, $W_{fans,m}$, comme suit :

Eq. 93 $$W_{fans,m} = \sum_{f} W_{fans,fct\ f,m} \quad \text{(kWh)}$$

avec :

$W_{fans,fct\ f,m}$ la consommation mensuelle d'électricité de tous les ventilateurs au service de la partie fonctionnelle f, en kWh. La détermination s'effectue soit à l'aide de valeurs forfaitaires, selon le § 8.1.3, soit à l'aide des puissances installées réelles des moteurs électriques, selon le § 8.1.4. Dans le cas où une ventilation additionnelle mécanique doit être prise en compte, seul le calcul à l'aide des puissances installées réelles des moteurs électriques tel que décrit au § 8.1.4. est accepté.

Il faut effectuer une sommation sur toutes les parties fonctionnelles f appartenant à l'unité PEN.

Particularité de la fonction "Enseignement" : la consommation mensuelle d'électricité de tous les ventilateurs, $W_{fans,fct\ f,m}$, est considérée être nulle durant les mois de juillet et d'août.

8.1.3 Consommation d'électricité pour les ventilateurs par partie fonctionnelle à l'aide de valeurs par défaut

Dans ce cas, on détermine la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs dans la partie fonctionnelle f, $W_{fans,fct\ f,m}$, comme suit :

Eq. 94 $$W_{fans,fct\ f,m} = P_{def,fct\ f} \cdot f_{fans,fct\ f,m} \cdot \frac{t_m}{3,6} \quad \text{(kWh)}$$

avec :

$P_{def,fct\ f}$ la puissance effective forfaitaire des ventilateurs de pulsion et/ou d'extraction telle que déterminée ci-après, en W ;

$f_{fans,fct\ f,m}$ la fraction de temps pendant laquelle les ventilateurs sont en service au cours du mois considéré, déterminée selon le § 0, (-) ;

t_m la durée du mois considéré, reprise au Tableau [1], en Ms.

La puissance effective forfaitaire des ventilateurs, $P_{def,fct\ f}$, est donnée par :

Eq. 95 $$P_{def,fct\ f} = c_{sys} \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f} \quad \text{(kWh)}$$

où :

c_{sys} une constante dépendant du système de ventilation présent dans la partie fonctionnelle f, tel que déterminé ci-après, en Wh/m³ ;

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique dans la partie fonctionnelle f du secteur énergétique i, déterminé selon les principes spécifiés au § 5.6.2.2, en m³/h.

- Dans le cas d'un système où seule l'extraction est mécanique : C_{sys} = 0,33 Wh/m³.
- Dans le cas d'un système où l'alimentation est mécanique, éventuellement en combinaison avec une extraction mécanique, sans pré-refroidissement de l'air de ventilation : C_{sys} = 0,55 Wh/m³.
- Dans tous les autres cas : C_{sys} = 0,85 Wh/m³.

8.1.4 Consommation d'électricité pour les ventilateurs par partie fonctionnelle sur base des puissances installées réelles

Dans ce cas, on détermine la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs dans la partie fonctionnelle f, $W_{fans,fct\ f,m}$, comme suit :

Eq. 310
$$W_{fans,fct\ f,m} = W_{fans,hyg,fct\ f,m} + W_{fans,add\ m,day,cool,fct\ f,m} + W_{fans,add\ m,night,cool,fct\ f,m} \quad \text{(kWh)}$$

avec :

Eq. 311 $$W_{fans,hyg,fct\ f,m} = \sum_j \left(\frac{0,8 \cdot f_{ctrl,j} \cdot f_{fan,mod} \cdot P_{instal,j} \cdot}{\dot{V}_{hyg,fct\ f,j}} \cdot f_{fans,hyg,fct\ f,m} \cdot \frac{t_m}{3,6} \right) \quad (kWh)$$

Eq. 312 $$W_{fans,add\ m,day,cool,fct\ f,m} = \sum_j \left(\frac{0,8 \cdot \left(1 - f_{ctrl,j} \cdot f_{fan,mod}\right) \cdot P_{instal,j} \cdot}{\dot{V}_{add\ m,fct\ f,j}} \cdot f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} \cdot \frac{t_m}{3,6} \right) \quad (kWh)$$

Eq. 313 $$W_{fans,add\ m,night,cool,fct\ f,m} = \sum_j \left(\frac{0,8 \cdot P_{instal,j} \cdot}{\dot{V}_{add\ m,fct\ f,j}} \cdot f_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} \cdot \frac{t_m}{3,6} \right) \quad (kWh)$$

où :

$W_{fans,hyg,fct\ f,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs liée à la ventilation hygiénique dans la partie fonctionnelle f, en kWh ;

$W_{fans,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ la consommation additionnelle mensuelle d'électricité pour les ventilateurs liée à la ventilation additionnelle mécanique en journée dans la partie fonctionnelle f, en kWh ;

$W_{fans,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs liée à la ventilation additionnelle mécanique pendant la nuit dans la partie fonctionnelle f, en kWh ;

$f_{ctrl,j}$ un facteur de réduction pour la régulation du ventilateur j, repris au Tableau [27], (-) ;

$f_{fan,mod}$ un facteur de réduction de la puissance installée pour le fonctionnement en mode hygiénique, comme déterminé ci-dessous ;

$P_{instal,j}$ la valeur de calcul pour la puissance électrique installée du ventilateur, telle que déterminée ci-après, en W ;

$\dot{V}_{hyg,fct\ f,j}$ la part du débit de conception du ventilateur j pour la ventilation hygiénique au profit de la partie fonctionnelle f, en m³/h ;

$\dot{V}_{hyg,j}$ le débit de conception total du ventilateur j pour la ventilation hygiénique, en m³/h ;

$f_{fans,hyg,fct\ f,m}$ la fraction de temps pendant laquelle les ventilateurs sont en service au cours du mois considéré pour la ventilation hygiénique, déterminée selon le § 0, (-) ;

t_m la durée du mois considéré, reprise au Tableau [1], en Ms ;

$\dot{V}_{add\ m,fct\ f,j}$ la part du débit de conception du ventilateur j pour la ventilation additionnelle mécanique au profit de la partie fonctionnelle f, établi par des mesures in situ réalisées conformément aux règles déterminées par le Ministre, en m³/h. En l'absence de mesures, cette valeur est égale à $\dot{V}_{hyg,fct\ f,j}$;

$\dot{V}_{add\ m,j}$ le débit de conception total du ventilateur j pour la ventilation additionnelle mécanique, en m³/h ;

$f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation additionnelle mécanique en journée est en service

dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.3.2, (-) ;

$f_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation additionnelle mécanique pendant la nuit est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.4.1, (-).

et où $f_{fan,mod}$ vaut :

- dans le cas d'une régulation à vitesse de rotation variable :

$$f_{fan,mod} = \left(\frac{V_{hyg,fct\ f}}{V_{add\ m,fct\ f}} \right)^{2.5}$$

Eq. 314 (-)

- dans les autres cas : $f_{fan,mod} = 1$.

Il faut faire une sommation sur tous les ventilateurs j qui desservent la partie fonctionnelle f.

Tableau [27] : Facteur de réduction $f_{ctrl,j}$ pour la régulation des ventilateurs

Numéro du système selon le Tableau [16]	Sorte de régulation		
	Pas de régulation ou régulation par obturation	Régulation par aubage mobile ou régulation des pales	Régulation à vitesse de rotation variable
1, 2, 4, 5, 6, 8	1,00	0,75	0,65
3, 7	1,00	0,65	0,50

Remarque : on ne peut considérer comme telle une régulation du débit d'air volumique que si, pendant que la régulation est en service, le débit d'air volumique minimal exigé par la réglementation pour le renouvellement de l'air est garanti durant la période normale de service.

On détermine la valeur de calcul de la puissance électrique installée d'une des deux manières suivantes :

- la puissance électrique maximale du moteur électrique, y compris le cas échéant tous les starters, en W ;
- la puissance électrique maximale de la combinaison moteur électrique-ventilateur, y compris le cas échéant tous les starters, en W ;

Pour la définition de la puissance électrique maximale, il est fait référence au § 2 de l'annexe A.1 au présent arrêté.

8.1.5 Fraction du temps pendant laquelle les ventilateurs sont en service

La fraction du temps pendant laquelle les ventilateurs sont en service au cours d'un mois donné, $f_{fans,fct\ f,m}$, est déterminée comme suit :

Eq. 97 $f_{fans,fct\ f,m} = f_{vent,heat,fct\ f}$ (-)

où :

$f_{vent,heat,fct\ f}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, tel que repris au Tableau [7], (-).

8.2 Consommation d'électricité des circulateurs

8.2.1 Principe

Dans ce chapitre, la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique pour la distribution est déterminée. La conversion en énergie primaire se fait au § 10.5.

8.2.2 Règle de calcul pour la consommation d'énergie auxiliaire pour la distribution

8.2.2.1 Règle de calcul générale

On détermine la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique pour la distribution dans l'unité PEN, $W_{aux,dis,m,ref}$, comme suit :

Eq. 315 $W_{aux,dis,m} = \sum_j P_{pump,dis,instal,j} \cdot \frac{t_{on,dis,j,m}}{3,6}$ (kWh)

où :

$P_{pump,dis,instal,j}$ la valeur pour la puissance installée du circulateur j desservant l'unité PEN considérée, telle que définie au § 8.2.3, en W ;

$t_{on,dis,j,m}$ le temps de fonctionnement mensuel du circulateur j pour la distribution, tel que défini au § 8.2.4, en Ms.

Il faut faire la somme sur tous les circulateurs j qui desservent l'unité PEN.

8.2.2.2 Exceptions

Les circulateurs installés à des fins de sauvegarde sont redondants pour le système. Leur consommation d'énergie auxiliaire ne doit donc pas être prise en compte.

8.2.3 Détermination de la puissance installée $P_{pump,dis,instal,j}$

$P_{pump,dis,instal,j}$ est la puissance installée du circulateur j, en W, et est déterminée comme suit :

- pour les circulateurs à rotor noyé : la puissance électrique moyenne mesurée à 100% du débit, nommée $P_{L,100\%}$, selon le Règlement (CE) n° 641/2009 ;
- pour les circulateurs à moteur ventilé dont le moteur électrique est séparé du rotor : la puissance électrique maximale que le moteur électrique peut

délivrer en service continu, déterminée selon la norme NBN EN 60034-1 pour "service type S1".

A défaut de donnée de produit, les valeurs par défaut suivantes peuvent être utilisées, en fonction du type de distribution :

- dans le cas de distribution pour le chauffage :

Eq. 316 $P_{pumps,dis,instal,j} = MAX(70 ; 0,3 \cdot \sum_i A_{f,sec\,i})$ (W)

avec :

$A_{f,sec\,i}$ la surface d'utilisation du secteur énergétique i, en m².

Il faut faire la somme sur tous les secteurs énergétiques i desservis par le circulateur j.

- dans le cas de distribution pour le refroidissement :

Eq. 317 $P_{pumps,dis,instal,j} = MAX(70 ; 0,3 \cdot \sum_i A_{f,sec\,i})$ (W)

avec :

$A_{f,sec\,i}$ la surface d'utilisation du secteur énergétique i, en m².

Il faut faire la somme sur tous les secteurs énergétiques i desservis par le circulateur j.

- dans le cas de distribution de l'eau chaude sanitaire (conduite de circulation) :

Eq. 318 $$P_{pumps,dis,instal,j} = MAX\left(25 ; \frac{\Delta p_{pumps}}{\eta_{pumps}} \cdot f_{insul,cirk\,k} \cdot \frac{\sum_l \frac{l_{circ\,k,l} \cdot (60 - \theta_{amb,January,l})}{R_{l,l}}}{\rho_W \cdot c_W \cdot \Delta\theta}\right)$$ (W)

- dans le cas de la combinaison d'une distribution de l'eau chaude sanitaire et de distribution pour le chauffage (combilus) :

Eq. 319 $$P_{pumps,dis,instal,j} = MAX\left(70 ; \frac{\Delta p_{pumps}}{\eta_{pumps}} \cdot f_{insul,cirk\,k} \cdot \frac{\sum_l \frac{l_{circ\,k,l} \cdot (60 - \theta_{amb,January,l})}{R_{l,l}}}{\rho_W \cdot c_W \cdot \Delta\theta}\right)$$ (W)

où :

Δp_{pumps} la hauteur manométrique minimale, en Pa, déterminée comme mentionné ci-dessous ;

η_{pumps} le rendement du circulateur. Celui-ci est établi par convention égal à 0,2, (-) ;

$f_{insul,circ\,k}$ un facteur de correction pour prendre en compte l'effet des ponts thermiques sur la résistance thermique des segments de la conduite de circulation k, telle que déterminé au § 9.3.2 de l'annexe A.1, (-) ;

$l_{circ\,k,l}$ la longueur du segment l de la conduite de circulation k, en m ;

$\theta_{amb,January,l}$ la température ambiante moyenne pour le mois de janvier du segment de conduite l, en °C, telle que déterminée au § 9.3.2.2 de l'annexe A.1 ;

$R_{l,l}$ la résistance thermique linéaire $R_{l,l}$ du segment l, en m.K/W, telle que déterminée au § E.3 de l'annexe A.1 ;

t_m la longueur du mois considéré, en Ms, reprise du Tableau [1] ;

t_a la longueur de l'année, en Ms, égale à la somme des 12 valeurs mensuelles reprises au Tableau [1] ;

ρ_W la densité de l'eau, en kg/m³. Celle-ci est prise par convention égale à 998 kg/m³ ;

c_W la capacité thermique spécifique de l'eau, en J/(kg.K). Celle-ci est prise par convention égale à 4182 J/(kg.K) ;

$\Delta\theta$ la différence de température entre le départ et le retour, en K. Celle-ci est prise par convention égale à 5 K.

Il faut faire la somme sur tous les segments l de la conduite de circulation k qui sont desservis par le circulateur j.

La hauteur manométrique minimale est donné par :

Eq. 320 $\Delta p_{pumps} = \sum_l l_{circ\ k,l} \cdot 300$ (Pa)

avec :

$l_{circ\ k,l}$ la longueur du segment l de la conduite de circulation k, en m.

Il faut faire la somme sur tous les segments l de la conduite de circulation k qui sont desservis par le circulateur j.

Si un circulateur dessert plusieurs unités PEN et/ou PER, la puissance du circulateur ($P_{pumps,dis,instal,j}$) doit être répartie de façon proportionnelle entre ces unités PEN et/ou PER sur base des besoins bruts de chaleur des unités respectives. Dans le cas de distribution de chaleur pour le chauffage, la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour le chauffage. Dans le cas de distribution pour le refroidissement, la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour le refroidissement. Dans le cas d'une distribution de l'eau chaude sanitaire ou d'un combilus, la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en eau chaude sanitraire.

8.2.4 Détermination du temps de fonctionnement $t_{on,dis,j,m}$

Le temps de fonctionnement mensuel du circulateur j, $t_{on,dis,j,m}$, en Ms, est déterminé en fonction du type de distribution, de la manière suivante.

- Pour les circulateurs pour la distribution d'eau chaude sanitaire (conduite de circulation) :

Eq. 321 $t_{on,dis,j,m} = t_m$ (Ms)

- Pour les circulateurs pour la distribution pour le chauffage :

Eq. 322 $t_{on,dis,j,m} = \max(t_{on,dis,heat,j,m,seci})$ (Ms)

- Pour les circulateurs pour la distribution pour le refroidissement :

Eq. 323 $t_{on,dis,j,m} = \max(t_{on,dis,cool,j,m,seci})$ (Ms)

avec :

t_m	la longueur du mois considéré, en Ms, reprise du Tableau [1], en Ms ;
$t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$	le temps de fonctionnement mensuel du circulateur j pour la distribution pour le chauffage dans le secteur énergétique i, déterminé comme indiqué ci-dessous, in Ms ;
$t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i}$	le temps de fonctionnement mensuel du circulateur j v pour la distribution pour le refroidissement dans le secteur énergétique i, déterminé comme indiqué ci-dessous, in Ms.

Le maximum doit être déterminé pour tous les secteurs énergétiques i (dans l'unité PEN considérée ou dans une autre unité PEN ou PER) qui sont desservis par le circulateur.

Le temps de fonctionnement mensuel du circulateur j pour la distribution pour le chauffage dans le secteur énergétique i, $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$, est déterminé comme suit :

- pour un circulateur à rotor noyé avec régulation (excepté régulation marche/arrêt) dont le EEI est connu : :

Eq. 324 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = MIN\left(t_{heat,sec\,i,\ m} \cdot \left(0,6+0,625 \cdot \frac{EEI}{0,23}\right)\ ;\ t_m \cdot \frac{1}{2}\right)$ (Ms)

- pour un circulateur à rotor ventilé avec régulation (excepté régulation marche/arrêt) :

Eq. 325 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = MIN\left(t_{heat,sec\,i,\ m}\ ;\ t_m \cdot \frac{1}{2}\right)$ (Ms)

- pour un circulateur avec régulation marche/arrêt ou pour un circulateur à rotor noyé avec régulation (excepté régulation marche/arrêt) dont le EEI est inconnu :

Eq. 326 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = t_m \cdot \frac{1}{2}$ (Ms)

- dans tous les autres cas ou si la régulation est inconnue :

Eq. 327 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = t_m$ (Ms)

avec :

$t_{heat,sec\ i,m}$	le temps de fonctionnement mensuel conventionel du système d'émission de chaleur du secteur énergétique i, en Ms, déterminé selon le § D.1 de l'annexe A.1 avec les hypothèses mentionnés ci-dessous ;
EEI	l'indice d'efficacité énergétique, selon le Règlement (UE) n° 641/2009, (-) ;
t_m	la longueur du mois considéré, en Ms, reprise du Tableau [1], en Ms.

Exceptions :

- Pour les secteurs énergétiques qui ne contiennent que des parties fonctionnelles ayant la fonction "enseignement" ou "espaces techniques", $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$ est considéré être nul durant les mois de juillet et d'août.
- Pour les secteurs énergétiques qui ne contiennent que des parties fonctionnelles ayant la fonction "espaces techniques", $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$ est considéré être nul durant toute l'année.

Lors de la détermination de $t_{heat,sec\ i,\ m}$ les conventions suivantes sont d'application:

Eq. 375 $H_{T,sec\ i,m} = \sum_f H_{T,heat,fct\ f}$ (W/K)

Eq. 376 $V_{sec\ i} = 3,3 \cdot A_{f,sec\ i}$ (m³)

avec:

$H_{T,heat,fct\ f}$ le coefficient de transfert thermique par transmission de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, déterminé selon le § 5.5, en W/K ;

$A_{f,sec\ i}$ la surface d'utilisation du secteur énergétique i, en m².

Le temps de fonctionnement mensuel du circulateur j pour la distribution pour le refroidissement dans le secteur énergétique i, $t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i}$, est déterminé comme suit :

- :pour un circulateur à rotor noyé avec régulation (excepté régulation marche/arrêt) dont le EEI est connu :

Eq. 328 $t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i} = MIN\left(t_{cool,sec\ i,\ m} \cdot \left(0,6+0,625 \cdot \frac{EEI}{0,23}\right) ; t_m \cdot \frac{1}{2}\right)$ (Ms)

- pour un circulateur à rotor ventilé avec régulation (excepté régulation marche/arrêt) :

Eq. 329 $t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i} = MIN\left(t_{cool,sec\ i,\ m} ; t_m \cdot \frac{1}{2}\right)$ (Ms)

- pour un circulateur avec régulation marche/arrêt ou pour un circulateur à rotor noyé avec régulation (excepté régulation marche/arrêt) dont le EEI est inconnu :

Eq. 330 $t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i} = t_m \cdot \frac{1}{2}$ (Ms)

- dans tous les autres cas ou si la régulation est inconnue :

Eq. 331 $t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i} = t_m$ (Ms)

avec :

$t_{cool,sec\ i,m}$ le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du système de refroidissement du secteur énergétique i, en Ms, définie comme ci-dessous ;

EEI l'indice d'efficacité énergétique, selon le Règlement (UE) n° 641/2009, (-) ;

t_m la longueur du mois considéré, en Ms, reprise du Tableau [1], en Ms.

où :

Eq. 332 $t_{cool,sec\,i,\,m} = \frac{\sum_j Q_{cool,gross,sec\,j,m}}{\sum_k P_{gen,cool,k} \cdot 1000}$ (Ms)

avec :

$Q_{cool,gross,sec\,j,m}$ le besoin mensuel brut en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique j, comme défini au § 6.2 pour les unités PEN, en MJ. Pour les unités PER, ce besoin brut en énergie pour le refroidissement est déterminé en calculant le besoin net en énergie pour le refroidissement selon le § 8.5 de l'annexe A.1 et en le divisant par 0,9 ;

$P_{gen,cool,k}$ la puissances nominale du générateur de froid du secteur énergétique i, en kW.

Il faut faire une somme sur tous les tous générateur de froid k qui desservent le secteur énergétique i et sur tous les secteurs énergétiques j qui sont desservis par (au moins un des) les générateur de froid k du secteur énergétique i.

Pour ce qui concerne le temps de fonctionnement, un combilus est considéré comme une conduite pour la distribution de l'eau chaude sanitaire.

8.3 Consommation d'électricité supplémentaire pour les générateurs de froid

8.3.1 Principe

Pour les générateurs de froid refroidis à l'eau il y a toujours une consommation d'électricité supplémentaire côte condenseur. Si la machine est reliée à une tour de refroidissement, il y a une consommation supplémentaire pour la pompe de pulvérisation et pour le ventilateur de la tour de refroidissement. Dans le cas des machines frigorifiques à absorption, il y a une consommation supplémentaire pour la circulation du fluide absorbant.

Les valeurs de calcul pour la consommation d'électricité supplémentaire pour les générateurs de froid est déterminée au choix suivant une des deux méthodes suivantes :

- méthode simplifiée (§ 8.3.2) ;
- méthode détaillée (§ 8.3.3).

8.3.2 Méthode simplifiée

8.3.2.1 Règle de calcul

La consommation mensuelle d'électricité supplémentaire pour les générateurs de froid dans l'unité PEN, $W_{aux,cool,m}$, doit être déterminé comme suit :

Eq. 333 $W_{aux,cool,m} = W_{aux,pumps,fans,m} + W_{aux,int,m} + W_{electr,gen,m}$ (kWh)

avec :

$W_{aux,pumps,fans,m}$ la consommation mensuelle d'électricité du/des circulateur(s) et ventilateur(s) côté condensateur, définie selon le § 8.3.2.2, en kWh ;

$W_{aux,int,m}$ la consommation mensuelle d'électricité du circulateur pour le fluide absorbant, définie suivant le § 8.3.2.3, en kWh ;

$W_{electr,gen,m}$ la consommation mensuelle d'électricité de l'électronique, définie suivant le § 8.3.2.4, en kWh.

8.3.2.2 Consommation d'électricité de la (des) pompe(s) de circulation et des ventilateurs côté condenseur

Eq. 100 $$W_{aux,pumps,fans,m} = \sum_i W_{aux,pumps,fans,sec\,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

$$W_{aux,pumps,fans,seci,m} = \frac{0,08}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,sec,i,m} \cdot$$

Eq. 101
$$\left(\begin{array}{l} w_{pumps,fans,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,pref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,pref}} \right) \\ + w_{pumps,fans,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,npref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,npref}} \right) \end{array} \right) \quad \text{(kWh)}$$

avec :

$W_{aux,pumps,fans,seci,m}$ la consommation d'électricité mensuelle de la (des) pompe(s) de circulation et du (des) ventilateur(s) côté condenseur des générateurs de froid desservant le secteur énergétique i, en kWh ;

$Q_{cool,gross,seci,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, déterminés selon le § 6.2, en MJ ;

$w_{pumps,fans,pref}$ un facteur qui prend en compte le fait que le générateur de froid préférentiel est relié à une tour de refroidissement ou à une échangeur de chaleur enterré :

- si oui : on a $w_{pumps,fans,pref} = 1$;
- si non : on a $w_{pumps,fans,pref} = 0$;

$w_{pumps,fans,npref}$ un facteur qui prend en compte le fait que le générateur de froid non préférentiel est relié à une tour de refroidissement ou à une échangeur de chaleur enterré :

- si oui : on a $w_{pumps,fans,pref} = 1$;
- si non : on a $w_{pumps,fans,pref} = 0$;

$f_{cool,pref}$ fraction moyenne annuelle du froid fourni par les(s) générateur(s) de froid préférentiel(s), déterminée selon le § 7.3.2, (-) ;

$f_{cool,m,free,pref}$ fraction moyenne mensuelle d'énergie fournie par le(s) générateur(s) de froid préférentiel(s) en mode free-chilling, déterminé selon le § 7.4, (-) ;

$f_{cool,m,free,npref}$ fraction moyenne mensuelle d'énergie fournie par le(s) générateur(s) de froid non préférentiel(s) en mode free-chilling, déterminé selon le § 7.4, (-) ;

$\eta_{gen,cool,m,pref}$ le rendement de production mensuel du générateur de froid préférentiel, déterminé selon le § 7.5.2, (-) ;

$\eta_{gen,cool,m,npref}$ le rendement de production mensuel du générateur de froid non préférentiel, déterminé selon le § 7.5.2, (-).

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétique i de l'unité PEN.

8.3.2.3Consommation d'électricité du circulateur du fluide absorbant

Eq. 102 $W_{aux,int,m} = \sum_i W_{aux,int,sec\,i,m}$ (kWh)

Eq. 103
$$W_{aux,int,seci,m} = \frac{0,014}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,sec,i,m} \cdot \left(\begin{array}{l} w_{int,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \\ + w_{int,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \end{array} \right)$$ (kWh)

avec :

$W_{aux,int,seci,m}$ la consommation d'électricité du circulateur du fluide absorbant des machines frigorifiques à absorption desservant le secteur énergétique i, en kWh ;

$Q_{cool,gross,seci,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, déterminés selon le § 6.2, en MJ ;

$w_{int,pref}$ un facteur qui prend en compte le fait que le générateur de froid préférentiel est une machine frigorifique à absorption :

- si oui : on a $w_{int,pref} = 1$;
- si non : on a $w_{int,pref} = 0$;

$w_{int,npref}$ un facteur qui prend en compte le fait que le générateur de froid non préférentiel est une machine frigorifique à absorption

- si oui : on a $w_{int,pref} = 1$;
- si non : on a $w_{int,pref} = 0$;

$f_{cool,pref}$ fraction moyenne annuelle du froid fourni par les(s) générateur(s) de froid préférentiel(s), déterminée selon le § 7.3.2, (-) ;

$f_{cool,m,free,pref}$ fraction moyenne mensuelle d'énergie fournie par le(s) générateur(s) de froid préférentiel(s) en mode free-chilling, déterminé selon le § 7.4, (-) ;

$f_{cool,m,free,npref}$ fraction moyenne mensuelle d'énergie fournie par le(s) générateur(s) de froid non préférentiel(s) en mode free-chilling, déterminé selon le § 7.4, (-).

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétique i de l'unité PEN.

8.3.2.4La consommation d'électricité de l'électronique

La consommation mensuelle d'électricité pour l'électronique, $W_{electr,gen,m}$, doit être déterminée comme suit :

Eq. 334 $W_{electr,gen,\,m} = \sum_j P_{electr,gen,\,j} \cdot \frac{t_m}{3,6}$ (kWh)

où :

$P_{electr,gen,j}$ la puissance des pertes en mode veille de l'électronique pour la production, en W. Par générateur j, la puissance des pertes est définie égale à 10 W ;

t_m la longueur du mois considéré, en Ms, reprise du Tableau [1], en Ms.

Il faut toujours faire la somme sur tous les générateurs de froid j qui desservent l'unité PEN.

Si un générateur dessert plusieurs unités PEN et/ou PER, alors la puissance des pertes en mode veille doit être répartie de façon proportionelle entre ces différentes unités PEN et/ou PER sur base des besoins bruts de refroidissement totaux des unités PEN et/ou PER concernées.

8.3.3 Méthode détaillée

8.3.3.1Règle de calcul

La consommation mensuelle d'électricité supplémentaire pour les générateurs de froid dans l'unité PEN, $W_{aux,cool,m}$, doit être déterminé comme suit :

Eq. 335 $$W_{aux,cool,m} = W_{aux,pumps,m} + W_{aux,ct,m} + W_{aux,int,m} + W_{electr,gen,m} \quad \text{(kWh)}$$

avec :

$W_{aux,pumps,m}$ la consommation mensuelle d'électricité du/des circulateur(s) côté condensateur, définie suivant le § 8.3.3.2, en kWh ;

$W_{aux,ct,m}$ la consommation mensuelle d'électricité de la tour de refroidissement, définie suivant le § 8.3.3.3, en kWh ;

$W_{aux,int,m}$ la consommation mensuelle d'électricité du circulateur du fluide absorbant, définie suivant le § 8.3.3.4, en kWh ;

$W_{electr,gen,m}$ la consommation mensuelle d'électricité de l'électronique, définie suivant le § 8.3.3.5, en kWh.

8.3.3.2La consommation d'électricité du(des) circulateur(s) côté condenseur

La consommation mensuelle d'électricité du/des circulateur(s) côté condensateur $W_{aux,pumps,m}$, doit être déterminé comme suit :

Eq. 105 $$W_{aux,pumps,m} = \sum_i W_{aux,pumps,sec\,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

Eq. 106
$$W_{aux,pumps,seci,m} = \frac{0,016}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,sec,i,m} \cdot \left(\begin{array}{l} w_{pumps,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,pref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,pref}} \right) \\ + w_{pumps,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,npref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,npref}} \right) \end{array} \right) \quad \text{(kWh)}$$

avec :

$W_{aux,pumps,seci,m}$	la consommation d'électricité mensuelle du(des) circulateur(s) côté condenseur du secteur énergétique i, en kWh ;
$Q_{cool,gross,seci,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, déterminés selon le § 6.2, en MJ ;
$f_{cool,pref}$	fraction moyenne annuelle du froid fourni par les(s) générateur(s) de froid préférentiel(s), déterminée selon le § 7.3.2, (-) ;
$f_{cool,m,free,pref}$	fraction moyenne mensuelle d'énergie fournie par le(s) générateur(s) de froid préférentiel(s) en mode free-chilling, déterminé selon le § 7.4, (-) ;
$f_{cool,m,free,npref}$	fraction moyenne mensuelle d'énergie fournie par le(s) générateur(s) de froid non préférentiel(s) en mode free-chilling, déterminé selon le § 7.4, (-) ;
$\eta_{gen,cool,m,pref}$	le rendement de production mensuel du générateur de froid préférentiel, déterminé selon le § 7.5.2, (-) ;
$\eta_{gen,cool,m,npref}$	le rendement de production mensuel du générateur de froid non préférentiel, déterminé selon le § 7.5.2, (-) ;
$w_{pumps,pref}$	un facteur qui prend en compte le fait que le générateur de froid préférentiel est relié à une tour de refroidissement ou à un échangeur de chaleur enterré : - si relié à une tour de refroidissement et refroidi à l'eau : on a $w_{pumps,pref} = 1$; - si relié à un échangeur de chaleur enterré (géocooling système fermé) et refroidi à l'eau : on a $w_{pumps,pref} = 5$; - dans les autres cas : on a $w_{pumps,pref} = 0$;
$w_{pumps,npref}$	un facteur qui prend en compte le fait que le générateur de froid non préférentiel est relié à une tour de refroidissement ou à un échangeur de chaleur enterré : - si relié à une tour de refroidissement et refroidi à l'eau : on a $w_{pumps,npref} = 1$; - si relié à un échangeur de chaleur enterré (géocooling système fermé) et refroidi à l'eau : on a $w_{pumps,npref} = 5$; - dans les autres cas : on a $w_{pumps,npref} = 0$.

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétique i de l'unité PEN.

8.3.3.3La consommation d'électricité de la(des) tour(s) de refroidissement

La consommation mensuelle d'électricité de la tour de refroidissement, $W_{aux,ct,m}$, doit être déterminé comme suit :

Eq. 107
$$W_{aux,ct,m} = \sum_i W_{aux,ct,sec\,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

$$W_{aux,ct,seci,m} = \frac{Q_{cool,gross,sec,i,m}}{3,6}.$$

Eq. 108
$$\left(w_{ct,pref} \cdot f_{ct,m,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,pref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,pref}} \right) \right.$$
$$\left. + w_{ct,npref} \cdot f_{ct,m,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,npref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,npref}} \right) \right) \quad \text{(kWh)}$$

avec :

$W_{aux,ct,seci,m}$	la consommation mensuelle d'électricité de la (des) tour(s) de refroidissement pour la production de chaleur pour le secteur énergétique i, en kWh ;
$Q_{cool,gross,seci,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, déterminés selon le § 6.2, en MJ ;
$f_{ct,m,pref}$	le facteur de correction mensuel des tours de refroidissement relié au générateur de froid préférentiel tel que déterminé ci-après ;
$f_{ct,m,npref}$	le facteur de correction mensuel des tours de refroidissement relié au générateur de froid non préférentiel tel que déterminé ci-après ;
$f_{cool,pref}$	fraction moyenne annuelle du froid fourni par les(s) générateur(s) de froid préférentiel(s), déterminée selon le § 7.3.2, (-) ;
$f_{cool,m,free,pref}$	fraction moyenne mensuelle d'énergie fournie par le(s) générateur(s) de froid préférentiel(s) en mode free-chilling, déterminé selon le § 7.4, (-) ;
$f_{cool,m,free,npref}$	fraction moyenne mensuelle d'énergie fournie par le(s) générateur(s) de froid non préférentiel(s) en mode free-chilling, déterminé selon le § 7.4, (-) ;
$\eta_{gen,cool,m,pref}$	le rendement de production mensuel du générateur de froid préférentiel, déterminé selon le § 7.5.2, (-) ;
$\eta_{gen,cool,m,npref}$	le rendement de production mensuel du générateur de froid non préférentiel, déterminé selon le § 7.5.2, (-) ;
$w_{ct,pref}$	un facteur qui prend en compte le fait que le générateur de froid préférentiel est relié à une tour de refroidissement : - si relié à une tour de refroidissement, on a $w_{ct,pref} = 1$; - si non, on a $w_{ct,pref} = 0$;
$w_{ct,npref}$	un facteur qui prend en compte le fait que le générateur de froid non préférentiel est relié à une tour de refroidissement : - si relié à une tour de refroidissement, on a $w_{ct,npref} = 1$; - si non, on a $w_{ct,npref} = 0$.

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétique i de l'unité PEN.

Le facteur de correction mensuel des tours de refroidissement relié au générateur de froid est déterminé comme suit :

Eq. 109 $$f_{ct,m} = C_{ct,1} - C_{ct,2} \cdot \min\left(\Theta_{co,m}, \Theta_{co,MAX}\right) \quad (-)$$

avec :

$C_{ct,1}$, $C_{ct,2}$ des facteurs pour la détermination de la consommation d'énergie d'énergie auxiliaire mensuelle, déterminé suivant le

Tableau [28], (-) ;

$\theta_{co,m}$ la température de fonctionnement mensuelle du condenseur, déterminée suivant 7.5.2.3.2, en °C ;

$\theta_{co,MAX}$ la température de fonctionnement maximale du condenseur, reprise au reprise au

Tableau [28], en °C.

Tableau [28] : Constantes utilisées pour le calcul de la consommation d'énergie d'une tour de refroidissement

Type de tour	Type de ventilateur	$\theta_{co,MAX}$	$C_{ct,1}$	$C_{ct,2}$
Aéro-refroidisseur (dry-cooler)	Ventilateur à vitesse constante	32	0,100	0,0027
	Ventilateur à 2 vitesses	32	0,083	0,0025
	Ventilateur à vitesse variable	32	0,078	0,0024
Tour ouverte et tour fermée	Ventilateur à vitesse constante	26	0,130	0,0041
	Ventilateur à 2 vitesses	26	0,130	0,0047
	Ventilateur à vitesse variable	26	0,130	0,0046

8.3.3.4 Consommation d'électricité du circulateur du fluide absorbant

On détermine la consommation mensuelle d'électricité du circulateur du fluide absorbant comme suit :

Eq. 110 $$W_{aux,int,m} = \sum_i W_{aux,int,sec\,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

Eq. 111
$$W_{aux,int,seci,m} = \frac{0,46}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,seci,m} \cdot \left[w_{int,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \cdot \left(\max\left(320, P_{gen,pref}\right)\right)^{-0,606} + w_{int,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \cdot \left(\max\left(320, P_{gen,npref}\right)\right)^{-0,606} \right] \quad \text{(kWh)}$$

$W_{aux,int,seci,m}$ la consommation d'électricité du circulateur du fluide absorbant, en kWh ;

$P_{gen,pref}$ la puissance nominale de la machine frigorifique à compression préférentielle, déterminée suivant le paragraphe "Rated Full Load Performance" de la norme ARI 560-2000, en kW ;

$P_{gen,npref}$ la puissance nominale de la machine frigorifique à compression non préférentielle, déterminée suivant le paragraphe "Rated Full Load Performance" de la norme ARI 560-2000, en kW ;

$Q_{cool,gross,seci,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, déterminés selon le § 6.2, en MJ ;

$w_{int,pref}$ un facteur qui prend en compte le fait que générateur de froid préférentiel est une machine frigorifique à absorption :

- si oui : on a $w_{int,pref} = 1$;
- si non : on a $w_{int,pref} = 0$;

$w_{int,npref}$ un facteur qui prend en compte le fait que générateur de froid non préférentiel est une machine frigorifique à absorption :

- si oui : on a $w_{int,npref} = 1$;
- si non : on $w_{int,npref} = 0$.

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétique i de l'unité PEN.

8.3.3.5La consommation de l'électronique

La consommation mensuelle d'électricité pour l'électronique, $W_{electr,geb,m}$, doit être déterminée comme suit :

Eq. 336 $W_{electr,gen,\ m} = \sum_j P_{electr,gen,\ j} \cdot \frac{t_m}{3,6}$ (kWh)

où :

$P_{electr,gen,j}$ la puissance des pertes en mode veille de l'électronique pour la production, en W. Par générateur j, la puissance des pertes est définie égale à 10 W ;

t_m la longueur du mois considéré, en Ms, reprise du Tableau [1], en Ms.

Il faut toujours faire la somme sur tous les générateurs de froid j qui desservent l'unité PEN.

Si un générateur dessert plusieurs unités PEN et/ou PER, alors la puissance des pertes en mode veille doit être répartie de façon proportionelle entre ces différentes unités PEN et/ou PER sur base des besoins bruts de refroidissement totaux des unités PEN et/ou PER concernées.

8.4 Consommation d'électricité supplémentaire pour le free-chilling

Un générateur de froid qui fonctionne en mode free-chilling ne consomme de l'énergie que pour les circulateurs et/ou les tours de refroidissement. On détermine la consommation d'électricité pour le free-chilling comme suit :

Eq. 112 $W_{aux,free,m} = W_{aux,pumps,free,m} + W_{aux,ct,free,m}$ (kWh)

avec :

$W_{aux,pumps,free,m}$ La consommation d'électricité mensuelle des circulateurs côté condenseur du générateur de froid qui fonctionne en mode free-chilling, en kWh ;

$W_{aux,ct,free,m}$ La consommation d'électricité mensuelle de la tour de refroidissementn qui fonctionne en mode free-chilling, en kWh.

On détermine la consommation d'électricité des circulateurs côté condenseur comme suit :

Eq. 113 $W_{aux,pumps,free,m} = \sum_i W_{aux,pumps,free,sec\,i,m}$ (kWh)

$$W_{aux,pumps,free,seci,m} = \frac{0,052}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,sec,i,m} \cdot$$

Eq. 114

$$\left(w_{pumps,free,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot f_{cool,m,free,pref} + w_{pumps,free,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot f_{cool,m,free,npref} \right)$$ (kWh)

$Q_{cool,gross,seci,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, déterminés selon le § 6.2, en MJ ;

$f_{cool,pref}$ fraction moyenne annuelle du froid fourni par les(s) générateur(s) de froid référentiel(s), déterminée selon le § 7.3.2, (-) ;

$f_{cool,m,free,pref}$ fraction moyenne mensuelle d'énergie fournie par le(s) générateur(s) de froid préférentiel(s) en mode free-chilling, déterminé selon le § 7.4, (-) ;

$f_{cool,m,free,npref}$ fraction moyenne mensuelle d'énergie fournie par le(s) générateur(s) de froid non préférentiel(s) en mode free-chilling, déterminé selon le § 7.4, (-) ;

$w_{pumps,free,pref}$ un facteur qui prend en compte le fait que le générateur de froid préférentiel fonctionne en mode free-chilling :

- si oui :
  - s'il s'agit de free-chilling par air, on a $w_{pumps,free,pref} = 1$;
  - s'il s'agit de geo cooling/système fermé ou ouvert, on a $w_{pumps,free,pref} = 1,54$;
- si non : on a $w_{pumps,free,pref} = 0$;

$w_{pumps,free,npref}$ un facteur qui prend en compte le fait que le générateur de froid non préférentiel fonctionne en mode free-chilling :

- si oui :
  - s'il s'agit de free-chilling par air, on a $w_{pumps,free,pref} = 1$;
  - s'il s'agit de geo cooling/système fermé ou ouvert, on a $w_{pumps,free,pref} = 1,54$;
- si non : on a $w_{pumps,free,pref} = 0$.

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétique i de l'unité PEN.

On détermine la consommation d'électricité de la tour de refroidissement comme suit :

Eq. 115 $$W_{aux,ct,free,m} = \sum_i W_{aux,ct,free,sec\,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

Eq. 116
$$W_{aux,ct,free,seci,m} = \frac{(0,10 + 0,003 \cdot \theta_{ev})}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,sec,i,m} \cdot \left(\begin{array}{l} w_{ct,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot f_{cool,m,free,pref} \\ + w_{ct,npref} \cdot (1 - f_{cool,pref}) \cdot f_{cool,m,free,npref} \end{array} \right) \quad \text{(kWh)}$$

avec :

$W_{aux,ct,free,seci,m}$ la consommation d'électricité mensuelle de la tour de refroidissement du secteur énergétique i qui fonctionne en mode free-chilling, en kWh ;

$Q_{cool,gross,seci,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, déterminés selon le § 6.2, en MJ ;

θ_{ev} la température de fonctionnement de l'évaporateur, selon le § 0, en °C ;

$f_{cool,pref}$ fraction moyenne annuelle du froid fourni par les(s) générateur(s) de froid préférentiel(s), déterminée selon le § 7.3.2, (-) ;

$f_{cool,m,free,pref}$ fraction moyenne mensuelle d'énergie fournie par le(s) générateur(s) de froid préférentiel(s) en mode free-chilling, déterminé selon le § 7.4, (-) ;

$f_{cool,m,free,npref}$ fraction moyenne mensuelle d'énergie fournie par le(s) générateur(s) de froid non préférentiel(s) en mode free-chilling, déterminé selon le § 7.4, (-) ;

$w_{ct,pref}$ un facteur qui prend en compte le fait que le générateur de froid préférentiel est relié à une tour de refroidissement :

- si oui, on a $w_{ct,pref} = 1$;
- si non, on a $w_{ct,pref} = 0$;

$w_{ct,npref}$ un facteur qui prend en compte le fait que le générateur de froid non préférentiel est relié à une tour de refroidissement :

- si oui, on a $w_{ct,npref} = 1$;
- si non, on a $w_{ct,npref} = 0$.

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétique i de l'unité PEN.

8.5 Energie auxiliaire électrique pour la production de chaleur

8.5.1 Principe

La consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique des auxiliaires pour la production de chaleur est déterminée dans ce chapitre. La conversion en consommation d'énergie primaire s'effectue au § 10.5.

8.5.2 Règle de calcul pour l'énergie auxiliaire électrique pour la production de chaleur

8.5.2.1 Règle de calcul générale

Déterminez la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire pour la production de chaleur dans l'unité PEN, $W_{aux,gen,m}$, comme suit :

Eq. 337 $W_{aux,gen,m} = W_{throttle/fans,\ gen,m} + W_{ct,gen,\ m} + W_{electr,gen,m}$ (kWh)

où :

$W_{throttle/fans,gen,m}$ la consommation mensuelle d'électricité des vannes gaz et/ou ventilateurs pour la production de chaleur dans l'unité PEN considérée, définie selon le § 8.5.2.2, en kWh ;

$W_{ct,gen,m}$ la consommation mensuelle d'électricité du/des tour(s) de refroidissement couplée(s) au générateurs de chaleur, définie selon le § 8.5.2.3, en kWh ;

$W_{electr,gen,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour l'électronique de l'unité EPN considérée, definie selon le § 8.5.2.4, en kWh.

8.5.2.2La consommation d'électricité des vannes gaz et/ou ventilateurs

8.5.2.2.1 Règle de calcul générale

$W_{throttle/fans,gen,m}$ est défini comme suit :

Eq. 338 $W_{throttle/fans,gen,m} = \sum_j P_{throttle/fans,gen,spec} \cdot P_{throttle/fans,gen,j} \cdot \frac{t_{on,gen,j,m}}{3,6}$ (kWh)

où :

$P_{throttle/fans,gen,spec}$ la puissance spécifique pour la production des générateurs possédant un ventilateur et/ou une vanne gaz, considérée égale à 1 W/kW

$P_{throttle/fans,gen,j}$ la puissance nominale du générateur j, en kW ;

$t_{on,gen,j,m}$ le temps de fonctionnement mensuel de la vanne gaz et/ou du ventilateur en service du générateur j, défini suivant le § 8.5.2.2.2, en Ms.

Il faut toujours faire la somme sur tous les générateurs j qui desservent l'unité PEN et qui font usage d'une vanne gaz et/ou d'un ventilateur.

Si un générateur dessert plusieurs unités PEN et/ou PER, alors la puissance nominale du générateur mentionnée dans l'Eq. 338 doit être répartie de façon proportionelle entre ces différentes unités PEN et/ou PER sur base des besoins bruts totaux des unités PEN et/ou PER concernées. Si le générateur ne sert qu'au chauffage, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts pour le chauffage. Si le générateur ne sert qu'au chauffage, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour le chauffage. Si le générateur ne sert qu'à la production d'eau chaude sanitaire, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire. Si le générateur sert aux deux, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire.

Pour les installations pour l'eau chaude sanitaire pour lesquelles le rendement de production et de chauffage est calculé selon le § 10.3.3.4.1 de l'annexe A.1, la consommation d'énergie auxiliaire électrique pour la production de chaleur est déjà prise en compte et ne doit donc plus être comptabilisée dans l'Eq. 338.

8.5.2.2.2 Définition du temps de fonctionnement $t_{on,gen,j,m}$

$t_{on,gen,j,m}$ est défini comme suit :

Eq. 339 $$t_{on,gen,j,m}=MIN\left(t_m;\frac{\left(\begin{array}{c}\Sigma_i Q_{heat,gross,sec\ i,m}+\Sigma_k Q_{water,bath\ k,gross,m}+\Sigma_k Q_{water,sink\ k,gross,m}\\ +\Sigma_k Q_{water,other\ k,gross,m}+\Sigma_l Q_{hum,net,l}+\Sigma_o \Sigma_n \frac{Q_{cool,gross,sec\ n,m}}{EER_{nom,o}}\end{array}\right)}{P_{throttle/fans,gen,j}\cdot 1000}\right) \quad (Ms)$$

où :

t_m la longueur du mois considéré, en Ms, reprise du Tableau [1], en Ms ;

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage des locaux du secteur énergétique i, déterminés selon le § 9.2.1 de l'annexe A.1 pour les unités PER et selon le § 6.2 de cette annexe pour les unités PEN, en MJ, pour autant que ces besoins soient couverts par le générateur j en accord avec le § 10.2.2 de l'annexe A.1 pour les unités PER ou avec le § 7.2.1 de cette annexe pour les unités PEN ;

$Q_{water,bath\ k,gross,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'un bain k, déterminés selon le § 9.3.1 de l'annexe A.1 pour les unités PER et selon le § 6.5 de cette annexe pour les unités PEN, en MJ, pour autant que ces besoins soient couverts par le générateur j en accord

	avec le § 10.3.2 de l'annexe A.1 pour les unités PER ou avec le § 7.6 de cette annexe pour les unités PEN ;
$Q_{water,sink\ k,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine k, déterminés selon le § 9.3.1 de l'annexe A.1 pour les unités PER et selon le § 6.5 de cette annexe pour les unités PEN, en MJ, pour autant que ces besoins soient couverts par le générateur j en accord avec le § 10.3.2 de l'annexe A.1 pour les unités PER ou avec le § 7.6 de cette annexe pour les unités PEN ;
$Q_{water,other\ k,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un autre point de puisage k, déterminés selon le § 6.5, en MJ, pour autant que ces besoins soient couverts par le générateur j en accord avec le § 7.6 ;
$Q_{hum,net,l,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification de l'appareil d'humidification l, déterminés selon le § 5.11, en MJ pour autant que ces besoins soient couverts par le générateur j en accord avec le § 7.2.1 ;
$Q_{cool,gross,sec\ n,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement des locaux du secteur énergétique n, fourni par la machine de refroidissement par absorption, déterminés selon le § 6.2, en MJ, pour autant que ces besoins soient couverts par la machine de refroidissement par absorption o en accord avec le § 7.2.2 et pour autant que la chaleur pour la machine de refroidissement par absorption o soit couverte par le générateur j en accord avec le § 7.2.1 ;
$EER_{nom,o}$	le coefficient d'efficacité frigorifique de la machine de refroidissement par absorption o, déterminé selon le § 7.5.2, (-) ;
$P_{throttle/fans,gen,j}$	la puissance nominale du générateur j, en kW.

Il faut toujours faire la somme sur :

- tous les secteurs énergétiques i (dans l'unité PEN considérée ou dans une autre unité PEN ou PER) qui sont desservis par le générateur j ;
- tous les bains ou douches k (dans l'unité PEN considérée ou dans une autre unité PEN ou PER) qui sont desservis par le générateur j ;
- tous les éviers de cuisine k (dans l'unité PEN considérée ou dans une autre unité PEN ou PER) qui sont desservis par le générateur j ;
- tous autres points de puisage k (dans l'unité PEN considérée ou dans une autre unité PEN) qui sont desservis par le générateur j ;
- tous les appareils d'humidification l (dans l'unité PEN considérée ou dans une autre unité PEN) qui sont desservis par le générateur j ;
- tous les secteurs énergétiques n (dans l'unité PEN considérée ou dans une autre unité PEN) qui sont desservis par la machine de refroidissement par absorption o et sur toutes les machines de refroidissement o qui sont desservis par le générateur j.

8.5.2.3 La consommation d'électricité de la/des tour(s) de refroidissement couplée(s) aux générateurs de chaleur

La consommation mensuelle d'électricité de la/des tour(s) de refroidissement couplée(s) aux générateurs de chaleur, $W_{ct,gen,m}$, doit être déterminée comme suit :

$$W_{ct,gen,m} = \sum_{i} W_{ct,gen,seci,m}$$

Eq. 340 (kWh)

$$W_{ct,\,gen,\,seci,m} = \frac{Q_{heat,gross,sec,i,m}}{3,6} \cdot \left(\begin{array}{l} w_{ct,pref} \cdot f_{ct,m,pref} \cdot f_{heat,m,pref} \cdot \left(\frac{\eta_{gen,heat,m,pref} - 1}{\eta_{gen,heat,m,pref}} \right) \\ + \sum_k w_{ct,npref\ k} \cdot f_{ct,m,npref\ k} \cdot f_{heat,m,npref\ k} \cdot \left(\frac{\eta_{gen,heat,m,npref\ k} - 1}{\eta_{gen,heat,m,npref\ k}} \right) \end{array} \right)$$

Eq. 341 (kWh)

avec :

$W_{ct,gen,seci,m}$ la consommation mensuelle d'électricité de la (des) tour(s) de refroidissement pour la production de chaleur pour le secteur énergétique i, en kWh ;

$Q_{heat,gross,seci,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage du secteur énergétique i, déterminés selon le § 6.2, en MJ ;

$f_{ct,m,pref}$ le facteur de correction mensuel pour les tours de refroidissement connectées au générateur préférentiel, défini comme ci-dessous ;

$f_{ct,m,npref\ k}$ le facteur de correction mensuel pour les tours de refroidissement connectées au générateur non préférentiel k, défini comme ci-dessous ;

$f_{heat,m,pref}$ la fraction mensuelle de la quantité totale de chaleur fournie par le(s) générateur(s) de chaleur connecté(s) préférentiel(s), telle que déterminée au § 7.3.1,(-) ;

$f_{heat,m,npref\ k}$ la fraction mensuelle de la quantité totale de chaleur fournie par le(s) générateur(s) de chaleur connecté(s) préférentiel(s) k, telle que déterminée au § 7.3.1,(-) ;

$\eta_{gen,heat,m,pref}$ le rendement de production mensuel du (des) générateur(s) de chaleur préférentiel(s), déterminé selon le § 7.5.1, (-) ;

$\eta_{gen,heat,m,npref\ k}$ le rendement de production mensuel du (des) générateur(s) de chaleur non préférentiel(s) k, déterminé selon le § 7.5.1, (-) ;

$w_{ct,pref}$ un facteur qui tient en compte si le générateur préférentiel est connecté à une tour de refroidissement ou pas :
- s'il est connecté à une tour de refroidissement : $w_{ct,pref} = 1$;
- dans tous les autres cas : $w_{ct,pref} = 0$;

$w_{ct,npref\ k}$ un facteur qui tient en compte si le générateur non préférentiel k est connecté à une tour de refroidissement ou pas :
- s'il est connecté à une tour de refroidissement : $w_{ct,npref} = 1$;
- dans tous les autres cas : $w_{ct,npref} = 0$.

Il faut faire une somme sur tous les générateurs de chaleur non préférentiels k qui desservent le secteur énergétique i et sur tous les secteurs énergétiques i de l'unité PEN.

Le facteur de correction mensuel pour les tours de refroidissement connectées au générateur de chaleur est déterminé comme dans le § 8.3.3.

8.5.2.4La consommation d'électricité de l'électronique

La consommation mensuelle d'électricité pour l'électronique de l'unité PEN considérée, $W_{electr,gen,m}$, doit être considérée comme suit :

Eq. 342 $W_{electr,gen,\ m} = \sum_j P_{electr,gen,\ j} \cdot \frac{t_m}{3,6}$ (kWh)

où :

$P_{electr,gen,j}$ la puissance des pertes en mode veille de l'électronique pour la production, en W. Par générateur j, la puissance des pertes est définie égale à 10 W ;

t_m la longueur du mois considéré, voir Tableau [1], en Ms.

Il faut toujours faire la somme sur tous les générateurs j qui desservent l'unité PEN.

Si un générateur dessert plusieures unités PEN et/ou PER, la puissance des pertes en mode veille doit être répartie de façon proportionelle entre les unités PEN et/ou PER concernées sur base des besoins bruts totaux des unités PEN et/ou PER concernées. Si le générateur ne sert qu'au chauffage, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts pour le chauffage. Si le générateur ne sert qu'à la production d'eau chaude sanitaire, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire. Si le générateur sert aux deux, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire.

Pour les installations pour l'eau chaude sanitaire pour lesquelles le rendement pour la génération et le stockage est calculé suivant le § 10.3.3.4.1 de l'annexe A.1, la consommation d'énergie auxiliaire électrique pour la génération est déjà prise en compte et donc ces installations ne doivent plus être prises en compte dans l'Eq. 342.

8.6 Consommation d'énergie pour le pré-refroidissement de l'air de ventilation

La consommation d'électricité mensuelle pour le pré-refroidissement de l'air de ventilation est déterminée comme suit :

Eq. 118 $$W_{precool,m} = W_{soil/water,m} + W_{evap,m} \quad \text{(kWh)}$$

avec :

$W_{soil/water,m}$ la consommation d'électricité mensuelle pour l'échangeur de chaleur sol-eau , selon le § 0, en kWh ;

$W_{evap,m}$ la consommation d'électricité mensuelle pour le refroidissement par évaporation, selon le § 8.6.2, en kWh.

Pour d'autres technologies, $W_{precool,m}$ sera déterminé selon des règles déterminées par le Ministre.

8.6.1 Consommation d'électricité pour l'échangeur de chaleur sol-eau

On détermine la consommation d'électricité mensuelle pour l'échangeur de chaleur sol-eau comme suit :

$$W_{soil/water,m} = 0,278 \cdot t_m \cdot w_{soil/water,m}$$

Eq. 343

$$\cdot \left(f_{vent,cool,max} \cdot \frac{\dot{V}_W}{3600} \cdot f \cdot \frac{L_{tube}}{D_{tube}} \cdot 500 \cdot \left(\frac{\dot{V}_W}{3600 \cdot n_{tube} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_{tube}^2} \right)^2 + 150 \cdot \frac{\sum_f \left(\left(f_{vent,cool,fct\ f} - f_{V,addm,day,coolfctf;m} \right) \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f} + f_{V,add\ m,day,cool,fctf;m} \cdot \dot{V}_{add,fct\ f} \right)}{3600} \right) \quad \text{(kWh)}$$

avec :

t_m	la durée du mois considéré, en Ms, reprise au Tableau [1] ;
$f_{vent,cool,fct\ f}$	la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation est en service pour la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que repris au Tableau [7], (-) ;
$f_{vent,cool,max}$	la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle l'échangeur sol-eau est en service, égal au maximum des valeurs respectives pour $f_{vent,cool,fct\ f}$, comme déterminé ci-dessus, (-) ;
$f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$	la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation additionnelle mécanique en journée est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.3.2, (-) ;
$w_{soil/water,m}$	un facteur mensuel qui prend en compte la durée d'utilisation de l'échangeur sol-eau, déterminé selon le § B.2.1, (-) ;
$\dot{V}_W$	le débit d'eau à travers l'échangeur de chaleur sol-eau, en m^3/h ;
f	un coefficient de friction :

Eq. 120 Si Re < 2300 : $f = \frac{64}{Re}$

Si non : $f = (1,58 \cdot \ln(Re) - 3,28)^{-2}$

avec :

Re	le nombre de Reynolds, déterminé selon le § B.2, (-) ;
D_{tube}	le diamètre intérieur de la conduite souterraine, en m ;
L_{tube}	la longueur de la conduite souterraine, en m ;
n_{tube}	le nombre de conduites parallèles, (-) ;
$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$	le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique qui passe à travers l'échangeur de chaleur sol-air dans la partie fonctionnelle f, en m^3/h, déterminé selon les principes spécifiés au § 5.6.2.2.
$\dot{V}_{add\ m,fct\ f}$	le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation additionnelle mécanique dans la partie fonctionnelle f, en m^3/h. La valeur par défaut est égale au débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique. D'autres valeurs peuvent être

considérées sur base de rapports de mesures conformes aux spécifications définies par le Ministre.

Il faut faire la somme sur toutes les fonctions f de la zone de ventilation z.

8.6.2 Consommation d'électricité pour le refroidissement par évaporation

On détermine la consommation d'électricité mensuelle pour le refroidissement par évaporation selon :

Eq. 344

$$W_{evap,m} = 0,278 \cdot t_m \cdot w_{evap,m} \cdot 250 \cdot \frac{\sum_f \left(\left(f_{vent,cool,fct\ f} - f_{V,add\ m,day,cool,fctf;m} \right) \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f} + f_{V,add\ m,day,cool,fctf,m} \cdot \dot{V}_{add\ m,fct\ f} \right)}{3600} \quad \text{(kWh)}$$

avec :

t_m la durée du mois considéré, en Ms, reprise au Tableau [1] ;

$w_{evap,m}$ un facteur mensuel qui prend en compte la durée d'utilisation du système d'évaporation, selon le § B.3.1, (-) ;

$f_{vent,cool,fct\ f}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation est en service pour la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que repris au Tableau [7], (-) ;

$f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation additionnelle mécanique en journée est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 5.6.3.3.2, (-) ;

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique qui passe à travers l'échangeur de chaleur sol-air dans la partie fonctionnelle f, en m^3/h, déterminé selon les principes spécifiés au § 5.6.2.2.

$\dot{V}_{add\ m,fct\ f}$ le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation additionnelle mécanique dans la partie fonctionnelle f, en m^3/h. La valeur par défaut est égale au débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique. D'autres valeurs peuvent être considérées sur base de rapports de mesures conformes aux spécifications définies par le Ministre.

Il faut faire la somme sur toutes les parties fonctionnelles f de la zone de ventilation z.

9 Consommation d'énergie pour l'éclairage

9.1 Principe

Ce chapitre est consacré à la détermination, premièrement, de la variable auxiliaire adimensionnelle $L_{rm\ r}$ et, deuxièmement, de la consommation conventionnelle d'électricité pour l'éclairage (qui sera convertie en consommation d'énergie primaire au § 10.6).

Seul l'éclairage fixe situé à l'intérieur de l'unité PEN est pris en compte dans les calculs.

Des exemples d'éclairage situés en dehors de l'unité PEN peuvent être par exemple (selon le bâtiment en question) :

- un éclairage extérieur ;
- un éclairage intérieur dans des espaces situés hors du volume protégé ;
- un éclairage dans des parties résidentielles du bâtiment ;
- un éclairage d'autres espaces situés à l'intérieur du volume protégé mais pour lesquels il ne faut pas effectuer de calcul PEN.

A l'intérieur de l'unité PEN, les formes d'éclairage suivantes ne sont pas prises en considération :

- l'éclairage 'indépendant' : on entend par là les appareils indépendants (non fixes) que l'utilisateur branche sur le réseau électrique en insérant une fiche dans une prise, par exemple les lampes de bureau, certaines lampes fixées aux cadres de tableaux, etc ;
- les appareils qui assurent la signalisation des issues de secours (et qui restent souvent allumées en permanence) ;
- l'éclairage de secours (dans la mesure où il s'allume uniquement en cas d'urgence) ;
- l'éclairage des cabines et cages d'ascenseur.

La consommation des batteries présentes dans les systèmes d'éclairage (par exemple dans les interrupteurs sans fil) n'est pas prise en considération dans la détermination du niveau E_{EPNR}.

Par partie fonctionnelle, il faut choisir entre deux méthodes de détermination de la variable auxiliaire $L_{rm\ r}$ de tous les espaces et de la consommation d'électricité pour l'éclairage, à savoir :

- soit à l'aide de valeurs par défaut (§ 9.2) ;
- soit à l'aide des données détaillées de l'installation d'éclairage, en prenant en considération les facteurs suivants (§ 9.3) :
  - le flux lumineux des lampes et les caractéristiques photométriques des luminaires ;
  - la puissance des lampes installées, éléments auxiliaires des sources lumineuses compris, et la puissance des éventuels capteurs et éléments de contrôle ;
  - le type de contrôle ;
  - la présence éventuelle d'une zone de lumière naturelle avec élément de contrôle adapté.

9.1.1 Variable auxiliaire adimensionnelle Lrm r

La variable auxiliaire $L_{rm\ r}$ est une approximation du niveau d'éclairement moyen. Elle détermine, avec d'autres paramètres, la valeur de référence de la consommation annuelle caractéristique d'énergie primaire (voir § 4).

9.1.2 Consommation d'électricité pour l'éclairage

La consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage de l'unité PEN est la somme de la consommation d'électricité pour l'éclairage de chacun des parties fonctionnelles, et de la consommation d'électricité éventuelle de tous les éléments de contrôles et similaires qui se trouvent hors de l'unité PEN mais qui sont (en tout ou en partie) liés à l'installation d'éclairage située à l'intérieur de l'unité PEN :

Eq. 122 $$W_{light,m} = \sum_{f} W_{light,fct\ f,m} + \sum_{r} W_{light,rm r,ctrl,m} \quad \text{(kWh)}$$

avec :

$W_{light,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage, en kWh ;
$W_{light,fct\ f,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage de la partie fonctionnelle f, en kWh, déterminée selon le § 9.2.2 ou § 9.3.2 ;
$W_{light,rm\ r,ctrl,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour les éléments de contrôles et similaires installés dans des espaces r situés hors de l'unité PEN mais (en tout ou en partie) liés à l'installation d'éclairage des espaces r situés dans l'unité PEN, en kWh, déterminée selon le § 9.2.2 ou § 9.3.2.2.3.

Il faut faire une sommation sur toutes les parties fonctionnelles f de l'unité PEN et sur tous les espaces r hors de l'unité PEN.

Particularité de la fonction "Enseignement" : la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage, $W_{light,fct\ f,m}$, est considérée être nulle durant les mois de juillet et d'août.

9.2 Détermination de la variable auxiliaire adimensionnelle Lrm r et de la consommation d'électricité pour l'éclairage à l'aide des valeurs par défaut

9.2.1 Détermination de la variable auxiliaire adimensionnelle Lrm r

Pour chaque espace de la partie fonctionnelle, la variable auxiliaire $L_{rm\ r}$ vaut : $L_{rm\ r} = 500$.

9.2.2 Détermination de la consommation d'électricité pour l'éclairage par partie fonctionnelle

La consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage, y compris la consommation éventuelle des systèmes de contrôle, de la partie fonctionnelle f considérée, est déterminée comme suit :

Eq. 123 $$W_{light,fct\ f,m} = \sum_{r} A_{f,rm r} \cdot p_{light,def,fct\ f} \cdot \left(t_{day,fct\ f,m} + t_{night,fct\ f,m}\right) \quad \text{(kWh)}$$

avec :

$W_{light,fct\ f,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage dans la partie fonctionnelle f, en kWh ;

$A_{f,rm\ r}$ la surface d'utilisation dans l'espace r, en m² ;

$p_{light,def,fct\ f}$ la valeur fixe de la puissance spécifique pour l'éclairage. Cette valeur est déterminée par partie fonctionnelle et vaut :

- $p_{light,def,fct\ f}$ = 0,030 kW/m² pour les parties fonctionnelles ayant la fonction "Commerce / Services",
- $p_{light,def,fct\ f}$ = 0,020 kW/m² pour toutes les autres parties fonctionnelles ;

$t_{day,fct\ f,m}$ le nombre conventionnel d'heures d'utilisation par mois en période diurne, déterminé de la partie fonctionnelle f et repris au Tableau [31], en h ;

$t_{night,fct\ f,m}$ le nombre conventionnel d'heures d'utilisation par mois en période nocturne, déterminé de la partie fonctionnelle f et repris au Tableau [32], en h.

Il faut faire la sommation sur tous les espaces r de la partie fonctionnelle f.

On prend une valeur nulle pour la consommation mensuelle d'électricité des éléments de contrôle situés hors de l'unité PEN et qui sont uniquement liés aux luminaires situés dans les espaces de la partie fonctionnelle f considérée :

Eq. 124 $$\sum_{r} W_{light,rmr,ctrl,m} = 0 \quad \text{(kWh)}$$

où :

$W_{light,rm\ r,ctrl,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour les éléments de contrôles et similaires installés dans des espaces situés hors de l'unité PEN et qui sont uniquement liés à l'éclairage situé à l'intérieur de la partie fonctionnelle f considérée, en kWh.

Si les éléments de contrôles sont également liés à des luminaires situés dans d'autres parties fonctionnelles et si l'on détermine la consommation d'électricité pour l'éclairage de ces parties fonctionnelles à l'aide de la puissance réellement installée, alors il faut calculer leur consommation tel que décrit au 9.3.2.2.3.

9.3 Détermination de la variable auxiliaire adimensionnelle Lrm r et de la consommation d'électricité pour l'éclairage à l'aide des données de détail de l'installation d'éclairage

9.3.1 Détermination de la variable auxiliaire Lrm r

9.3.1.1 Détermination de la variable auxiliaire Lrm r dans un espace où aucun installation d'éclairage fixe n'est installée

Si, dans un espace, aucune installation d'éclairage fixe n'est installée, alors le calcul pour cet espace se fait avec des valeurs fixées conventionnellement. Ces valeurs correspondent aux valeurs utilisées pour le calcul avec les valeurs par défaut au cas où il y a un éclairage fixe.

Dans les espaces où aucun éclairage fixe n'est installé, on prend par convention la valeur : $L_{rm\ r}$ = 500

9.3.1.2 Détermination de la variable auxiliaire Lrm r dans un espace où une installation d'éclairage fixe est installée

Dans un espace où une installation d'éclairage fixe est installée, on détermine la variable auxiliaire $L_{rm\ r}$ comme suit :

1. Si l'éclairement désiré n'est pas réglable :

Eq. 125 $L_{rmr} = L_{design,rmr}$ (-)

où :

$L_{rm\ r}$	la variable auxiliaire adimensionnelle pour l'espace r, (-) ;
$L_{design,rm\ r}$	la valeur de dimensionnement de la variable auxiliaire adimensionnelle pour l'espace r, définie comme ci-dessous, (-).

2. Si l'éclairement désiré est bien réglable[5] (soit luminaire par luminaire, soit par groupe de luminaires), et ce pour tous les luminaires de l'espace [6] :

Eq. 126
$$L_{rmr} = L_{design,rmr} \cdot \min\left(1, \frac{L_{thresh} + f_{reduc,light} \cdot (L_{design,rmr} - L_{thresh})}{L_{design,rmr}}\right) \quad (-)$$

où :

$L_{rm\ r}$	la variable auxiliaire adimensionnelle pour l'espace r, (-) ;
$L_{design,rm\ r}$	la valeur de dimensionnement de la variable auxiliaire adimensionnelle pour l'espace r, définie comme ci-dessous, (-) ;
$f_{reduc,light}$	un facteur de réduction, fixé à $f_{reduc,light}$ = 0,5, (-) ;
L_{thresh}	une valeur seuil pour $L_{design,rm\ r}$, fixée à L_{thresh} = 250, (-).

La valeur de dimensionnement de la variable auxiliaire adimensionnelle $L_{design,rm\ r}$ peut être définie de deux manières :

- soit à l'aide d'une méthode conventionnelle simple (§ 9.3.1.2.1) ;
- soit à l'aide de calculs détaillés (§ 9.3.1.2.2).

Pour la plupart des applications, la première méthode peut suffire. Certains types de luminaires n'entrent pas en compte dans le calcul de la valeur de dimensionnement $L_{design,rm\ r}$ selon la méthode conventionnelle simple (voir le § 9.3.1.2.1) mais leur consommation d'électricité doit cependant obligatoirement toujours être incluse dans les calculs (voir le § 9.3.2). On peut dans ce cas, si on le souhaite, utiliser la seconde méthode dans les espaces concernées pour quand même prendre en compte leur contribution dans le calcul de $L_{design,rm\ r}$.

[5] Dans ce cas, la valeur de la variable auxiliaire est réduite, mais également la valeur de calcul pour la puissance d'éclairage (voir 9.3.3).

[6] Si $L_{design,rm\ r}$ est égal à zéro (par exemple parce qu'aucune information n'a été fournie concernant les luminaires installés), on a $L_{rm\ r}$ = 0.

9.3.1.2.1 Détermination de la valeur de dimensionnement Ldesign,rm r à l'aide de la méthode conventionnelle

On détermine la valeur de dimensionnement $L_{design,rm\ r}$ pour l'espace r selon :

$$L_{design,rmr} = \frac{\sum_k n_k \cdot [.N2_k \cdot .N4_k + 0,5 \cdot (1 - .N4_k)] \cdot .N5_k \cdot 0,85 \cdot PHIS_k}{A_{f,rmr}}$$

Eq. 127 (-)

où :

$L_{design,rm\ r}$ la valeur de dimensionnement de la variable auxiliaire adimensionnelle pour l'espace r, définie comme ci-dessous, (-) ;

n_k le nombre de luminaires de type k dans l'espace r, (-) ;

$.N2_k$ le rapport entre, d'une part, le flux lumineux du luminaire de type k émis dans un angle solide de π par rapport à l'axe principal (c.-à-d. dans un cône ayant un angle d'ouverture de 120°) et, d'autre part, le flux lumineux du luminaire de type k émis dans un angle solide de 2π par rapport à l'axe principal, (-), déterminé selon CIE 52 ;

$.N4_k$ le rapport entre, d'une part, le flux lumineux du luminaire de type k émis dans un angle solide de 2π par rapport à l'axe principal (c.-à-d. dans un cône ayant un angle d'ouverture de 180°) et, d'autre part, le flux lumineux total émis du luminaire de type k, (-), déterminé selon CIE 52 ;

$.N5_k$ le rapport entre le flux lumineux total émis du luminaire k et le flux lumineux ($PHIS_k$) émis par l'ensemble des lampes présentes dans le luminaire de type k, (-), déterminé selon CIE 52 ;

$PHIS_k$ la somme du flux lumineux de chacune des lampes présentes dans le luminaire de type k, en lumen :

Eq. 128 $$PHIS_k = \sum_m PHI_m$$

où :

PHI_m le flux lumineux de la lampe m, déterminé selon CIE 84, en lumen. A cette fin, on effectue une sommation sur toutes les lampes m qui se trouvent dans le luminaire de type k ;

$A_{f,rm\ r}$ la surface d'utilisation de l'espace r, en m².

Si l'on ne dispose pas des informations nécessaires concernant une combinaison lampe/luminaire donnée, on n'en tient pas compte dans la détermination de la valeur de dimensionnement $L_{design,rm\ r}$ mais leur consommation doit par contre obligatoirement être prise en compte au 9.3.2.

La somme est effectuée uniquement sur les luminaires de type k fixés au plafond (encastrés, appliqués ou suspendus) présents dans l'espace r. Les luminaires muraux et les systèmes d'éclairage intégrés dans le plancher ou dans les escaliers entrent quant à eux obligatoirement dans le calcul de la puissance installée, voir le 9.3.2 (et donc finalement dans la consommation annuelle caractéristique d'énergie primaire), mais ne sont pas repris dans celui de la détermination de la valeur de dimensionnement $L_{design,rm\ r}$ selon la méthode conventionnelle. Si l'on veut prendre en compte d'autres luminaires que ceux fixés au plafond lors de la détermination de la variable auxiliaire $L_{rm\ r}$, il faut utiliser la méthode de calcul détaillée, voir § 9.3.1.2.2.

Les luminaires fixés au plafond qui sont installées de telle manière que leur axe principal n'est pas orienté selon la verticale vers le bas (par exemple fixés sur un élément de toiture en pente) ou qui sont orientables (par exemple des spots rotatifs), sont pris en compte dans la méthode conventionnelle de détermination de la valeur de dimensionnement $L_{design,rm\ r}$ uniquement dans la mesure où l'axe principal ne s'écarte pas de plus de 45° de la verticale ou, dans le cas de luminaire tournant, dans la mesure où l'axe ne s'écarte jamais de plus de 45° de la verticale (dans sa position la plus défavorable), l'axe principal étant le même que celui utilisé pour la détermination du code de flux. Si cette limitation en matière d'installation n'est pas respectée, ces luminaires ne sont pas pris en compte dans la détermination de la valeur de dimensionnement $L_{design,rm\ r}$ selon la méthode conventionnelle, mais elles le sont obligatoirement dans la détermination de la consommation énergétique. Si l'on désire prendre en compte ces luminaires dans la détermination de la valeur de dimensionnement $L_{design,rm\ r}$, il faut utiliser la méthode de calcul détaillée, voir § 9.3.1.2.2.

9.3.1.2.2 Détermination de la valeur de dimensionnement Ldesign,rm r au moyen de calculs détaillés

Contrairement à la méthode de calcul conventionnelle, il est permis de calculer, pour un espace, l'éclairement sur un plan fictif situé à une hauteur de 0,8 m à l'aide d'un programme de calcul.

Le programme utilisé pour le calcul doit être au préalable agréé par le Ministre.

Par convention, la valeur de dimensionnement $L_{design,rm\ r}$ doit être estimée par la valeur moyenne de l'éclairement calculée sur la superficie totale de l'espace, c'est à dire en prenant en compte toutes les zones, y compris les zones du pourtour de la pièce.

Le calcul doit être effectué sur base de la géométrie réelle de l'espace (vide, sans mobilier). Les facteurs de réflexion à prendre en compte sont : 0,7 pour le plafond, 0,5 pour les murs (y compris les baies d'éclairage naturel) et 0,2 pour le plancher. Lors du calcul, il faut considérer pour les luminaires une position identique à leur installation effective. Dans le cas de luminaires orientables, il faut, dans les calculs, diriger le luminaire de manière telle que l'angle entre l'axe principal et la verticale soit le plus grand possible (donc l'orienter au maximum vers le haut). Si d'autres orientations sont possibles, il faut orienter le luminaire perpendiculairement à la paroi la plus proche. En ce qui concerne le flux lumineux des lampes, il faut tenir compte d'un facteur de réduction fixe de 0,85 conformément à la valeur issue du rapport technique CIE84.

En ce qui concerne ces calculs, le Ministre peut établir des spécifications complémentaires et/ou divergentes.

9.3.2 Détermination de la consommation mensuelle d'électricité par partie fonctionnelle

On détermine la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage d'une partie fonctionnelle en effectuant la somme de la consommation d'électricité pour l'éclairage de chacun des espaces qui composent cette partie fonctionnelle :

Eq. 129 $W_{light,fct\ f,m} = \sum_{r} W_{light,rm\ r,m}$ (kWh)

avec :

$W_{light,fct\ f,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage dans la partie fonctionnelle f, en kWh ;

$W_{light,rm\ r,m}$ la consommation d'électricité mensuelle pour l'éclairage de l'espace r situé dans la partie fonctionnelle f, en kWh, déterminée selon le § 9.3.2.1 ou § 9.3.2.2.

On effectuera une sommation sur tous les espaces r de la partie fonctionnelle f.

9.3.2.1 Consommation d'électricité pour l'éclairage dans un espace où aucune installation d'éclairage fixe n'est installée

Si, dans un espace, aucune installation d'éclairage fixe n'est installée, alors le calcul pour cet espace se fait avec des valeurs fixées conventionnellement. Ces valeurs correspondent aux valeurs utilisées pour le calcul avec les valeurs par défaut au cas où il y a un éclairage fixe.

Par conséquent, la valeur de calcul pour la consommation mensuelle d'électricité dans un tel espace vaut par convention :

Eq. 130 $W_{light,rmr,m} = A_{f,rmr} \cdot p_{light,abs,fct\ f} \cdot \left(t_{day,fct\ f,m} + t_{night,fct\ f,m}\right)$ (kWh)

où :

$W_{light,rm\ r,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage de l'espace r, en kWh ;

$A_{f,rm\ r}$ la surface d'utilisation de l'espace r, en m² ;

$p_{light,abs,fct\ f}$ une valeur fixe de la puissance spécifique pour l'éclairage. Cette valeur est déterminée de la partie fonctionnelle f et vaut : $p_{light,abs,fct\ f}$ = 0,030 kW/m² pour les parties fonctionnelles ayant la fonction "Commerce / Services" et $p_{light,abs,fct\ f}$ = 0,020 kW/m² pour toutes les autres parties fonctionnelles ;

$t_{day,fct\ f,m}$ le nombre conventionnel d'heures d'utilisation par mois en période diurne, déterminé de la partie fonctionnelle f et repris au Tableau [31], en h ;

$t_{night,fct\ f,m}$ le nombre conventionnel d'heures d'utilisation par mois en période nocturne, déterminé de la partie fonctionnelle f et repris au Tableau [32], en h.

9.3.2.2 Consommation d'électricité pour l'éclairage dans un espace où une installation d'éclairage fixe est installée

Dans le cas où une installation d'éclairage est présente, on détermine la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage par espace en multipliant la puissance installée de l'éclairage (y compris les éléments auxiliaires éventuels et éléments de contrôle) par la durée pendant laquelle l'éclairage est allumé, en tenant compte des contrôles présents. La consommation d'électricité des éléments de contrôle éventuels doit y être intégrée, dans la mesure où cette dernière consommation n'a pas encore été intégrée dans le terme précédant :

Eq. 131

$$W_{light,rmr,m} = (P_{light,rmr} \cdot f_{ci}) \cdot \left(\begin{array}{l} (t_{day,fct\ f,m} \cdot f_{occ,light,fct\ f} \cdot f_{dayl}) \\ + (t_{night,fct\ f,m} \cdot f_{occ,light,fct\ f}) \end{array} \right) + W_{light,rmr,ctrl,m} \quad \text{(kWh)}$$

où :

$W_{light,rm\ r,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage de l'espace r, en kWh ;
$P_{light,rm\ r}$	la valeur de calcul de la puissance de l'éclairage dans l'espace entier, déterminée selon le § 0, en kW ;
f_{ci}	un facteur de réduction pour tenir compte d'un système qui maintient l'éclairement constant. Ce facteur est fixé à 1, (-) ;
$t_{day,fct\ f,m}$	le nombre conventionnel d'heures d'utilisation par mois en période diurne, pour la partie fonctionnelle f à laquelle l'espace r appartient et repris au Tableau [31], en h ;
$f_{occ,light,fct\ f}$	un facteur de réduction pour tenir compte d'un système qui règle l'éclairage en fonction de l'occupation, déterminé selon le § 9.3.2.2.1, (-) ;
$t_{night,fct\ f,m}$	le nombre conventionnel d'heures d'utilisation par mois en période nocturne, pour la partie fonctionnelle f à laquelle l'espace r appartient et repris Tableau [32], en h.
f_{dayl}	un facteur de réduction pour tenir compte d'un système qui règle l'éclairage en fonction de l'apport de lumière du jour dans l'espace, déterminé selon le § 9.3.2.2.1, (-) ;
$W_{light,rm\ r,ctrl,m}$	la consommation mensuelle d'électricité du contrôle qui n'a pas encore été prise en compte dans le terme précédent, déterminée selon le § 9.3.2.2.3, en kWh.

9.3.2.2.1 Facteurs de réduction pour tenir compte d'un système qui règle l'éclairage en fonction de l'occupation et de l'apport de lumière du jour

Le facteur de réduction pour le réglage en fonction de l'occupation, $f_{occ,light,fct\ f}$, est donné au Tableau [29]. Pour pouvoir être pris en considération, le système de réglage doit commander tous les luminaires de l'espace. Des systèmes centralisés[7] ne sont pas pris en considération.

Si, dans un espace, différents systèmes de réglage sont présents, alors il faut uniquement prendre en compte le type de réglage présent dans le local ayant la valeur $f_{occ,light,fct\ f}$ la plus élevée.

[7] Dès qu'un interrupteur ou un capteur règle l'éclairage dans plus de un espace, le système est considéré comme "central".

Tableau [29] : Facteur de réduction $f_{occ\ light,\ fct\ f}$ pour tenir compte du réglage en fonction de l'occupation, par fonction (partie 1 sur 2)

Description de la commutation	Fonctions								
				Soins de santé			Rassemblement		
	Hébergement	Bureaux	Enseignement	Avec occ. noct.	Sans occ. noct.	Salle d'opération	Occ. importante	Faible occ.	Cafét. / réfect.
Aucun système et tous les systèmes autres que ceux décrits ci-dessous.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Commande manuelle (allumage/extinction) :									
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² ou classe ou salle de réunion	0,90	0,90	0,90	0,90	0,95	0,70	1,00	1,00	0,50
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m²	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50
Détection de présence : allumage automatique et extinction automatique, ou réduction du flux lumineux (auto on ; auto off/dimming) :									
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² ou classe ou salle de réunion :									
- si extinction complète en cas d'absence	0,80	0,80	0,80	0,80	0,85	0,60	1,00	1,00	0,40
- si réduction du flux lumineux en cas d'absence	0,85	0,85	0,85	0,85	0,90	0,65	1,00	1,00	0,45
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m² :									
- si extinction complète en cas d'absence	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,40
- si réduction du flux lumineux en cas d'absence	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,45
Allumage manuel ; détection d'absence : éteint automatiquement ou dime automatiquement (on manuel ; auto off/dim) :									
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² ou classe ou salle de réunion									
- si extinction complète en cas d'absence	0,70	0,70	0,70	0,70	0,80	0,50	1,00	1,00	0,30
- si réduction du flux lumineux en cas d'absence	0,80	0,80	0,80	0,80	0,85	0,60	1,00	1,00	0,40
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m² :									
- si extinction complète en cas d'absence	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,30
- si réduction du flux lumineux en cas d'absence	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,40

avec :

$A_{f,rm\ r}$ la surface d'utilisation de l'espace r, en m².

Tableau [29] (suite) : Facteur de réduction $f_{occ\ light,\ fct\ f}$ pour tenir comptedu réglage en fonction de l'occupation, par fonction (partie 2 sur 2)

Description de la commutation	Fonctions								
	Csuiine	Commerce / Serv.	Sport			Locaux techniques	Communs	Autre	Inconnue
			basse t°	t° moyenne	t° élevée				
Aucun système et tous les systèmes autres que ceux décrits ci-dessous.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Commande manuelle (allumage/extinction) :							Déterminé comme ci-dessous		
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² ou classe ou salle de réunion	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,25		1,00	1,00
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m²	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,25		1,00	1,00
Détection de présence : allumage automatique et extinction automatique, ou réduction du flux lumineux (auto on ; auto off/dimming) :									
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² ou classe ou salle de réunion :									
- si extinction complète en cas d'absence	1,00	1,00	0,70	0,70	0,70	0,15		1,00	1,00
- si réduction du flux lumineux en cas d'absence	1,00	1,00	0,75	0,75	0,75	0,20		1,00	1,00
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m² :									
- si extinction complète en cas d'absence	1,00	1,00	0,70	0,70	0,70	0,15		1,00	1,00
- si réduction du flux lumineux en cas d'absence	1,00	1,00	0,75	0,75	0,75	0,20		1,00	1,00
Allumage manuel ; détection d'absence : éteint automatiquement ou dime automatiquement (on manuel ; auto off/dim) :									
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² ou classe ou salle de réunion									
- si extinction complète en cas d'absence	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	0,05		1,00	1,00
- si réduction du flux lumineux en cas d'absence	1,00	1,00	0,70	0,70	0,70	0,15		1,00	1,00
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m² :								1,00	1,00
- si extinction complète en cas d'absence	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	0,05		1,00	1,00
- si réduction du flux lumineux en cas d'absence	1,00	1,00	0,70	0,70	0,70	0,15		1,00	1,00

avec :

$A_{f,rm\ r}$ la surface d'utilisation de l'espace r, en m².

Si une partie fonctionnelle ayant la fonction "Communs" dessert plusieurs parties fonctionnelles, la valeur de $f_{occ\ light,fct\ f}$ est égale à la valeur de la

partie fonctionnelle desservie la plus occupée, càd celle dont la valeur est la plus élevée.

Le facteur de réduction pour le réglage en fonction de l'apport de lumière du jour, f_{dayl}, est déterminé selon :

Eq. 132

$$f_{dayl} = \left[\frac{A_{f,rmr,daylarea}}{A_{f,rmr}} \cdot f_{mod,dayl}\right] + \left[\frac{A_{f,rmr,artifarea}}{A_{f,rmr}} \cdot f_{mod,artif}\right] \quad (-)$$

où :

f_{dayl} un facteur de réduction pour tenir compte d'un système qui règle l'éclairage en fonction de l'apport de lumière du jour dans l'espace, (-) ;

$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$ la surface au sol de la partie dite "éclairée naturellement" dans l'espace r, déterminée selon le § 9.3.4, en m² ;

$A_{f,rm\ r}$ la surface d'utilisation de l'espace r, en m² ;

$f_{mod,dayl}$ le facteur pour le réglage en fonction de la lumière du jour dans la partie dite "éclairée naturellement", repris au Tableau [30], (-) ;

$A_{f,rm\ r,artif\ area}$ la surface au sol de la partie dite "éclairée artificiellement" dans l'espace r, déterminée selon le § 9.3.4, en m² ;

$f_{mod,artif}$ le facteur pour le réglage en fonction de la lumière du jour dans la partie dite "éclairée artificiellement", repris au Tableau [30], (-).

Tableau [30] : Facteurs pour le réglage en fonction de la lumière du jour

Description du réglage en fonction de la lumière du jour	$f_{mod,dayl}$	$f_{mod,artif}$
Pas de système	1,00	1,00
Système manuel[8]	0,90	1,00
Système automatique[9]	0,60	0,80

Tous les luminaires des parties respectivement dites "éclairée naturellement" et "éclairée artificiellement" doivent être réglés par le système, pour que le système de réglage puisse être pris en considération pour ces parties de l'espace. La délimitation des surfaces entre les luminaires est par convention déterminée par la ligne médiane entre les luminaires.

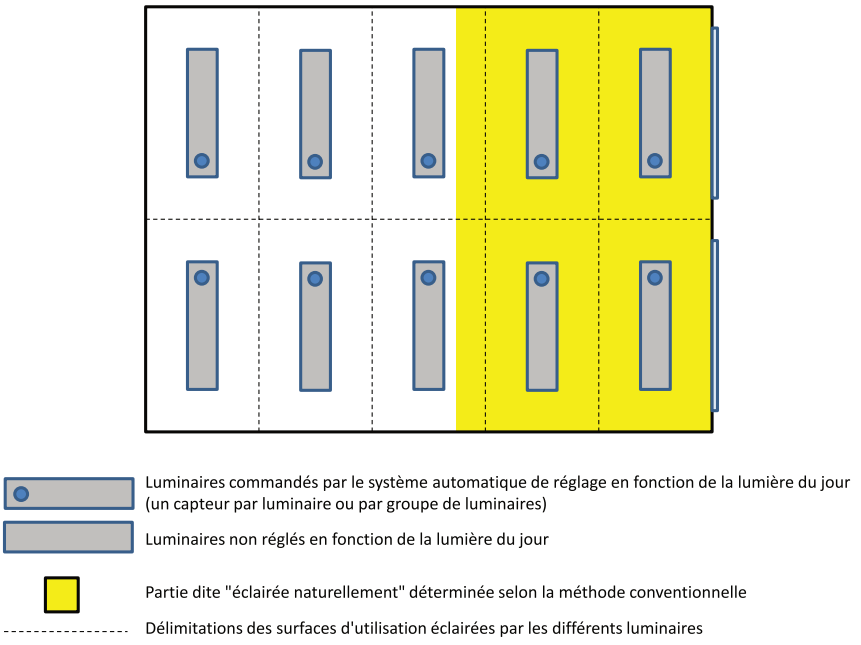
[8] Il faut comprendre que le flux lumineux des sources de lumière peut être éteint ou modifié manuellement par l'utilisateur (par exemple à l'aide d'un interrupteur, d'un potentiomètre ou d'une commande à distance).

[9] Il faut comprendre que le flux lumineux des sources de lumière est modifié en fonction de la disponibilité de lumière du jour de manière entièrement automatique et continu (ou dans le cas d'un système digital quasi continu, en au moins 100 positions intérmédiaires).

Plusieurs situations peuvent se présenter :

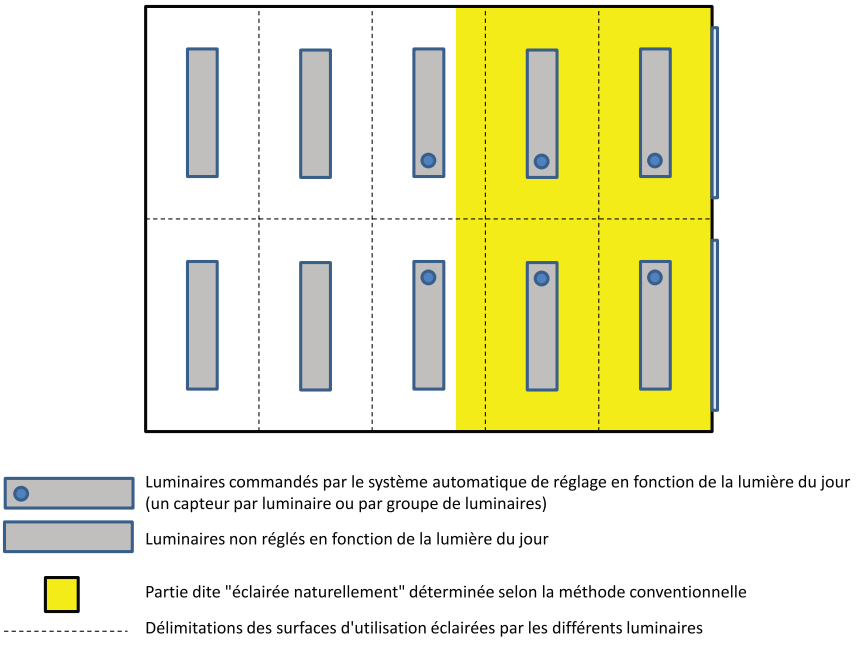
- Tous les luminaires de l'espace sont commandés par un seul et même système. Dans ce cas, les facteurs correspondants peuvent être appliqués dans chaque partie de l'espace. Dans l'exemple de la Figure [1], on a $f_{mod,artif}$ = 0,80 et $f_{mod,dayl}$ = 0,60.

Figure [1] : Configuration où tous les luminaires sont commandés par un seul et même système



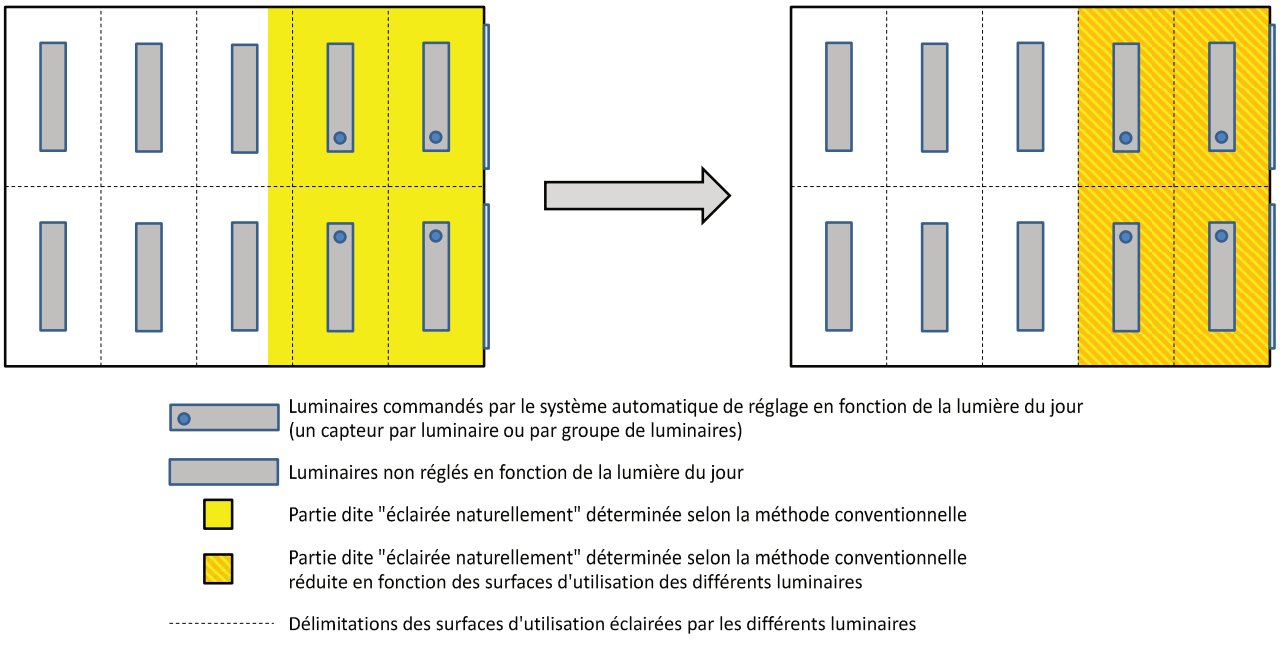
- Tous les luminaires ne sont pas commandés par un seul et même système :
  - S'il est fait usage de la valeur par défaut pour la détermination de la partie dite "éclairée naturellement" (§ 9.3.4.1), le système n'est pas pris en considération.
  - S'il est fait usage de la méthode conventionnelle pour la détermination de la partie dite "éclairée naturellement" (§ 9.3.4.2), la délimitation des surfaces d'utilisation commandée dans chaque espace doit être déterminée à l'aide d'une figure ; les situations suivantes peuvent se présenter :
    - La partie dite "éclairée naturellement" ou la partie dite "éclairée artificiellement" se situe entièrement dans la surface d'utilisation totale commandée par le système. Dans ce cas, les facteurs correspondants peuvent être appliqués dans chaque partie de l'espace. Dans l'exemple de la Figure [2], on a $f_{mod,artif}$ = 1,00 et $f_{mod,dayl}$ = 0,60.

Figure [2] : Configuration où tous les luminaires ne sont pas commandés par un seul et même système – la surface dite "éclairée naturellement" se situe entièrement dans la surface d'utilisation totale commandée par le système



- La partie dite "éclairée naturellement" ou la partie dite "éclairée artificiellement" se situe partiellement hors de la surface d'utilisation totale commandée par le système. Dans ce cas, le système n'est pas considéré pour la partie concernée et on retombe automatiquement sur un facteur de réduction de 1,00. Il est cependant autorisé de réduire la surface de la partie dite "éclairée naturellement" à la surface pour laquelle la surface de la partie dite "éclairée naturellement" et la surface d'utilisation commandée par le système correspondent l'une avec l'autre, pour obtenir une partie dite "éclairée naturellement" se situant entièrement dans de la surface d'utilisation totale commandée par le système. Cette tolérance ne peut pas être appliquée à la partie dite "éclairée artificiellement". Dans l'exemple de la Figure [3], on a en principe $f_{mod,artif}$ = 1,00 et $f_{mod,dayl}$ = 1,00. Cependant, si on réduit la surface de la partie dite "éclairée naturellement" jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de partie de cette surface qui sont éclairée par des luminaires qui ne sont pas réglés par le système automatique, on peut calculer avec $f_{mod,dayl}$ = 0,60. $f_{mod,artif}$ reste naturellement égal à 1,00.

Figure [3] : Configuration où tous les luminaires ne sont pas commandés par un seul et même système – la surface dite "éclairée naturellement" se situe partiellement hors de la surface d'utilisation totale commandée par le système



Situation avant réduction de la partie dite "éclairée naturellement" :
$f_{mod,artif}$ = 1,00
$f_{mod,dayl}$ = 1,00

Situation après réduction de la partie dite "éclairée naturellement" :
$f_{mod,artif}$ = 1,00
$f_{mod,dayl}$ = 0,60

9.3.2.2.2 Valeurs de calcul conventionnelles pour la durée d'utilisation

Les valeurs de calcul pour les durées d'utilisation par mois en périodes diurne en nocturne, $t_{day,fct\ f,m}$ et $t_{night,fct\ f,m}$, sont fixées conventionnellement au Tableau [31]et au Tableau [32].

Tableau [31] : Nombre conventionnel d'heures d'utilisation par mois en période diurne, $t_{day,fct\ f,m}$, par fonction, en h

Fonctions		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Hébergement		198	224	273	312	372	360	372	347	288	273	216	174
Bureaux		159	180	199	192	199	192	199	199	192	199	173	139
Enseignement		159	180	199	192	199	192	0	0	192	199	173	139
Soins de santé	Avec occ. nocturne	248	280	341	390	465	450	465	434	360	341	270	217
	Sans occ. nocturne	177	199	221	214	221	214	221	221	214	221	192	155
	Salle d'opération	248	280	341	390	465	450	465	434	360	341	270	217
Rassemblement	Occ. importante	212	215	238	282	318	308	318	318	282	265	205	185
	Faible occupation	212	215	238	282	318	308	318	318	282	265	205	185
	Cafétéria / Réfectoire	177	199	221	214	221	214	221	221	214	221	192	155
Cuisine		185	191	212	256	265	256	265	265	256	238	180	159
Commerce / Services		212	239	265	308	318	308	318	318	308	291	231	185
Installations sportives	Hall de sport / Gymnase	212	239	265	308	344	333	344	344	308	291	231	185
	Fitness / Danse	212	239	265	308	344	333	344	344	308	291	231	185
	Sauna / Piscine	212	239	265	308	344	333	344	344	308	291	231	185
Locaux techniques		248	280	341	390	465	450	465	434	360	341	270	217
Communs		Déterminées comme ci-dessous											
Autre		177	199	221	214	221	214	221	221	214	221	192	155
Inconnue		212	215	238	282	318	308	318	318	282	265	205	185

Si une partie fonctionnelle ayant la fonction "Communs" dessert plusieurs parties fonctionnelles, les valeurs de $t_{day,fct\ f,m}$ sont égales aux valeurs de la partie fonctionnelle desservie la plus utilisée, càd celle dont les valeurs sont les plus élevées. Cette évaluation doit être effectuée indépendamment pour chaque mois.

Tableau [32] : Nombre conventionnel d'heures d'utilisation par mois en période nocturne, $t_{night,fct\ f,m}$, par fonction, en h

Fonctions		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Hébergement		273	202	198	144	99	96	99	124	168	198	240	298
Bureaux		40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	60
Enseignement		40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	60
Soins de santé	Avec occ. nocturne	341	252	248	180	124	120	124	155	210	248	300	372
	Sans occ. nocturne	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	66
	Salle d'opération	496	392	403	330	279	270	279	310	360	403	450	527
Rassemblement	Occ. importante	185	144	159	103	79	77	79	79	103	132	180	212
	Faible occupation	185	144	159	103	79	77	79	79	103	132	180	212
	Cafétéria / Réfectoire	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	66
Cuisine		79	48	53	0	0	0	0	0	0	26	77	106
Commerce / Services		106	48	53	0	0	0	0	0	0	26	77	132
Installations sportives	Hall de sport / Gymnase	159	96	106	51	26	26	26	26	51	79	128	185
	Fitness / Danse	159	96	106	51	26	26	26	26	51	79	128	185
	Sauna / Piscine	159	96	106	51	26	26	26	26	51	79	128	185
Locaux techniques		496	392	403	330	279	270	279	310	360	403	450	527
Communs		Déterminées comme ci-dessous											
Autre		44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	66
Inconnue		185	144	159	103	79	77	79	79	103	132	180	212

Si une partie fonctionnelle ayant la fonction "Communs" dessert plusieurs parties fonctionnelles, les valeurs de $t_{night,fct\ f,m}$ sont égales aux valeurs de la partie fonctionnelle desservie la plus utilisée, càd celle dont les valeurs sont les plus élevées. Cette évaluation doit être effectuée indépendamment pour chaque mois.

9.3.2.2.3 Consommation d'électricité des appareils de contrôle qui ne sont pas encore compris dans la consommation des luminaires10

Pour chaque espace, on détermine la consommation mensuelle d'électricité des éléments de contrôle et similaires (y compris les éléments auxiliaires éventuels, capteurs et/ou commutateurs) dans la mesure où ils n'ont pas encore été repris dans la consommation des luminaires durant les heures d'utilisation, comme la somme de cette consommation pour chacun des appareils k, comme suit :

[10] Les consommations parasitaires des installations d'éclairage ne sont pas encore prises en compte lors de l'entrée en vigueur du présent Arrêté. Ce paragraphe prendra effet à une date déterminée par le Ministre. D'ici là, on considère $W_{light,rm\ r,ctrl}$ = 0 kWh.

Eq. 133

$$W_{light,rm\ r,ctrl,m} = \sum_k \Big[P_{light,rm\ r,ctrl,on,k} \cdot f_{occ,light,fct\ f} \cdot \left(t_{day,fct\ f,m} + t_{night,fct\ f,m}\right) + P_{light,rm\ r,ctrl,off,k} \cdot \left(\frac{1000 \cdot t_m}{3.6} - f_{occ,light,fct\ f} \cdot \left(t_{day,fct\ f,m} + t_{night,fct\ f,m}\right)\right) \Big] \Big/ 1000 \quad (kWh)$$

où :

$W_{light,rm\ r,ctrl,m}$ la consommation d'électricité mensuelle de l'élément de contrôle qui n'est pas encore comprise dans la consommation, en kWh ;

$P_{light,rm\ r,ctrl,on,k}$ la puissance d'alimentation k des (groupes d') éléments de contrôle (y compris les éventuels éléments auxiliaires, capteurs et/ou commutateurs) pendant les heures d'utilisation, qui n'est pas encore comprise dans la puissance des luminaires, en W. La valeur par défaut pour chaque alimentation d'éléments de contrôle, commandes, capteurs (intégré ou non dans le luminaire) etc. est de 3 W par luminaire lié à l'appareil ;

$P_{light,rm\ r,ctrl,off,k}$ la puissance d'alimentation k de chacun des (groupes d')éléments de contrôle (y compris les éléments auxiliaires éventuels, capteurs et/ou commandes) en-dehors des heures d'utilisation, en W. La valeur par défaut pour chaque alimentation d'éléments de contrôle, capteurs (intégré ou non dans le luminaire, etc. est de 3 W par luminaire lié à l'appareil ;

$f_{occ,light,fct\ f}$ un facteur de réduction pour tenir compte d'un système qui règle l'éclairage en fonction de l'occupation, repris au Tableau [29], (-) ;

$t_{day,fct\ f,m}$ le nombre conventionnel d'heures d'utilisation par mois en période diurne de la partie fonctionnelle f à laquelle appartient l'espace r considéré, tel que repris au Tableau [31], en h ;

$t_{night,fct\ f,m}$ le nombre conventionnel d'heures d'utilisation par mois en période nocturne de la partie fonctionnelle f à laquelle appartient l'espace r considéré, tel que repris au Tableau [32], en h.

Si un élément de contrôle commande plusieurs espaces, la valeur $f_{occ,light,fct\ f}$ à prendre en considération est la valeur maximale des valeurs applicables à tous ces espaces.

Il faut effectuer une sommation sur toutes les alimentations k présentes dans l'espace r.

Particularité de la fonction "Enseignement" : la consommation d'électricité mensuelle des éléments de contrôles et similaires, $W_{light,rm\ r,ctrl,m}$, liés à l'installation d'éclairage des espaces r situés dans une partie fonctionnelle ayant cette fonction, est considérée être nulle durant les mois de juillet et d'août.

9.3.3 Valeur de calcul de la puissance par espace

La valeur de calcul de la puissance d'éclairage par espace est déterminée comme suit :

- si l'éclairement souhaité n'est pas réglable, on prend comme valeur pour le calcul de la puissance de l'éclairage :

Eq. 134 $P_{light,rmr} = P_{nom,rmr}$ (kW)

où :

$P_{light,rm\ r}$ la valeur de la puissance, en kW ;

$P_{nom,rm\ r}$ la valeur de puissance nominale, par espace, tel que déterminée ci-dessous, en kW.

- par contre, si l'éclairement est réglable (soit luminaire par luminaire, ou par groupe de luminaires) pour tous les luminaires situés dans l'espace, on utilise par convention le calcul suivant pour déterminer la puissance d'éclairage[11] :

Eq. 135 $$P_{light,rmr} = P_{nom,rmr} \cdot \min\left(1 \ ; \ \frac{L_{thresh} + f_{reduc,light} \cdot (L_{rmr} - L_{thresh})}{L_{rmr}}\right) \quad \text{(kW)}$$

où :

$P_{light,rm\ r}$ la valeur de la puissance d'éclairage, en kW ;

$P_{nom,rm\ r}$ la valeur de la puissance nominale, telle que déterminée ci-dessous, en kW ;

$L_{design,rm\ r}$ la variable auxiliaire adimensionnelle, déterminée selon le § 9.3.1.2 ;

$f_{reduc,light}$ un facteur de réduction de la variable auxiliaire ayant comme valeur : $f_{reduc,light} = 0,5$;

L_{thresh} une valeur seuil de $L_{design,rm\ r}$, ayant comme valeur : $L_{thresh} = 250$.

On détermine, pour chaque espace, la valeur de la puissance nominale en effectuant la somme des puissances de tous les luminaires (puissance des lampes y compris les éventuels éléments auxiliaires, capteurs et éléments de contrôle), comme suit :

Eq. 136 $$P_{nom,rmr} = \frac{\sum_k P_{fitting,k}}{1000} \quad \text{(kW)}$$

où :

$P_{nom,rm\ r}$ la valeur de la puissance nominale de toutes les lampes, y compris les éventuels éléments auxiliaires, capteurs, éléments de contrôle et/ou commande dans l'espace r, en kW ;

$P_{fitting,k}$ la valeur de la puissance de la (de toutes les) lampe(s) du luminaire, y compris les éventuels éléments auxiliaires,

[11] Si $L_{design,rm\ r}$ est égal à zéro (par exemple parce qu'aucune information n'a été fournie concernant les luminaires installés), on a $P_{light,rm\ r} = P_{nom,rm\ r}$

capteurs, éléments de contrôle et/ou commande du luminaire k, en W.

Il faut effectuer la somme sur tous les luminaires k de l'espace r.

9.3.4 Distinction entre la partie dite "éclairée naturellement" et la partie dite "éclairée artificiellement"

Si la partie dite "éclairée naturellement" est modulable séparément, une consommation d'électricité plus faible peut être prise en compte dans le calcul (voir le § 9.3.2.2.1 et le Tableau [30]).

La surface de la partie dite "éclairée artificiellement" est la surface d'utilisation de l'espace r moins la surface de la partie dite "éclairée naturellement" :

Eq. 137 $A_{f,rmr,artif\ area} = A_{f,rmr} - A_{f,rmr,dayl\ area}$ (m²)

où :

$A_{f,rm\ r,artif\ area}$ la surface d'utilisation de la partie dite "éclairée artificiellement" de l'espace r, en m² ;

$A_{f,rm\ r}$ la surface d'utilisation totale de l'espace r, en m² ;

$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$ la surface de la partie dite "éclairée naturellement" de l'espace r, telle que déterminée ci-dessus, en m².

S'il n'y a pas d'ouverture amenant de la lumière du jour dans l'espace considéré, on a : $A_{f,rm\ r,dayl\ area} = 0$.

S'il y a une ou plusieurs ouverture(s) amenant de la lumière du jour dans l'espace considéré, on peut soit utiliser des valeurs par défaut (voir le § 9.3.4.1), soit choisir une méthode de détermination conventionnelle plus détaillée (voir le § 9.3.4.2).

9.3.4.1 Valeurs par défaut pour la détermination de la partie dite "éclairée naturellement"

La surface de la partie dite "éclairée naturellement" est donnée par :

Eq. 138 $A_{f,rmr,daylarea} = f_{daylarea,rmr} \cdot A_{f,rmr}$ (m²)

où :

$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$ la surface de la partie dite "éclairée naturellement" de l'espace r, en m² ;

$f_{dayl\ area,rm\ r}$ la proportion de la surface de l'espace r qui est par défaut considérée comme "éclairée naturellement", tirée du Tableau [33], (-) ;

$A_{f,rm\ r}$ la surface d'utilisation totale de l'espace r, en m².

Tableau [33] : Proportion de la surface d'un espace qui est par défaut considérée comme "éclairée naturellement", $f_{dayl\ area,rm\ r}$, par fonction

Fonctions		**S'il n'y a pas d'apport de lumière du jour dans l'espace considéré**	**S'il y a un apport de lumière du jour dans l'espace considéré**
Hébergement		0,00	0,15
Bureaux		0,00	0,20
Enseignement		0,00	0,30
Soins de santé	Avec occ. nocturne	0,00	0,15
	Sans occ. nocturne	0,00	0,15
	Salle d'opération	0,00	0,00
Rassemblement	Occupation importante	0,00	0,20
	Faible occupation	0,00	0,20
	Cafétéria / Réfectoire	0,00	0,20
Cuisine		0,00	0,20
Commerce / Services		0,00	0,10
Installations sportives	Hall de sport / Gymnase	0,00	0,20
	Fitness / Danse	0,00	0,20
	Sauna / Piscine	0,00	0,20
Locaux techniques		0,00	0,10
Communs		0,00	0,10
Autre		0,00	0,10
Inconnue		0,00	0,00

9.3.4.2 Méthode conventionnelle pour la détermination de la partie dite "éclairée naturellement"

La méthode conventionnelle pour la détermination de la partie dite "éclairée naturellement" se base, pour chaque espace où elle est appliquée, sur une figure telle que la Figure [6] ci-dessous. Une première contribution à la partie dite "éclairée naturellement" est formée par la projection verticale sur la surface d'utilisation des baies (ouvertures à la lumière naturelle) inclinées vers l'intérieur ou horizontales (par exemple lucarnes en toiture). Une seconde contribution est fournie par les baies verticales et par les surfaces verticales équivalentes des baies inclinées. Pour déterminer ces dernières, on projette chaque baie inclinée sur un plan vertical qui passe par le bord supérieur de la fenêtre (voir Figure [5]). La détermination précise des deux contributions s'effectue selon le § 9.3.4.2.1 et 9.3.4.2.2.

Les parties qui se chevauchent sont déduites pour déterminer la surface totale de la partie dite "éclairée naturellement" :

Eq. 139 $$A_{f,rmr,dayl\ area} = A_{f,rmr,dayl\ area,vert} + A_{f,rmr,dayl\ area,depth} - A_{f,rmr,overlap} \quad (m^2)$$

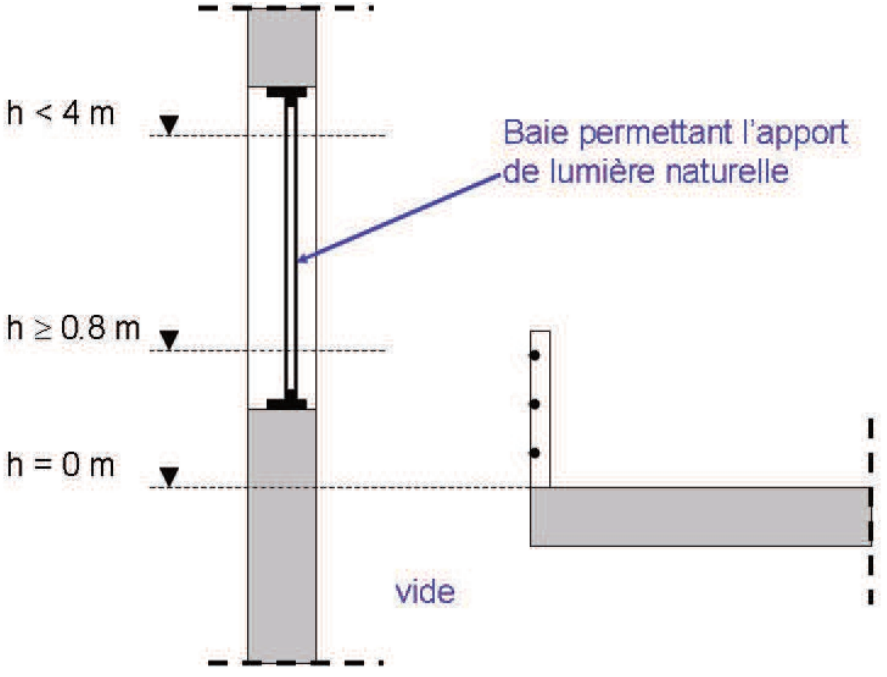
où :

$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$	la surface totale d'utilisation de la partie dite "éclairée naturellement" de l'espace r, en m² ;
$A_{f,rm\ r,dayl\ area,vert}$	la surface d'utilisation correspondant à la projection verticale des baies, la détermination s'effectue selon le § 9.3.4.2.1, en m² ;
$A_{f,rm\ r,dayl\ area,depth}$	la surface d'utilisation correspondant à la contribution des surfaces verticales équivalentes des baies, déterminée selon le § 9.3.4.2.2, en m² ;
$A_{f,rm\ r,overlap}$	la surface d'utilisation satisfaisant à la fois aux conditions du 9.3.4.2.1 et à celles du 9.3.4.2.2, en m².

Conditions :

Lorsqu'on détermine l'extrémité supérieure et inférieure des baies verticales permettant l'apport de lumière naturelle, il faut satisfaire aux conditions spécifiées à la Figure [4]. Cela veut dire que la hauteur de l'extrémité inférieure de la baie (de la partie transparente/translucide de la fenêtre) dont il faut tenir compte dans les calculs doit être au minimum de 0,8 m, même si la valeur réelle est inférieure (ex : bord inférieur situé à 0,5 m de hauteur). De manière similaire, la hauteur maximale de l'extrémité supérieure est fixée à 4 m. Les hauteurs sont déterminées à partir du niveau fini du sol.

Figure [4] : Projection du niveau fini du sol sur la façade (par exemple en cas de vide) et limitation des hauteurs minimum et maximum à considérer pour la détermination de la baie verticale (équivalente) permettant l'apport de lumière naturelle



9.3.4.2.1 Contribution de la projection verticale des baies permettant l'apport de lumière naturelle

La contribution des baies horizontales et inclinées vers l'intérieur[12] permettant l'apport de lumière naturelle à la surface d'utilisation de la partie dite "éclairée naturellement" se compose de la somme des surfaces des projections verticales de ces baies sur le sol sous-jacent, pour autant que ces dernières soient comprises dans la surface d'utilisation de l'espace, voir Figure [5].

On détermine cette surface par espace comme suit :

Eq. 140 $$A_{f,rmr,daylarea,vert} = \sum_{k} A_{f,rmr,daylarea,vert,k} \quad (m^2)$$

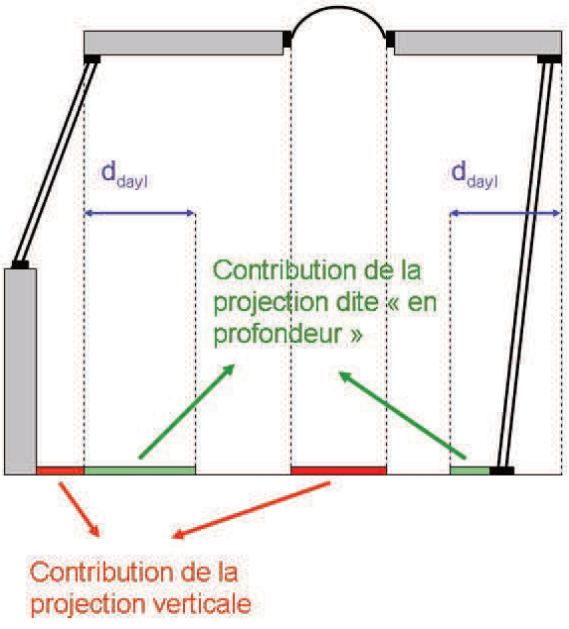
où :

$A_{f,rm\ r,dayl\ area,vert}$ la surface totale, à l'intérieur de l'espace r, des projections verticales de baies horizontales et inclinées vers l'intérieur sur le sol sous-jacent, et permettant l'apport de lumière naturelle, en m² ;

$A_{f,rm\ r,dayl\ area,vert,k}$ la surface de la projection verticale de la baie k qui est inscrite dans la surface d'utilisation, en m².

Il faut effectuer une sommation sur toutes les contributions des projections des baies k.

Figure [5] : Contributions de la projection verticale et de la projection dite "en profondeur"



[12] Le facteur de transmission visuelle $\tau_{vis,dir,h}$ (à incidence normale, en transmission hémisphérique) des parties transparentes/translucides doit être d'au moins 60%. Sinon, la baie permettant l'apport de lumière naturelle n'est pas prise en considération dans la détermination de la surface de la partie dite "éclairée naturellement".

9.3.4.2.2 Contribution (équivalente) des baies verticales permettant l'apport de lumière naturelle

On détermine la contribution (équivalente) des baies verticales permettant l'apport de lumière naturelle comme la somme des surfaces obtenues en multipliant la longueur de l'élément de façade contenant la baie verticale pour autant que cette dernière réponde aux conditions permettant l'apport de lumière naturelle, par la profondeur de la partie dite "éclairée naturellement", à condition qu'elle soit inscrite dans la surface d'utilisation de l'espace r. Cette contribution (équivalente) est calculée, comme suit :

Eq. 141 $$A_{f,rmr,daylarea,depth} = \sum_k l_{dayl,k} \cdot d_{dayl,int,k} \quad (m^2)$$

où :

$A_{f,rm\ r,dayl\ area,depth}$	la surface des contributions des baies verticales (équivalentes) permettant l'apport de lumière naturelle, en m^2 ;
$l_{dayl,k}$	la longueur de l'élément de façade de la partie dite "éclairée naturellement" comprenant la baie k et déterminée selon le § 9.4.5.2.2.1, en m ;
$d_{dayl,int,k}$	la profondeur de la partie dite "éclairée naturellement" relative à la baie k pour autant qu'elle soit inscrite dans la surface d'utilisation, déterminée selon le § 9.4.5.2.2.2, en m.

Il faut effectuer une sommation sur toutes les contributions des baies verticales k.

9.3.4.2.2.1 Longueur de l'élément de façade ldayl

On prend, comme longueur d'élément de façade lié à une baie de la partie dite "éclairée naturellement", la largeur de l'ouverture intérieure de la baie (c'est-à-dire la partie transparente/translucide) augmentée de 0,5m maximum de chaque côté (sans toutefois dépasser les murs intérieurs). Les chevauchements ne peuvent pas être comptabilisés deux fois, voir Figure [6].

9.3.4.2.2.2 Profondeur de la partie dite "éclairée naturellement"

On détermine la profondeur liée à une baie (équivalente) verticale permettant l'apport (équivalent) de lumière naturelle comme suit.

Pour les baies inclinées, il faut d'abord considérer le plan vertical qui passe par l'élément le plus haut de la baie (hors-œuvre) en limitant la hauteur de cet élément supérieur à 4 m au-dessus du niveau fini du sol.

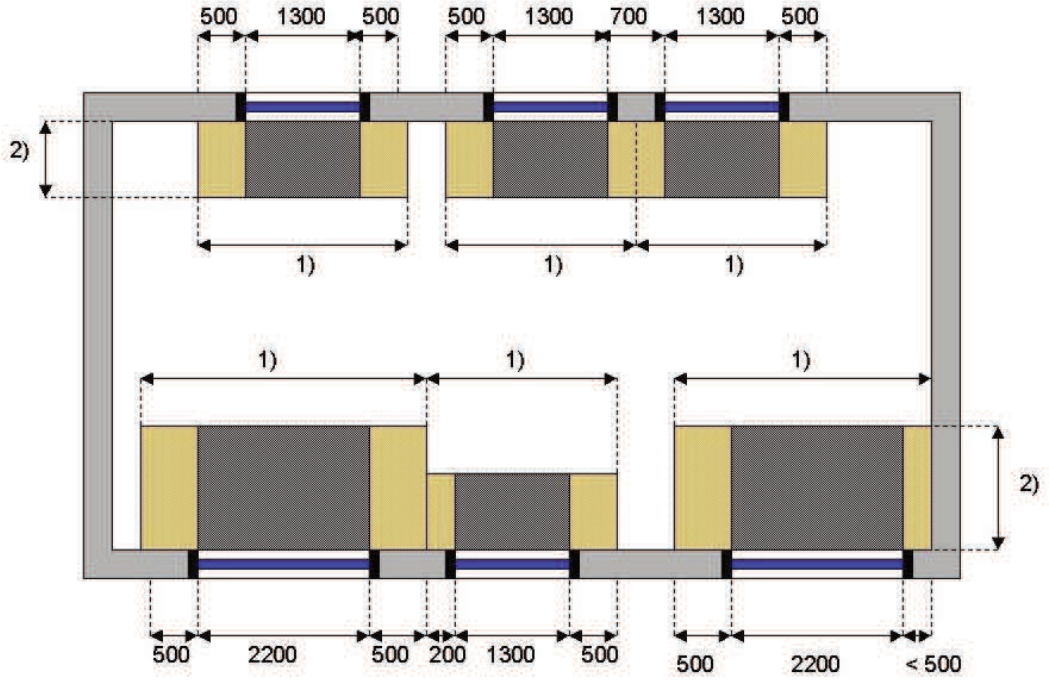
On reporte ensuite vers l'intérieur, au droit de la baie, perpendiculairement au plan vertical ainsi déterminé ou par rapport à la limite de la surface d'utilisation dans le cas d'une baie verticale, la profondeur de la partie dite "éclairée naturellement" d_{dayl}, telle que déterminée ci-dessous.

Si la surface de la partie dite "éclairée naturellement" ainsi obtenue se situe entièrement dans la surface d'utilisation, on a :

Eq. 142 $d_{dayl,int} = d_{dayl}$

Si ce n'est pas le cas, il faut diminuer la profondeur de la partie dite "éclairée naturellement" de la partie qui se situe en dehors de la surface d'utilisation pour obtenir $d_{dayl,int}$ (cfr l'espace vide de la Figure [4], ou la fenêtre de droite de la Figure [5]).

Figure [6] : Parties de la surface d'utilisation derrière des éléments transparents/translucides et opaques d'une façade, qui appartiennent à la partie dite "éclairée naturellement"



(Plusieurs profondeurs sont reprises dans la figure)

1) l_{dayl} : longueur de l'élément de façade permettant l'apport de lumière naturelle

2) d_{dayl} : profondeur de la partie dite "éclairée naturellement"

La profondeur de la partie dite "éclairée naturellement", d_{dayl}, est donnée par :

Eq. 143 Si la valeur numérique de $(h_o \cdot \tau_v)$ est inférieure à 0,50 :

$$d_{dayl} = 0 \quad \text{(m)}$$

Si la valeur numérique de $(h_o \cdot \tau_v)$ est supérieure ou égale à 0,50 :

$$d_{dayl} = 0,5 + 3 \cdot (h_o \cdot \tau_v) \quad \text{(m)}$$

avec :

d_{dayl} la profondeur de la partie dite "éclairée naturellement" correspondant à la baie considérée, en m ;

h_o la hauteur de la partie transparente/translucide de la baie permettant l'apport de lumière naturelle, en m ;

τ_v le facteur de transmission visuelle $\tau_{vis,dir,h}$ (angle d'incidence perpendiculaire, transmission hémisphérique) du vitrage, déterminé selon NBN EN 410, (-).

La hauteur d'ouverture de la baie, h_o, est donnée par :

Eq. 144 $h_o = u_o - l_o$ (m)

où :

h_o la hauteur d'ouverture de la baie permettant l'apport de lumière naturelle, en m ;

u_o la hauteur de l'extrémité supérieure de l'ouverture, mesurée par rapport au niveau fini du sol, avec un maximum de 4 m, en m ;

l_o la hauteur de l'extrémité inférieure de l'ouverture, mesurée par rapport au niveau fini du sol, avec un minimum de 0,8 m, en m.

La profondeur de la partie dite "éclairée naturellement" ne peut jamais être supérieure à la profondeur de l'espace considéré.

10 Consommation d'énergie primaire

10.1 Principe

Chacun des sous-termes de la consommation finale d'énergie, tel que déterminé aux chapitres précédents, est multiplié par un facteur de conversion en énergie primaire, en fonction du vecteur énergétique. Tous les termes sont ensuite additionnés afin d'obtenir la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire. En ce qui concerne l'électricité produite par des installations photovoltaïques et par cogénération sur site, on introduit dans le calcul un bonus correspondant à l'économie de combustible dans les centrales électriques.

Seuls les systèmes d'énergie solaire photovoltaïques qui satisfont aux conditions décrites au § 12.1.1 de l'annexe A.1 à cet arrêté sont pris en considération.

10.2 La consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire

On détermine la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de l'unité PEN, $E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}$, comme suit :

Eq. 145

$$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons} = \sum_{m=1}^{12} \begin{pmatrix} E_{p,heat,m} + E_{p,cool,m} + E_{p,water,m} \\ + E_{p,aux,m} + E_{p,light,m} - E_{p,pv,m} - E_{p,cogen,m} \end{pmatrix} \quad (MJ)$$

où :

$E_{p,heat,m}$ la consommation mensuelle d'énergie primaire pour le chauffage, calculée selon le § 10.3, en MJ ;

$E_{p,cool,m}$ la consommation mensuelle d'énergie primaire pour le refroidissement, calculée selon le § 10.3, en MJ ;

$E_{p,water,m}$ la consommation mensuelle d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire, calculée selon le § 10.4, en MJ ;

$E_{p,aux,m}$ la consommation mensuelle d'énergie primaire pour les auxiliaires, calculée selon le § 10.5, en MJ ;

$E_{p,light,m}$ la consommation mensuelle d'énergie primaire pour l'éclairage, calculée selon le § 10.6, en MJ ;

$E_{p,pv,m}$ l'économie mensuelle d'énergie primaire réalisée grâce à la production d'électricité par une installation solaire photovoltaïque, calculée selon le § 13.7 de l'annexe A.1 au présent arrêté, en MJ ;

$E_{p,cogen,m}$ l'économie mensuelle d'énergie primaire réalisée grâce à la production d'électricité au moyen d'une cogénération sur site, calculée selon le § 10.7, en MJ.

10.3 La consommation d'énergie primaire pour le chauffage et le refroidissement

On détermine la consommation mensuelle d'énergie primaire de l'unité PEN pour le chauffage, $E_{p,heat,m}$, et pour le refroidissement, $E_{p,cool,m}$, comme suit :

Eq. 146

$$E_{p,heat,m} = \sum_{i} \left(f_p \cdot Q_{heat,final,seci,m,pref} + f_p \cdot Q_{heat,final,seci,m,npref} \right) + \sum_{j} \left(f_p \cdot Q_{hum,final,j,m,pref} + f_p \cdot Q_{hum,final,j,m,npref} \right) \quad (MJ)$$

et :

Eq. 147 $$E_{p,cool,m} = \sum_i \left(f_p \cdot Q_{cool,final,sec\,i,m,pref} + f_p \cdot Q_{cool,final,sec\,i,m,npref} \right)$$

où :

f_p le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire du vecteur énergétique de l'appareil producteur considéré, tel qu'établi dans l'annexe F de l'annexe A.1 au présent arrêté, (-) ;

$Q_{heat,final,seci,m,pref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) producteur(s) de chaleur préférentiel(s) du secteur énergétique i, tel que déterminé au 7.2.1, en MJ ;

$Q_{heat,final,seci,m,npref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) du secteur énergétique i, tel que déterminé au 7.2.1, en MJ ;

$Q_{hum,final,j,m,pref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) producteur(s) de chaleur préférentiel(s) de l'humidificateur j, tel que déterminé au 7.2.1, en MJ ;

$Q_{hum,final,j,m,npref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) de l'humidificateur j, tel que déterminé au 7.2.1, en MJ ;

$Q_{cool,final,seci,m,pref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) producteur(s) de froid préférentiel(s) du secteur énergétique i, tel que déterminé au 7.2.2, en MJ ;

$Q_{cool,final,seci,m,npref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) producteur(s) de froid non préférentiel(s) du secteur énergétique i, tel que déterminé au 7.2.2, en MJ.

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques i et tous les humidificateurs j de l'unité PEN.

10.4 La consommation d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire

On détermine la consommation mensuelle d'énergie primaire de l'unité PEN pour la préparation d'eau chaude sanitaire, $E_{p,water,m}$, comme suit :

Eq. 148
$$E_{p,water,m} = \sum_i \left(f_p \cdot Q_{water,bath\,i,final,m,pref} + f_p \cdot Q_{water,bath\,i,final,m,npref} \right) + \sum_j \left(f_p \cdot Q_{water,sink\,j,final,m,pref} + f_p \cdot Q_{water,sink\,j,final,m,npref} \right) + \sum_k \left(f_p \cdot Q_{water,other\,k,final,m,pref} + f_p \cdot Q_{water,other\,k,final,m,npref} \right) \quad \text{(MJ)}$$

où :

f_p le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire du vecteur énergétique de l'appareil producteur considéré, tel qu'établi dans l'annexe F de l'annexe A.1 au présent arrêté, (-) ;

$Q_{water,bath\,i,final,m,pref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à la douche ou la baignoire i, déterminée selon le § 7.6, en MJ ;

$Q_{water,bath\ i,final,m,npref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur non préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à la douche ou la baignoire i, déterminée selon le § 7.6, en MJ ;

$Q_{water,sink\ j,final,m,pref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à l'évier de cuisine j, déterminée selon le § 7.6, en MJ ;

$Q_{water,sink\ j,final,m,npref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur non préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à l'évier de cuisine j, déterminée selon le § 7.6, en MJ ;

$Q_{water,other\ k,final,m,pref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un autre point de puisage d'eau chaude k, déterminée selon le § 7.6, en MJ ;

$Q_{water,other\ k,final,m,npref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur non préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un autre point de puisage d'eau chaude k, déterminée selon le § 7.6, en MJ.

Il faut faire une sommation sur toutes les douches et toutes les baignoires i, sur tous les éviers de cuisine j et sur tous les autres points de puisage d'eau chaude k de l'unité PEN.

10.5 La consommation d'énergie primaire des auxiliaires

On détermine la consommation mensuelle primaire des auxiliaires comme suit :

$$E_{p,aux,m} = f_p \cdot 3,6 \cdot \left(\begin{array}{l} W_{aux,fans,m} + W_{aux,dis,m} + W_{aux,gen,m} \\ + W_{aux,cool,m} + W_{aux,free,m} + W_{aux,precool,m} \end{array} \right) \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 345

où :

$E_{p,aux,m}$ la consommation mensuelle d'énergie primaire pour les auxiliaires, en MJ ;

f_p le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire du vecteur énergétique de l'appareil producteur considéré, tel qu'établi dans l'annexe F de l'annexe A.1 au présent arrêté, (-) ;

$W_{aux,fans,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs dans l'unité PEN, déterminée selon le § 8.1.2, en kWh ;

$W_{aux,dis,m}$ la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique pour la distribution dans l'unité PEN, déterminée selon le § 8.2, en kWh

$W_{aux,gen,m}$ la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique pour la production de chaleur dans l'unité PEN, déterminée selon le § 8.5, en kWh ;

$W_{aux,cool,m}$ la consommation mensuelle d'électricité supplémentaire pour les générateurs de froid dans l'unité PEN, déterminée selon le § 8.3, en kWh ;

$W_{aux,free,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour le free-chilling dans l'unité PEN, déterminée selon le § 8.4, en kWh ;

$W_{aux,precool,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'air de ventilation dans l'unité PEN, déterminée selon le § 8.6, en kWh

10.6 La consommation d'énergie primaire pour l'éclairage

On détermine la consommation mensuelle d'énergie primaire pour l'éclairage, $E_{p,light,m}$, comme suit :

Eq. 150 $$E_{p,light,m} = f_p \cdot 3,6 \cdot W_{light,m} \quad \text{(MJ)}$$

où :

f_p le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire pour l'électricité, tel qu'établi dans l'annexe F de l'annexe A.1 au présent arrêté, (-) ;

$W_{light,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage dans l'unité PEN, déterminée selon le § 9.1.2, en kWh.

10.7 L'économie d'énergie primaire réalisée grâce à une cogénération sur site

On détermine l'équivalente économie mensuelle d'énergie primaire d'(une) installation(s) de cogénération sur site comme suit :

Eq. 151 $$E_{p,cogen,m} = \sum_i f_p \cdot 3,6 \cdot W_{cogen,i,m} \quad \text{(MJ)}$$

où :

$E_{p,cogen,m}$ la réduction mensuelle de la consommation d'énergie primaire correspondant à la quantité mensuelle d'électricité produite par la cogénération sur site, en MJ ;

f_p le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire pour l'électricité autoproduite par cogénération, tel qu'établi dans l'annexe F de l'annexe A.1 au présent arrêté, (-) ;

$W_{cogen,i,m}$ la quantité mensuelle d'électricité produite par l'installation de cogénération sur site i, déterminée selon le § A.4, en kWh.

Il faut faire une sommation sur tous les systèmes de cogénération sur site i.

Annexe A Cogénération

A.1 Principe

Une installation de cogénération produit simultanément de la chaleur et de l'électricité. La consommation finale d'énergie (c.-à-d. la consommation de combustible) de la cogénération est calculée au § 10.2 de l'annexe A.1 au présent arrêté, pour les secteurs énergétiques de l'unité PER et au § 10.7 de la présente annexe, pour les secteurs énergétiques de l'unité PEN. Cette production est convertie en quantité d'énergie primaire économisée au § 12.2.2 de l'annexe A.1 au présent arrêté pour les unités PER et au § 10.6 de la présente annexe pour les unités PEN.

La quantité d'électricité produite par cogénération est déterminée dans la présente annexe.

A.2 Détermination du rendement de conversion électrique et thermique de la cogénération

Le rendement de conversion électrique de la cogénération est le rapport entre l'énergie électrique produite et la teneur énergétique (sur base du pouvoir calorifique supérieur) du combustible consommé. Le rendement de conversion thermique est le rapport entre la chaleur produite et la teneur énergétique (sur base du pouvoir calorifique supérieur) du combustible consommé.

Pour les moteurs à combustion interne au gaz naturel, au gaz provenant de la biomasse, au mazout et à l'huile végétale, les rendements de conversion sont fixés au § A.2.1. Les rendements de conversion pour les autres technologies sont fixés au § A.2.2.

A.2.1 Détermination du rendement de conversion électrique et thermique d'un moteur à combustion interne au gaz naturel, au gaz provenant de la biomasse, au mazout ou à l'huile végétale

La méthode de détermination des rendements de conversion dépend de la puissance électrique de l'installation de cogénération.

Si la puissance électrique de l'installation de cogénération n'est pas connue, elle peut être déterminée comme suit :

Eq. 158 $$P_{cogen,elec} = a \cdot (P_{cogen,th})^{b} \quad (kW)$$

où :

$P_{cogen,elec}$	la puissance électrique de l'installation de cogénération, en kW ;
a, b	des paramètres (variables en fonction du combustible utilisé) pour déterminer la puissance électrique en fonction de la puissance thermique, issus du Tableau [34], (-) ;
$P_{cogen,th}$	la puissance thermique de l'installation de cogénération, en kW. Cette puissance est fixée conformément à la méthode utilisée pour les appareils au gaz.

Tableau [34] : Paramètres pour déterminer la puissance électrique en fonction de la puissance thermique (moteur à combustion interne)

Combustible	a	b
gaz naturel	0,3323	1,123
gaz provenant de la biomasse	0,3305	1,147
mazout	0,3947	1,131
huile végétale	0,3306	1,152

Cas 1 : $P_{cogen,elec}$ < 5 kW

Les rendements de conversion électrique et thermique de l'installation de cogénération sont donnés au Tableau [35] :

Tableau [35] : Rendements de conversion électrique et thermique de la cogénération (moteur à combustion interne, $P_{cogen,elec}$ < 5 kW)

Combustible	$\varepsilon_{cogen,elec}$	$\varepsilon_{cogen,th}$
gaz naturel	0,251	0,573
gaz provenant de la biomasse	0,248	0,542
mazout	0,279	0,536
huile végétale	0,268	0,573

Cas 2 : 5 kw ≤ $P_{cogen,elec}$ ≤ 5000 kW

Les rendements de conversion électrique et thermique de l'installation de cogénération sont déterminés comme suit :

Eq. 159 $$\varepsilon_{cogen,elec} = a_{elec} \cdot (P_{cogen,elec})^{b_{elec}}$$ (-)

Eq. 160 $$\varepsilon_{cogen,th} = a_{th} \cdot (P_{cogen,elec})^{b_{th}}$$ (-)

où :

ε_{elec} le rendement de conversion électrique de l'installation de cogénération(-) ;

a_{elec}, b_{elec} des paramètres (variables en fonction du combustible utilisé) pour déterminer le rendement de conversion électrique, issus du Tableau [36], (-) ;

$P_{cogen,elec}$ la puissance électrique de l'installation de cogénération, en kW. Si cette puissance n'est pas connue, elle est déterminée comme décrit ci-dessus ;

ε_{th} le rendement de conversion thermique de l'installation de cogénération, (-) ;

a_{th}, b_{th} des paramètres (variables en fonction du combustible utilisé) pour déterminer le rendement de conversion thermique, issus du Tableau [36], (-).

Tableau [36] : Paramètres pour déterminer le rendement de conversion électrique et thermique de la cogénération (moteur à combustion interne, 5 kw ≤ $P_{cogen,elec}$ ≤ 5000 kW)

Combustible	a_{elec}	b_{elec}	a_{th}	b_{th}
gaz naturel	0,228	0,061	0,623	-0,053
gaz provenant de la biomasse	0,222	0,069	0,601	-0,065
mazout	0,253	0,063	0,587	-0,057
huile végétale	0,240	0,070	0,637	-0,066

Cas 3 : $P_{cogen,elec}$ > 5000 kW

Les rendements de conversion électrique et thermique de l'installation de cogénération sont donnés au Tableau [37].

Tableau [37] : Rendements de conversion électrique et thermique de la cogénération (moteur à combustion interne, $P_{cogen,elec}$ > 5000 kW)

Combustible	$\varepsilon_{cogen,elec}$	$\varepsilon_{cogen,th}$
gaz naturel	0,384	0,396
gaz provenant de la biomasse	0,400	0,345
mazout	0,433	0,361
huile végétale	0,436	0,363

A.2.2 Détermination des rendements de conversion électrique et thermique de technologies autres que les moteurs à combustion interne au gaz naturel, au gaz provenant de la biomasse, au mazout et à l'huile végétale

Les rendements de conversion électrique et thermique des cogénérations qui ne relèvent pas du § A.2.1. (comme les moteurs stirling, les turbines à gaz, les systèmes ORC, les cellules à combustible, etc.) sont déterminés comme suit :

Eq. 161
$$\varepsilon_{cogen,elec} = 0,77 \cdot \frac{P_{cogen,elec}}{P_{cogen,elec} + P_{cogen,th}} \quad (-)$$

Eq. 162
$$\varepsilon_{cogen,th} = 0,77 \cdot \frac{P_{cogen,th}}{P_{cogen,elec} + P_{cogen,th}} \quad (-)$$

où :

ε_{elec} le rendement de conversion électrique de l'installation de cogénération, (-) ;

$P_{cogen,th}$ la puissance thermique de l'installation de cogénération, en kW. Cette puissance est déterminée conformément à la méthode utilisée pour les appareils au gaz ;

$P_{cogen,elec}$ la puissance électrique de l'installation de cogénération, en kW ;

ε_{th} le rendement de conversion thermique de l'installation de cogénération, (-).

A.3 Détermination de la consommation mensuelle d'énergie finale par une installation de cogénération

A.3.1 Règle de calcul

Déterminez la consommation mensuelle d'énergie finale d'une installation de cogénération i sur la base du chauffage des locaux, de l'humidification, de l'eau chaude sanitaire et du refroidissement par absorption, couverte par l'installation de cogénération, comme suit :

$$Q_{cogen,final,i,m} = \frac{Q_{cogen,heat,i,m} + Q_{cogen,hum,i,m} + Q_{cogen,cool,i,m} + Q_{cogen,water,i,m}}{\varepsilon_{cogen,th}} \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 163

où :

$Q_{cogen,final,i,m}$ la consommation mensuelle d'énergie finale de l'installation de cogénération i, en MJ ;

$Q_{cogen,heat,i,m}$ la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en chaleur pour le chauffage, déterminée selon le § A.3.2, en MJ ;

$Q_{cogen,hum,i,m}$ la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification, déterminée selon le § A.3.3, en MJ ;

$Q_{cogen,cool,i,m}$ la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en chaleur pour le refroidissement par absorption, déterminée selon le § A.3.4, en MJ ;

$Q_{cogen,water,i,m}$ la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en chaleur pour l'eau chaude sanitaire, déterminée selon le § A.3.5, en MJ ;

$\varepsilon_{cogen,th}$ le rendement de conversion thermique de l'installation de cogénération, déterminé selon le § A.2, (-).

A.3.2 Besoins bruts en énergie pour le chauffage des locaux, couverts par cogénération

Déterminez la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage des locaux de la totalité de l'unité PEN, comme suit :

$$Q_{cogen,heat,i,m} = \sum_i f_{heat,m,pref} \cdot \left(1 - f_{as,heat,seci,m}\right) \cdot Q_{heat,gross,seci,m} \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 164

où :

$Q_{cogen,heat,i,m}$ la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage des locaux, en MJ ;

$f_{heat,m,pref}$ la part de la cogénération dans la fourniture de chaleur au secteur énergétique concerné, déterminée selon le § 7.3.1, (-) ;

$f_{as,heat,sec\ i,m}$ la part des besoins totaux en chaleur pour le chauffage des locaux du secteur énergétique i, couverte par un système d'énergie solaire thermique, comme décrite au 7.2.1, (-) ;

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage des locaux du secteur énergétique i, déterminés selon le § 6.2, en MJ.

Il faut effectuer une sommation pour tous les secteurs énergétiques i de l'unité PEN auxquels l'installation de cogénération fournit de la chaleur.

A.3.3 Besoins nets en énergie pour l'humidification, couverts par cogénération

Déterminez la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification, pour l'ensemble de l'unité PEN, comme suit :

$$Q_{cogen,hum,i,m} = \sum_{j} f_{heat,m,pref} \cdot \left(1 - f_{as,hum,j,m}\right) \cdot Q_{hum,net,j,m}$$

Eq. 165 (MJ)

où :

$Q_{cogen,hum,i,m}$ la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification, en MJ ;

$f_{heat,m,pref}$ la part de l'installation de cogénération dans la fourniture de chaleur à l'appareil d'humidification concerné, déterminée selon le § 7.3.1, (-) ;

$f_{as,hum,j,m}$ la part des besoins totaux en chaleur pour l'appareil d'humidification j, couverte par un système d'énergie solaire thermique, comme décrite au § 7.2.1, (-) ;

$Q_{hum,net,j,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification de l'appareil d'humidification j, déterminés selon le § 5.11, en MJ.

Il faut effectuer une sommation sur tous les appareils d'humidification j dans l'unité PEN auxquels l'installation de cogénération i fournit de la chaleur.

A.3.4 Besoins bruts en chaleur pour le refroidissement par absorption, couverts par cogénération

Déterminez la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement par absorption, pour l'ensemble de l'unité PEN, comme suit :

$$Q_{cogen,cool,i,m} = \sum_{i} f_{heat,m,pref} \cdot \frac{f_{cool,pref} \cdot Q_{cool,gross,sec\,i,m}}{EER_{nom}}$$

Eq. 166 (MJ)

où :

$Q_{cogen,cool,i,m}$ la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en énergie d'une machine de refroidissement par absorption, en MJ ;

$f_{heat,m,pref}$ la part de la cogénération dans la fourniture de chaleur à la machine de refroidissement par absorption, déterminée selon le § 7.3.1, (-) ;

$f_{cool,pref}$ la part de la machine de refroidissement par absorption dans la fourniture de froid au secteur énergétique concerné, déterminée selon le § 7.3.2, (-) ;

EER_{nom} le coefficient d'efficacité frigorifique, déterminé selon le § 7.5.2, (-) ;

$Q_{cool,gross,sec\,i,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement des locaux du secteur énergétique i, fourni par la machine de

refroidissement par absorption, déterminés selon le § 6.2, en MJ.

Il faut effectuer une sommation sur tous les secteurs énergétiques i de l'unité PEN auxquels la machine de refroidissement par absorption, alimentée par l'installation de cogénération i, fournit du froid.

A.3.5 Besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire

Déterminez la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire de la totalité de l'unité PEN, comme suit :

$$Q_{cogen,water,i,m} = \sum_i f_{heat,m,pref} \times (1 - f_{as,water,bath\ i,m}) \times Q_{water,bath\ i,gross,m} + \sum_j f_{heat,m,pref} \times (1 - f_{as,water,sink\ j,m}) \times Q_{water,sink\ j,gross,m} + \sum_k f_{heat,m,pref} \times (1 - f_{as,water,other\ k,m}) \times Q_{water,other\ k,gross,m}$$

Eq. 167 (MJ)

où :

$Q_{cogen,water,i,m}$ la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire, en MJ ;

$f_{heat,m,pref}$ la part de la cogénération dans la fourniture de chaleur aux points de puisages d'eau chaude desservis, déterminée selon le § 7.3.1, (-) ;

$f_{as,m}$ la part des besoins de chaleur totaux couverte par le système d'énergie solaire thermique, déterminée selon le § 7.2.1. Avec les indices "water,bath i", "water,sink j" et "water,other,k" pour la préparation d'eau chaude sanitaire respectivement, soit pour la douche/baignoire, soit pour l'évier de cuisine, soit pour l'autre point de puisage d'eau chaude respectivement ;

$Q_{water,bath\ i,gross,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire i, déterminés selon le § 6.5, en MJ ;

$Q_{water,sink\ j,gross,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine j, déterminés selon le § 6.5, en MJ ;

$Q_{water,other\ k,gross,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un autre point de puisage d'eau chaude k, déterminés selon le § 6.5, en MJ ;

Il faut effectuer une sommation pour tous les douches/baignoires i, tous les éviers de cuisine j et les autres points de puisage d'eau chaude k de l'unité PEN auxquels l'installation de cogénération fournit de la chaleur.

A.4 Détermination de la quantité d'électricité produite

Supposons que dans le cas d'une cogénération non liée au bâtiment, la quantité d'électricité produite mensuellement soit égale à 0. Dans ce cas, l'économie d'énergie primaire est déjà calculée dans le facteur énergétique primaire pour la fourniture de chaleur externe. Donc : $W_{cogen,i,m} = 0$

Déterminez la quantité mensuelle d'électricité produite par l'installation de cogénération i liée au bâtiment, comme suit :

Eq. 168 $$W_{cogen,i,m} = \frac{\varepsilon_{cogen,elec}}{3,6} \cdot Q_{cogen,final,i,m}$$ (kWh)

où :

$W_{cogen,i,m}$ la quantité mensuelle d'électricité produite par l'installation de cogénération i, en kWh ;

$\varepsilon_{cogen,elec}$ le rendement de conversion électrique de l'installation de cogénération, déterminé selon le § A.2, (-) ;

$Q_{cogen,final,i,m}$ la consommation mensuelle d'énergie finale de l'installation de cogénération i, déterminée selon le § A.3, en MJ.

A.5 Paragraphe vide

Ce paragraphe est volontairement vide.

A.6 Détermination de la contenance minimale en eau d'un réservoir tampon pour stocker 30 minutes de production d'une installation de cogénération à pleine puissance

Déterminez la contenance minimale en eau d'un réservoir tampon pour stocker 30 minutes de production de chaleur de l'installation de cogénération i liée au bâtiment, à pleine puissance, par convention, comme suit :

Eq. 170 $$V_{stor,30min,i} = \frac{0,44 \cdot P_{cogen,th,i}}{(\theta_{cogen,i} - \theta_{return,design,i})}$$ (m³)

où :

$V_{stor,30\ min,i}$ la contenance en eau nécessaire à un réservoir tampon pour stocker 30 minutes de production de chaleur, en m³ ;

$P_{cogen,th,i}$ la puissance thermique de l'installation de cogénération i, en kW. Cette puissance est déterminée conformément à la méthode utilisée pour les appareils au gaz ;

$\theta_{cogen,i}$ la température à laquelle l'installation de cogénération i fournit de la chaleur, en °C ;

$\theta_{return,design,i}$ la température de retour du système d'émission de chaleur, auquel l'installation de cogénération i fournit de la chaleur, comme déterminée au § 10.2.3.2 de l'annexe A.1 au présent arrêté, en °C.

Annexe B Pré-refroidissement de l'air de ventilation

B.1 Règle de calcul

Le facteur de multiplication mensuel $r_{precool,fct\ f,m}$ pour l'effet du pré-refroidissement de l'air de ventilation pour les besoins de refroidissement de la zone fonctionnelle f est égal au facteur de multiplication pour l'effet du pré-refroidissement du secteur énergétique i auquel elle appartient, lui-même égal au facteur de multiplication pour l'effet du pré-refroidissement de la zone de ventilation z dont le secteur énergétique i fait partie :

Eq. 171 $r_{precool,fct\ f} = r_{precool,seci,m} = r_{precool,zone\ z,m}$

S'il n'y a pas de système prévu pour le pré-refroidissement de l'air de ventilation dans la zone de ventilation z, ou si seulement une partie du débit de ventilation hygiénique de la zone de ventilation z est refroidi à l'aide d'un système de pré-refroidissement de l'air de ventilation, alors $r_{precool,zone\ z,m} = 1$.

Si plusieurs unités PEB utilisent le même système de pré-refroidissement de l'air de ventilation, la valeur par défaut pour $r_{precool,zone\ z,m} = 1$; des valeurs plus favorables peuvent être utilisées sur base d'une demande d'équivalence.

Si un système de pré-refroidissement de l'air de ventilation est présent et si l'entièreté du débit de ventilation hygiénique de la zone de ventilation z est refroidi à l'aide de ce système de pré-refroidissement, $r_{precool,zone\ z,m}$ doit être déterminé par le rapport entre l'abaissement de température provoqué par le système de pré-refroidissement et la différence de température initiale et l'efficacité du système de pré-refroidissement $e_{precool,m}$.

Eq. 172
$$r_{precool,zone\ z,m} = 1 - e_{precool,m} \cdot \left(\frac{\theta_{precool,ref,max,m} - \theta_{e,V,cool,m}}{\theta_{i,cool,fct\ f} - \theta_{e,V,cool,m}} \right)$$

avec :

$e_{precool,m}$	l'efficacité mensuelle du système de pré-refroidissement concerné, (-) ;
$\theta_{precool,ref,max,m}$	la température de référence pour l'abaissement de température maximal, en °C ;
$\theta_{e,V,cool,m}$	la valeur de calcul conventionnelle pour la température de l'air neuf pour la ventilation hygiénique pour les calculs de refroidissement déterminée selon Tableau [45], en °C ;
$\theta_{i,cool,fct\ f}$	la température intérieure moyenne établie par convention pour la détermination du besoin en énergie pour le refroidissement, telle que déterminée au § 5.2.3, en °C ;

Les expressions de $e_{precool,m}$ et $\theta_{precool,ref,max,m}$, pour deux types de technologies, sont développées dans les prochains paragraphes.

Pour d'autres technologies, $r_{precool,zone\ z,m}$ devra être déterminé selon des règles déterminées par le Ministre.

B.2 Echangeur de chaleur sol-eau

Les échangeurs de chaleurs placés dans le sol sont utilisés pour refroidir ou réchauffer l'air de ventilation (pré-refroidissement / pré-chauffage). Ici, c'est la masse thermique de la terre qui est utilisée pour fournir la chaleur à

transférer. A une profondeur suffisante, la température du sol est stable. En été, cela signifie que l'air de ventilation fourni peut être refroidi ; en hiver, il peut être réchauffé. Dans des échangeurs de chaleur sol-eau, l'eau est envoyée à travers une série de tubes qui sont couplés à une batterie d'air par l'intermédiaire d'un collecteur. L'eau passant à travers la pompe est mise en circulation à travers les tubes et refroidira ou réchauffera l'air.

B.2.1 Efficacité $e_{precool,m}$ du système de pré-refroidissement

Pour un échangeur de chaleur sol-eau, la valeur par défaut vaut :

Eq. 173 $$e_{precool,m} = 0{,}7 \cdot w_{soil/water,m} \quad (-)$$

avec :

$w_{soil/water,m}$ un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement de l'échangeur de chaleur sol-eau, (-) :

Eq. 174
$$\text{si } \theta_{e,heat,m} - \theta_{soil,m} \leq 0 \quad \text{alors } w_{soil/water,m} = 0$$
$$\text{si } 0 < \theta_{e,heat,m} - \theta_{soil,m} \leq 2 \quad \text{alors } w_{soil/water,m} = 0{,}5$$
$$\text{si } \theta_{e,heat,m} - \theta_{soil,m} > 2 \quad \text{alors } w_{soil/water,m} = 1 \quad (-)$$

où :

$\theta_{e,heat,m}$ la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, selon le Tableau [1] ;

$\theta_{soil,m}$ la température moyenne mensuelle du sol définie en fonction de la profondeur des conduites, telle que déterminée au § B.2.2, en °C.où :

B.2.2 Température de référence pour l'abaissement de température maximal $\theta_{precool,ref,max,m}$

La température de référence pour la détermination de la performance de l'échangeur de chaleur sol-eau est donnée par :

Eq. 346
$$\theta_{precool,ref,max,m} = \frac{\left(\frac{e_{wt} \cdot \theta_{soil,m}}{e_{wt} - 1} - \frac{0.34 \cdot \sum_f \dot{V}_{hyg,fct\ f}}{1160 \dot{V}_W} \cdot \theta_{e,V,cool,m} \right)}{\left(1 - \frac{0.34 \cdot \sum_f \dot{V}_{hyg,fct\ f}}{1160 \dot{V}_W} + \frac{1}{e_{wt} - 1} \right)} \quad (°C)$$

avec :

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique qui passe à travers l'échangeur de chaleur sol-air dans la partie fonctionnelle f, en m^3/h, déterminé selon les principes spécifiés au § 5.6.2.2 ;

$\dot{V}_w$ le débit d'eau à travers l'échangeur de chaleur sol-eau, en m^3/h ;

e_{wt} l'efficacité de l'échangeur de chaleur sol-eau, telle que déterminée ci-dessous ;

$\theta_{soil,m}$ la température moyenne mensuelle du sol définie en fonction de la profondeur des conduites, telle que déterminée ci-dessous, en °C ;

$\theta_{e,V,cool,m}$ la valeur de calcul conventionnelle pour la température de l'air neuf pour la ventilation hygiénique pour les calculs de refroidissement déterminée selon Tableau [45], en °C ;

Il faut faire la somme sur toutes les parties fonctionnelles desservies par l'échangeur de chaleur sol-air.

Pour la détermination de la température moyenne mensuelle du sol $\theta_{soil,m}$, il faut faire une distinction entre les conduites du sol horizontales et verticales :

- conduites horizontales : déduire la température moyenne mensuelle du sol du Tableau [38] ;
- conduites verticales : déterminer la température moyenne mensuelle du sol suivant la formule suivante :

Eq. 176 $$\theta_{soil,m} = \frac{\theta_{soil,1m,m} + \theta_{soil,2m,m} + \theta_{soil,3m,m} + \theta_{soil,4m,m} + \theta_{soil,5m,m} \cdot \left(L_{soil/water} - 4\right)}{L_{soil/water}} \quad (°C)$$

avec :

$\theta_{soil,1m,m}$, $\theta_{soil,2m,m}$ $\theta_{soil,3m,m}$, $\theta_{soil,4\ m,m}$ $\theta_{soil,5m,m}$ la température moyenne mensuelle du sol à respectivement 1, 2, 3, 4 et 5 m de profondeur, déduite du Tableau [38], en °C ;

$L_{soil/water}$ la profondeur maximale de la conduite dans le sol, en m.

Tableau [38] : Température moyenne du sol pour la détermination du $\theta_{soil,m}$

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
0,5 m	4,2	4,3	5,8	8,8	12,1	15,1	16,8	16,8	15,0	12,1	8,7	5,9
1 m	5,4	5,0	6,0	8,2	11,0	13,8	15,5	16,0	14,9	12,7	9,8	7,2
2 m	7,5	6,5	6,6	7,8	9,6	11,7	13,5	14,5	14,3	13,2	11,3	9,2
3 m	9,0	7,9	7,6	7,9	9,0	10,5	11,9	13,1	13,4	13,1	11,9	10,5
4 m	10,0	9,0	8,5	8,4	8,9	9,8	10,9	11,9	12,5	12,6	12,1	11,2
5 m+	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

Pour les profondeurs intermédiaires, la table doit être interpolée.

L'efficacité de l'échangeur de chaleur sol-eau est donnée par :

Eq. 177 $$e_{wt} = 1 - e^{-\frac{\alpha_{wt} A_{wt}}{1160 . \dot{V}_W}} \quad (-)$$

avec :

α_{wt} le coefficient de transmission thermique des conduites dans l'échangeur de chaleur sol-eau, tel que déterminé ci-dessous, en W/(m².K) ;

A_{wt} la surface d'échange des conduites, telle que déterminée ci-dessous, en m² ;

$\dot{V}_W$ le débit d'eau à travers l'échangeur de chaleur sol-eau, en m³/h.

Le coefficient de transmission thermique des conduites α_{wt} est déterminé suivant :

Eq. 178
$$\alpha_{wt} = \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\ln\left(\left(D_{tube} + 2t_{tube}\right) / D_{tube} \right)}{2\lambda_{tube} / D_{tube}} + \frac{\ln\left(\left(D_{tube} + 2t_{soil}\right) / \left(D_{tube} + 2t_{tube}\right) \right)}{2\lambda_{soil} / D_{tube}} \right)^{-1} \quad W/(m^2.K))$$

avec :

α_i le coefficient de convection interne de l'écoulement dans la conduite de l'échangeur de chaleur pour le pré-refroidissement, tel que déterminé ci-dessous, en W/(m².K) ;

t_{soil} l'épaisseur du massif de terre autour de la conduite considérée, telle que déterminée ci-dessous, en m ;

D_{tube} le diamètre intérieur de la conduite, en m ;

t_{tube} l'épaisseur de la paroi de la conduite, en m ;

λ_{tube} la conductivité thermique de la conduite, en W/(m.K) ;

λ_{soil} la conductivité thermique du sol, considérée égale à 2, en W/(m.K).

Le coefficient de convection interne est donné par :

- pour l'eau :

Eq. 179
$$\alpha_i = 0,58 . \frac{Nu}{D_{tube}} \quad (W/(m^2.K))$$

- pour une solution eau/glycol (tous les types) :

Eq. 180
$$\alpha_i = 0,43 . \frac{Nu}{D_{tube}} \quad (W/(m^2.K))$$

avec :

Eq. 181
$$Nu = \left(Nu_{lam}^5 + Nu_{turb}^5 \right)^{1/5} \quad (-)$$

Eq. 182
$$Nu_{lam} = \left[3,66^3 + 1,61^3 . \left(\frac{Re . Pr . D_{tube}}{L_{tube}} \right) \right]^{1/3} \quad (-)$$

avec :

Eq. 183
$$Nu_{turb} = \frac{f_{turb} . \left(Re - 1000\right) . Pr}{2 \times \left(1 + 12,7 . \sqrt{\frac{f_{turb}}{2}} . \left(Pr^{2/3} - 1 \right) \right)} \quad (-)$$

avec :

Eq. 184 $$f_{turb} = (1{,}58 \cdot \ln Re - 3{,}28)^{-2}$$ (-)

avec :

- pour l'eau :

Eq. 185 $$Re = 996200 \cdot \frac{4}{3600 \cdot \pi} \cdot \frac{\dot{V}_w}{n_{tube} \cdot D_{tube}}$$ (-)

Pr = 7

- pour une solution eau/glycol (tous les types) :

Eq. 186 $$Re = 624200 \cdot \frac{4}{3600 \cdot \pi} \cdot \frac{\dot{V}_w}{n_{tube} \cdot D_{tube}}$$ (-)

Pr = 12,5

L'épaisseur du massif de terre autour de la conduite considérée, t_{soil}, est donnée par :

Eq. 187 $$t_{soil} = \frac{p_{tube} - D_{tube}}{2} \text{ si } p_{tube} - D_{tube} < 0{,}5$$

$$t_{soil} = 0{,}25 \text{ si } p_{tube} - D_{tube} \geq 0{,}5$$ (m)

avec :

p_{tube} la distance entre les conduites parallèles, en m ;

D_{tube} le diamètre intérieur de la conduite, en m.

La surface d'échange des conduites A_{wt} est donnée par :

Eq. 188 $$A_{wt} = \pi \cdot D_{tube} \cdot L_{tube} \cdot n_{tube}$$ (m^2)

D_{tube} le diamètre intérieur de la conduite, en m ;

L_{tube} la longueur de la conduite, en m ;

n_{tube} le nombre de conduites en parallèle, (-).avec :

B.3 Refroidissement par évaporation

Le refroidissement par évaporation (ou refroidissement adiabatique) consiste en principe d'une méthode qui refroidi l'air de ventilation d'un bâtiment par injection de l'eau. Il existe de nombreuses variantes de cette technologie, avec des prétraitements et des techniques de récupération différentes. La performance des systèmes de refroidissement par évaporation est fortement variable en fonction du type de conception de ces systèmes.

Si de l'eau ordinaire est injectée dans l'air de ventilation amené ou l'air de ventilation extrait, alors la méthode suivante peut être appliquée.

Pour tous les autres systèmes plus complexes, le facteur $r_{precool,j,m}$ devra être déterminé sur base du principe d'équivalence.

B.3.1 Efficacité eprecool,m du système de pré-refroidissement

Pour du refroidissement par évaporation, la valeur par défaut pour l'efficacité vaut :

Eq. 189 $$e_{precool,m} = 0{,}8 \cdot w_{evap,m} \quad (-)$$

avec :

$w_{evap,m}$ un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement du refroidissement par évaporation, (-) :

Eq. 190 si $Q_{cool,net,m} \leq 0$ alors $w_{evap,m} = 0$

si $Q_{cool,net,m} > 0$ alors $w_{evap,m} = 1$ (MJ)

où :

Eq. 191 $$Q_{cool,net,m} = \sum Q_{cool,net,sec\,l,m} \quad (MJ)$$

avec :

$Q_{cool,net,seci,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement d'un secteur énergétique i, déterminés sans prendre en compte le système de refroidissement par évaporation considéré, en MJ.

Il faut faire la somme sur tous les secteurs énergétiques l de l'unité PEN qui sont reliés au refroidissement par évaporation.

B.3.2 Température de référence pour l'abaissement de température maximal θprecool,ref,max,m

Si de l'eau ordinaire est injectée dans l'air de ventilation amené ou l'air de ventilation extrait, alors la température de référence est la température humide du débit d'air concerné. La valeur par défaut de $\theta_{precool,ref,max,m}$ est égale à la température moyenne mensuelle humide, donnée au Tableau [39].

Tableau [39] : Température mensuelle moyenne humide (°C)

Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
1,9	1,7	3,0	5,9	9,3	12,7	14,6	14,7	12,0	9,7	4,8	2,3

Annexe C Détermination de la valeur de référence pour la consommation annuelle caractéristique d'énergie primaire

C.1 Introduction

Pour la détermination de la valeur de référence de la consommation annuelle caractéristique d'énergie primaire, on suit dans les grandes lignes les mêmes principes de calcul que pour la détermination de la consommation annuelle caractéristique d'énergie primaire. Par conséquent, cette annexe suit la même structure que dans le texte principal et détermine la valeur de référence finale pour la consommation annuelle caractéristique d'énergie primaire dans le dernier paragraphe de la présente annexe, voir § C.5.1.

C.2 Valeur de référence pour les besoins nets en énergie pour le chauffage, le refroidissement, l'eau chaude sanitaire et l'humidification

C.2.1 Valeur de référence pour la température intérieure pour les calculs de chauffage et de refroidissement et intermittence

C.2.1.1 Chauffage continu

Pour les parties fonctionnelles ayant l'une des fonctions suivantes :

- hébergement ;
- soins de santé - avec occupation nocturne ;
- soins de santé – salle d'opération ;
- installations sportives – hall de sport / gymnase ;

on a :

Eq. 192 $\theta_{i,heat,fct\ f,ref} = \theta_{i,heat,fct\ f,avg} = \theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ (°C)

avec :

$\theta_{i,heat,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la température intérieure de calcul pour les calculs de chauffage de la partie fonctionnelle f, utilisée au § C.2.2 pour la détermination des déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation, en °C ;

$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ la température intérieure moyenne pour les calculs de chauffage de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au

Tableau [4], en °C ;

$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ la température intérieure de consigne pour le chauffage de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au

Tableau [4], en °C.

C.2.1.2 Chauffage quasi-continu

C.2.1.2.1 Inertie faible

Pour les parties fonctionnelles qui ne sont pas couvertes par le § C.2.1.1, pour la détermination de la valeur de référence, le chauffage intermittent est considéré comme du chauffage continu si l'inertie de la partie fonctionnelle considérée est assez faible, c'est-à-dire si :

Eq. 194 $\tau_{heat,fct\ f,ref} < 0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f}$ (h)

alors on a :

Eq. 195 $\theta_{i,heat,fct\ f,ref} = \theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ (°C)

où :

$\tau_{heat,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la constante de temps pour le chauffage de la partie fonctionnelle f, déterminée selon le § C.2.2, en h ;

$t_{unocc,min,fct\ f}$ la plus courte période pendant laquelle la partie fonctionnelle f n'est pas occupée, telle que reprise au Tableau [5], en h ;

$\theta_{i,heat,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la température intérieure de calcul pour les calculs de chauffage de la partie fonctionnelle f, utilisée au § C.2.2 pour la détermination des déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation, en °C ;

$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ la température intérieure moyenne pour les calculs de chauffage de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au

Tableau [4], en °C.

C.2.1.2.2 Inertie importante

Pour les parties fonctionnelles qui ne sont pas couvertes par le § C.2.1.1, pour la détermination de la valeur de référence, le chauffage intermittent est considéré comme du chauffage continu si l'inertie de la partie fonctionnelle considérée est assez importante, c'est-à-dire si :

Eq. 197 $\tau_{heat,fct\ f,ref} > 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f}$ (h) (-)

alors on a :

Eq. 198 $\theta_{i,heat,fct\ f,ref} = \theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ (°C)

où :

$\tau_{heat,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la constante de temps pour le chauffage de la partie fonctionnelle f, déterminée selon le § C.2.2, en h ;

$t_{unocc,max,fct\ f}$ la plus longue période pendant laquelle la partie fonctionnelle f n'est pas occupée, telle que reprise au Tableau [5], en h ;

$\theta_{i,heat,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la température intérieure de calcul pour les calculs de chauffage de la partie fonctionnelle f, utilisée au § C.2.2 pour la détermination des déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation, en °C ;

$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ la température intérieure de consigne pour le chauffage de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au

Tableau [4], en °C.

C.2.1.3 Chauffage intermittent

Pour les parties fonctionnelles qui ne sont pas couvertes par le § C.2.1.1 et pour lesquelles aucune des conditions des § C.2.1.2.1 (Eq. 194) ou § C.2.1.2.2 (Eq. 197) n'est remplie, on a :

$$\theta_{i,heat,fct\ f,ref} = \theta_{i,heat,fct\ f,avg} + \left(\frac{(\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint} - \theta_{i,heat,fct\ f,avg}) \cdot}{\log_{10}\left[\frac{2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f} - 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f} - 9 \cdot \tau_{heat,fct\ f,ref}}{0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f} - 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f}} \right]} \right) \quad (-)$$

Eq. 379

où :

$\theta_{i,heat,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la température intérieure de calcul pour les calculs de chauffage de la partie fonctionnelle f, utilisée au § C.2.2 pour la détermination des déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation, en °C ;

$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ la température intérieure moyenne pour les calculs de chauffage de chauffage de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au

Tableau [4], en °C ;

$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ la température intérieure de consigne pour le chauffage de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au

Tableau [4], en °C ;

$t_{unocc,min,fct\ f}$ la plus courte période pendant laquelle la partie fonctionnelle f n'est pas occupée, telle que reprise au Tableau [5], en h ;

$t_{unocc,max,fct\ f}$ la plus longue période pendant laquelle la partie fonctionnelle f n'est pas occupée, telle que reprise au Tableau [5], en h ;

$\tau_{heat,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la constante de temps pour le chauffage de la partie fonctionnelle f, déterminée selon le § C.2.2, en h.

C.2.1.4 Refroidissement continu

Pour les parties fonctionnelles ayant l'une des fonctions suivantes :

- hébergement ;
- soins de santé - avec occupation nocturne ;
- soins de santé – salle d'opération ;

on a :

Eq. 347 $\theta_{i,cool,fct\ f,ref} = \theta_{i,cool,fct\ f,avg} = \theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ (°C)

Eq. 348 $a_{cool,int,fct\ f,m,ref} = 1$ (-)

où :

$\theta_{i,cool,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la température intérieure de calcul pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, utilisée au § C.2.3 pour la détermination des déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation, en °C ;

$\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ la température intérieure moyenne pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au Tableau [44], en °C ;

$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ la température intérieure de consigne pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au Tableau [44], en °C ;

$a_{cool,int,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le facteur de réduction pour tenir compte de l'intermittence du refroidissement de la partie fonctionnelle f, pour le mois m, (-).

C.2.1.5 Refroidissement quasi-continu

C.2.1.5.1 Inertie faible

Pour les parties fonctionnelles qui ne sont pas couvertes par le § C.2.1.4, pour la détermination de la valeur de référence, le refroidissement intermittent est considéré comme du refroidissement continu si l'inertie de la partie fonctionnelle considérée est assez faible, c'est-à-dire si :

Eq. 349 $\tau_{cool,int,fct\ f,ref} < 0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f}$ (h)

alors on a :

Eq. 350 $\theta_{i,cool,fct\ f,ref} = \theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ (°C)

Eq. 351 $a_{cool,int,fct\ f,m,ref} = 1$ (-)

avec :

$\tau_{cool,int,fct\ f,ref}$ la valeur de référence de la constante de temps pour le calcul du niveau d'intermittence pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, déterminée comme indiqué ci-dessous, en h ;

$t_{unocc,min,fct\ f}$ la plus courte période pendant laquelle la partie fonctionnelle f n'est pas occupée, telle que reprise au Tableau [5], en h ;

$\theta_{i,cool,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la température intérieure pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, utilisée au § C.2.3 pour la détermination des déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation, en °C ;

$\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ la température intérieure moyenne pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, en °C, telle que reprise au Tableau [44] ;

$a_{cool,int,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le facteur de réduction pour tenir compte de l'intermittence du refroidissement de la partie fonctionnelle f, pour le mois m, (-).

La valeur de référence pour la constante de temps pour le calcul du niveau d'intermittence pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f est calculée comme suit :

Eq. 352 $$\tau_{cool,int,fct\ f,m,ref} = \frac{C_{fct\ f,ref}}{3,6 \cdot \left(H_{T,fct\ f,ref} + H_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref}\right)}$$ (h)

où :

$C_{fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la capacité thermique effective de la partie fonctionnelle f, déterminée selon le § C.2.8, en kJ/K ;

$H_{T,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par transmission de la partie fonctionnelle f, déterminé selon le § C.2.4, en W/K ;

$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique mensuel par ventilation hygiénique de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § C.2.5.2, en W/K .

C.2.1.5.2 Inertie importante

Pour les parties fonctionnelles qui ne sont pas couvertes par le § C.2.1.4, pour la détermination de la valeur de référence, le refroidissement intermittent est considéré comme du refroidissement continu si l'inertie de la partie fonctionnelle considérée est assez importante, c'est-à-dire si :

Eq. 353 $\tau_{cool,int,fct\ f,ref} > 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f}$ (h)

alors on a :

Eq. 354 $\theta_{i,cool,fct\ f,ref} = \theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ (°C)

Eq. 355 $a_{cool,int,fct\ f,m,ref} = 1$ (-)

avec :

$\tau_{cool,int,fct\ f,ref}$ la valeur de référence de la constante de temps pour le calcul du niveau d'intermittence pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, déterminée selon le § C.2.1.5.1, en h ;

$t_{unocc,max,fct\ f}$ la plus longue période pendant laquelle la partie fonctionnelle f n'est pas occupée, telle que reprise au Tableau [5], en h ;

$\theta_{i,cool,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la température intérieure pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, utilisée au § C.2.3 pour la détermination des déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation, en °C ;

$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ la température intérieure de consigne pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au Tableau [44], en °C ;

$a_{cool,int,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le facteur de réduction pour tenir compte de l'intermittence de la partie fonctionnelle f, pour le mois m, (-).

C.2.1.6 Refroidissement intermittent

Pour les parties fonctionnelles qui ne sont pas couvertes par le § C.2.1.4 et qui ont une inertie moyenne, c'est-à-dire qu'aucune des conditions des § C.2.1.5.1 (Eq. 349) ou § C.2.1.5.2 (Eq. 353) n'est remplie, on a :

Eq. 356 $\theta_{i,cool,fct\ f,ref} = \theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ (°C)

et :

Eq. 357 $$a_{cool,int,fct\ f,m,ref} = \max\left[f_{cool,fct\ f}\ ;\ 1 - 3 \cdot \left(\frac{\tau_{0,cool}}{\tau_{cool,fct\ f,ref}}\right) \cdot Y_{cool,fct\ f,m,ref} \cdot \left(1 - f_{cool,fct\ f}\right)\right]$$ (-)

avec :

$\theta_{i,cool,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la température intérieure pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, utilisée au § C.2.3 pour la détermination des déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation, en °C ;

$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ la température intérieure de consigne pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au Tableau [44], en °C ;

$a_{cool,int,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le facteur de réduction pour tenir compte de l'intermittence du refroidissement de la partie fonctionnelle f, pour le mois m, (-) ;

$f_{cool,fct\ f}$ la fraction du nombre de jours d'occupation par semaine pendant laquelle la partie fonctionnelle f est refroidie à la température de consigne (sans réduction). Cette fraction est

égale au nombre de jours d'occupation par semaine selon l'affectation, repris au Tableau [2], divisé par 7, (-) ;

$\tau_{0,cool}$ une constante, reprise au Tableau [3], en h ;

$\tau_{cool,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la constante de temps pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, déterminée selon le § C.2.3, en h ;

$\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le rapport mensuel déperdition-gain pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, déterminé selon le § C.2.3, (-).

C.2.2 Valeur de référence pour les besoins nets en énergie pour le chauffage

On détermine la valeur de référence pour les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage par secteur énergétique comme suit :

Eq. 380 $$Q_{heat,net,sec\ i,m,ref} = \sum_{f} Q_{heat,net,fct\ f,m,ref} \quad (MJ)$$

avec :

$Q_{heat,net,sec\ i,m,ref}$ la valeur de référence pour les besoins nets en énergie pour le chauffage, en tenant compte de l'intermittence, du secteur énergétique i, pour le mois m, en MJ ;

$Q_{heat,net,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour les besoins net en énergie pour le chauffage, en tenant compte de l'intermittence, de la partie fonctionnelle f, pour le mois m, déterminés comme mentionné ci-dessous, en MJ.

Il faut faire une sommation sur toutes les parties fonctionnelles f du secteur énergétique i.

Particularité de la fonction "Locaux techniques" : la valeur de référence pour les besoins nets en énergie pour le chauffage tenant compte de l'intermittence des parties fonctionnelles ayant cette fonction, $Q_{heat,net,fct\ f,m,ref}$, est considérée être nulle durant toute l'année.

Particularité de la fonction "Enseignement" : la valeur de référence pour les besoins nets en énergie pour le chauffage tenant compte de l'intermittence des parties fonctionnelles ayant cette fonction, $Q_{heat,net,fct\ f,m,ref}$, est considérée être nulle durant les mois de juillet et d'août.

On détermine la valeur de référence pour les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage, sans tenir compte de l'intermittence, par partie fonctionnelle comme suit :

Eq. 204 Si $\gamma_{heat,fct\ f,m,ref}$ est supérieur ou égal à 2,5, ou inférieur à 0, on a :

$$Q_{heat,net,fct\ f,m,ref} = 0 \quad (MJ)$$

Si $\gamma_{heat,fct\ f,m,ref}$ est inférieur à 2,5 et supérieur ou égal à 0, on a :

$$Q_{heat,net,fct\ f,m,ref} = Q_{L,heat,fct\ f,m,ref} - \eta_{util,heat,fct\ f,m,ref} \cdot Q_{g,heat,fct\ f,m,ref} \quad (MJ)$$

avec :

Eq. 205 $$Q_{L,heat,fct\ f,m,ref} = Q_{T,heat,fct\ f,m,ref} + Q_{V,heat,fct\ f,m,ref} \quad (MJ)$$

Eq. 206 $Q_{g,heat,fct\ f,m,ref} = Q_{i,heat,fct\ f,m,ref} + Q_{s,heat,fct\ f,m,ref}$ (MJ)

où :

$Y_{heat,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le rapport mensuel gain-déperdition de la partie fonctionnelle f, comme déterminé ci-dessous, (-) ;

$Q_{heat,net,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le besoin net en énergie pour le chauffage de la partie fonctionnelle f, en tenant compte de l'intermittence, pour le mois m, en MJ ;

$Q_{L,heat,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour la déperdition de chaleur mensuelle par transmission et ventilation de la partie fonctionnelle f pour le calcul du chauffage, en MJ ;

$\eta_{util,heat,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, tel que déterminé ci-après, (-) ;

$Q_{g,heat,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production de chaleur interne de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, en MJ ;

$Q_{T,heat,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour la déperdition de chaleur mensuelle par transmission de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, tel que déterminé ci-après, en MJ ;

$Q_{V,heat,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, tel que déterminée ci-après, en MJ ;

$Q_{i,heat,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour la production de chaleur interne mensuelle de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, déterminée selon le § C.2.6, en MJ ;

$Q_{s,heat,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le gain de chaleur solaire mensuel de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, déterminé selon le § C.2.7, en MJ.

et :

Eq. 207 $Q_{T,heat,fct\ f,m,ref} = H_{T,fct\ f,ref} \cdot (\theta_{i,heat,fct\ f,ref} - \theta_{e,heat,m}) \cdot t_m$ (MJ)

Eq. 208 $Q_{V,heat,fct\ f,m,ref} = H_{V,heat,fct\ f,ref} \cdot (\theta_{i,heat,fct\ f,ref} - \theta_{e,heat,m}) \cdot t_m$ (MJ)

où :

$H_{T,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par transmission de la partie fonctionnelle f, déterminé selon le § C.2.4, en W/K ;

$H_{V,heat,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par ventilation de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, déterminé selon le § C.2.5.1, en W/K ;

$\theta_{i,heat,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la température intérieure de calcul de la partie fonctionnelle f pour la détermination du besoin énergétique pour le chauffage, déterminée au § C.2.1, en °C ;

$\theta_{e,heat,m}$ la température extérieure moyenne mensuelle, reprise au Tableau [1], en °C ;

t_m la durée du mois, reprise au Tableau [1], en Ms.

On calcule la valeur de référence du taux d'utilisation pour le chauffage par partie fonctionnelle et par mois, $\eta_{util,heat,fct\ f,m,ref}$, comme suit :

Eq. 209 Si $\gamma_{heat,fct\ f,m,ref} \neq 1$: $\eta_{util,heat,fct\ f,m,ref} = \frac{1-\left(\gamma_{heat,fct\ f,m,ref}\right)^{a_{ref}}}{1-\left(\gamma_{heat,fct\ f,m,ref}\right)^{a_{ref}+1}}$ (-)

si $\gamma_{heat,fct\ f,m,ref} = 1$: $\eta_{util,heat,fct\ f,m,ref} = \frac{a_{ref}}{a_{ref}+1}$ (-)

où la valeur de référence du rapport mensuel gain-déperdition par partie fonctionnelle et par mois, $\gamma_{heat,fct\ f,m,ref}$, est défini comme :

Eq. 210 $\gamma_{heat,fct\ f,m,ref} = \frac{Q_{g,heat,fct\ f,m,ref}}{Q_{L,heat,fct\ f,m,ref}}$ (-)

où, si $Q_{L,heat,fct\ f,m,ref}$ est nulle, $\gamma_{heat,fct\ f,m}$ n'est pas calculé et la valeur de $Q_{heat,net,fct\ f,m,ref}$ est fixée à 0.

et où la valeur de référence du paramètre numérique a relatif à la partie fonctionnelle f est donné par :

Eq. 211 $a_{ref} = a_{0,heat} + \frac{\tau_{heat,fct\ f,ref}}{\tau_{0,heat}}$ (-)

avec, comme valeur de référence pour la constante de temps pour le chauffage de la partie fonctionnelle f, $\tau_{heat,fct\ f,ref}$, en h :

Eq. 212 $\tau_{heat,fct\ f,ref} = \frac{C_{fct\ f,ref}}{3,6 \cdot \left(H_{T,fct\ f,ref} + H_{V,heat,fct\ f,ref}\right)}$ (h)

où :

$a_{0,heat}$	une constante, reprise au Tableau [3], (-) ;
$\tau_{0,heat}$	une constante, reprise au Tableau [3], en h ;
$C_{fct\ f,ref}$	la valeur de référence pour la capacité thermique effective de la partie fonctionnelle f, déterminée selon le § C.2.8, en kJ/K ;
$H_{T,fct\ f,ref}$	la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par transmission de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, déterminé selon le § C.2.4, en kJ/K ;
$H_{V,heat,fct\ f,ref}$	la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par ventilation de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, déterminé selon le § C.2.5.1, en kJ/K.

C.2.3 Valeur de référence pour les besoins nets en énergie pour le refroidissement

On détermine la valeur de référence pour les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement par secteur énergétique comme suit :

Eq. 213 $Q_{cool,net,sec\ i,m,ref} = \sum_{f} Q_{cool,net,fct\ f,m,ref}$ (MJ)

avec :

$Q_{cool,net,sec\ i,m,ref}$ la valeur de référence pour les besoins nets en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, pour le mois m, en MJ ;

$Q_{cool,net,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour les besoins nets en énergie pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, pour le mois m, comme déterminés ci-dessous, en MJ.

Il faut faire une sommation sur toutes les parties fonctionnelles f du secteur énergétique i.

Particularité de la fonction "Sauna/Piscine" et "Locaux techniques" : la valeur de référence pour les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement des parties fonctionnelles ayant l'une de ces fonctions, $Q_{cool,net,fct\ f,m,ref}$, est considérée être nulle durant toute l'année.

Particularité de la fonction "Enseignement" : la valeur de référence pour les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement des parties fonctionnelles ayant cette fonction, $Q_{cool,net,fct\ f,m,ref}$, est considérée être nulle durant les mois de juillet et d'août.

On détermine la valeur de référence pour les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement par partie fonctionnelle comme suit :

Eq. 358 Si $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}$ est supérieur ou égal à 2,5, on a :

$$Q_{cool,net,fct\ f,m,ref} = 0 \quad \text{(MJ)}$$

Si $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}$ est inférieur àn 2,5, on a :

$$Q_{cool,net,fct\ f,m,ref} = a_{cool,int,fct\ f,m,ref} \cdot \left(Q_{g,cool,fct\ f,m,ref} - \eta_{util,cool,fct\ f,m,ref} \cdot Q_{L,cool,fct\ f,m,ref}\right) \quad \text{(MJ)}$$

avec :

Eq. 215 $$Q_{g,cool,fct\ f,m,ref} = Q_{i,cool,fct\ f,m,ref} + Q_{s,cool,fct\ f,m,ref} \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 216 $$Q_{L,cool,fct\ f,m,ref} = Q_{T,cool,fct\ f,m,ref} + Q_{V,cool,fct\ f,m,ref} \quad \text{(MJ)}$$

où :

$\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le rapport mensuel déperdition-gain pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f , comme déterminé ci-dessous, (-) ;

$Q_{cool,net,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le besoin mensuel net en énergie pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, en MJ ;

$a_{cool,int,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le facteur de réduction pour tenir compte de l'intermittence du refroidissement de la partie fonctionnelle f, pour le mois m, déterminé selon le § C.2.1, (-).

$Q_{g,cool,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour les gains de chaleur mensuels de la partie fonctionnelle f par ensoleillement et production de chaleur interne pour les calculs de refroidissement, en MJ ;

$\eta_{util,cool,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le taux d'utilisation mensuel pour les déperditions de chaleur de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que déterminé ci-

après,
(-) ;

$Q_{L,cool,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour la déperdition de chaleur mensuelle par transmission et ventilation de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, en MJ ;

$Q_{T,cool,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour la déperdition de chaleur mensuelle par transmission de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que déterminée ci-après, en MJ ;

$Q_{V,cool,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que déterminée ci-après, en MJ ;

$Q_{i,cool,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour la production de chaleur interne mensuelle de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminée selon le § C.2.6, en MJ ;

$Q_{s,cool,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le gain de chaleur solaire mensuel de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § C.2.7, en MJ.

et :

Eq. 359
$$Q_{T,cool,fct\ f,m,ref} = H_{T,fct\ f,ref} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,ref} - \theta_{e,cool,m}\right) \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 360
$$Q_{V,cool,fct\ f,m,ref} = Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref} \quad \text{(MJ)}$$

où :

Eq. 361
$$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref} = \left[H_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m,ref} - \theta_{e,V,cool,hyg,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

et où :

$H_{T,cool,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par transmission de la partie fonctionnelle f pour le calcul de refroidissement, déterminée selon le § C.2.4, en W/K ;

$\theta_{i,cool,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour la température intérieure de calcul de la partie fonctionnelle f pour la détermination du besoin en énergie pour le refroidissement, déterminée comme indiqué ci-dessous, in °C ;

$\theta_{e,cool,m}$ la température extérieure moyenne mensuelle pour le calcul de refroidisseemnt, reprise au Tableau [1], en °C ;

$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique mensuel par ventilation hygiénique de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § C.2.5.2, en W/K ;

$\theta_{e,V,cool,hyg,m}$ la valeur de calcul conventionnelle pour la température de l'air neuf pour la ventilation hygiénique pour les calculs de refroidissement, valant respectivement $\theta_{e,V,cool,m}$, $\theta_{e,V,cool,day,m}$ ou $\theta_{e,V,cool,night,m}$ selon que la partie fonctionnelle f présente une occupation permanente, diurne ou nocturne (voir Tableau [2]). Ces valeurs sont définies au Tableau [45] en fonction du type de système de ventilation.

Pour les parties fonctionnelles aynt une fonction hébergement, bureaux et enseignement, la valeur de référence pour la température intérieure mensuelle de calcul pour la détermination du besoin en énergie pour le refroidissement est reprise au Tableau [46]. Pour les parties fonctionnelles ayant une autre fonction, cette température est déterminée par :

Eq. 362 $\theta_{i,cool,fct\ f,m,ref} = \theta_{i,cool,fct\ f,ref}$ (°C)

où :

$\theta_{i,cool,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la température intérieure de calcul de la partie fonctionnelle f pour la détermination du besoin en énergie pour le refroidissement actif, déterminée selon le § C.2.1, en °C.

On calcule la valeur de référence du taux d'utilisation pour le refroidissement par partie fonctionnelle et par mois, $\eta_{util,cool,fct\ f,m,ref}$, comme suit :

Eq. 363 Si $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref} \geq 0$ et $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref} \neq 1$:

$$\eta_{util,cool,fct\ f,m,ref} = \frac{1 - \left(\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}\right)^{b_{m,ref}}}{1 - \left(\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}\right)^{b_{m,ref}+1}} \quad (-)$$

Si $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref} = 1$: $\eta_{util,cool,fct\ f,m,ref} = \frac{b_{m,ref}}{b_{m,ref} + 1}$ (-)

Si $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref} < 0$: $\eta_{util,cool,fct\ f,m,ref} = 1$ (-)

où la valeur de référence du rapport mensuel déperdition-gain par partie fonctionnelle, $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}$, est défini comme suit :

Eq. 220 $$\lambda_{cool,fct\ f,m,ref} = \frac{Q_{L,cool,fct\ f,m,ref}}{Q_{g,cool,fct\ f,m,ref}} \quad (-)$$

et où la valeur de référence du paramètre numérique $b_{m,ref}$ relatif à la partie fonctionnelle f est donné par :

Eq. 221 $$b_{m,ref} = b_{0,cool} + \frac{\tau_{cool,fct\ f,m,ref}}{\tau_{0,cool}} \quad (-)$$

avec, comme valeur de référence pour la constante de temps mensuelle pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, $\tau_{cool,fct\ f,m,ref}$:

Eq. 364 $$\tau_{cool,fct\ f,m,ref} = \frac{C_{fct\ f,ref}}{3,6 \cdot \left(H_{T,fct\ f,ref} + H_{V,cool,fct\ f,m,ref}\right)} \quad (h)$$

où :

$b_{0,cool}$ une constante, reprise au Tableau [3], (-) ;

$\tau_{0,cool}$ une constante, reprise au Tableau [3], en h ;

$C_{fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la capacité thermique effective de la partie fonctionnelle f, déterminée selon le § C.2.8, en kJ/K ;

$H_{T,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par transmission de la partie fonctionnelle f, déterminé selon le § C.2.4, en W/K ;

$H_{V,cool,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le coefficient mensuel de transfert thermique par ventilation hygiénique, in/exfiltration et par ventilation additionnelle mécanique ou par ouverture de fenêtre de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, déterminé comme indiqué ci-dessous, en W/K.

On calcule la valeur de référence pour le coefficient mensuel de transfert thermique par ventilation hygiénique, in/exfiltration et par ventilation additionnelle mécanique ou par ouverture de fenêtre, $H_{V,cool,fct\ f,m,ref}$, comme suit :

Eq. 365
$$H_{V,cool,fct\ f,m,ref} = \frac{Q_{V,cool,fct\ f,m,ref}}{\left(\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint} - \theta_{e,cool,m}\right) \cdot t_m} \quad \text{(MJ)}$$

où :

$Q_{V,cool,fct\ f,m,ref}$ la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, tel que déterminée ci-avant, en MJ ;

$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ la température intérieure de consigne pour le refroidissement de la partie fonctionnelle f, telle que reprise au Tableau [44], en °C ;

$\theta_{e,cool,m}$ la température extérieure moyenne mensuelle pour les calculs de refroidissement, reprise au Tableau [1] , en °C ;

t_m la durée du mois reprise au Tableau [1], en Ms.

C.2.4 Valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par transmission par partie fonctionnelle

On détermine la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par transmission de la partie fonctionnelle f comme suit :

Eq. 223
$$H_{T,fctf,ref} = H_{T,fctf,ref}^{constructions} + H_{T,fctf,ref}^{junctions} \quad \text{(W/K)}$$

avec :

$H_{T,fctf,ref}^{constructions}$ la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par transmission à travers les parois de la surface de déperdition de la partie fonctionnelle f, déterminée comme ci-dessous, en W/K ;

$H_{T,fctf,ref}^{junctions}$ la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par transmission à travers les nœuds constructifs de la surface de déperdition de la partie fonctionnelle f, déterminée comme ci-dessous, en W/K.

On calcule la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par transmission à travers les parois de la partie fonctionnelle f comme suit :

Eq. 224
$$H_{T,fctf,ref}^{constructions} = f_{form} \cdot \left(0{,}5 \cdot A_{T,E,fctf,op} + 2 \cdot f_{tr,fctf} \cdot A_{T,E,fctf,tr}\right) \quad \text{(W/K)}$$

avec :

$H_{T,fctf,ref}^{constructions}$ la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par transmission à travers les parois de la surface de déperdition de la partie fonctionnelle f, déterminée comme ci-dessous en W/K ;

f_{form} un facteur qui prend en compte une efficacité de forme différente pour le volume protégé dans lequel la partie fonctionnelle f se trouve, comme déterminé ci-dessous, (-) ;

$A_{T,E,fct\ f,op}$ la surface totale de toutes les parois opaques qui enveloppent la partie fonctionnelle f et à travers lesquelles les pertes par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique[13], en m² ;

$f_{tr,fct\ f}$ un facteur qui tient compte d'une proportion différente de parois transparentes dans la partie fonctionnelle f, comme déterminé ci-dessous, (-) ;

$A_{T,E,fct\ f,tr}$ la surface totale de toutes les parois transparentes qui enveloppent la partie fonctionnelle f et à travers lesquelles les pertes par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique[13], en m².

On calcule la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par transmission à travers les nœuds constructifs de la surface de déperdition de la partie fonctionnelle f comme suit :

Eq. 225 $$H_{T,fctf,ref}^{junctions} = f_{form} \cdot \Delta U_{ref} \cdot A_{T,E,fctf} \quad (W/K)$$

où :

Eq. 226 si $C \leq 1$: $$\Delta U_{ref} = \frac{\Delta K_{ref}}{100} \quad (W/(m^2.K))$$

si $1 < C < 4$: $$\Delta U_{ref} = \frac{\Delta K_{ref} \cdot (C+2)}{300} \quad (W/(m^2.K))$$

si $4 \leq C$: $$\Delta U_{ref} = \frac{\Delta K_{ref}}{50} \quad (W/(m^2.K))$$

et :

Eq. 227 $$C = \frac{V_{vol}}{A_{T,E,vol}} \quad (m)$$

avec :

$H_{T,fctf,ref}^{junctions}$ la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par transmission à travers à travers les nœuds constructifs de la

[13] Par conséquent, seules les constructions qui constituent la séparation entre la partie fonctionnelle f et des espaces contigus chauffés ne sont pas prises en considération dans la détermination de $A_{T,E,fct\ f,op}$, $A_{T,E,fct\ f,tr}$, $A_{T,E,fct\ f}$ et $A_{T,E,vol}$.

surface de déperdition de la partie fonctionnelle f, déterminée comme ci-dessous en W/K ;

f_{form} un facteur qui prend en compte une efficacité de forme différente pour le volume protégé dans lequel la partie fonctionnelle f se trouve, comme déterminé ci-dessous, (-) ;

$A_{T,E,fct\ f}$ la surface totale de toutes les parois qui enveloppent la partie fonctionnelle f et à travers lesquelles les pertes par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique[13], en m² ;

ΔU_{ref} la valeur de référence pour le supplément sur le coefficient de transfert thermique de toutes les parois du volume protégé dans lequel la partie fonctionnelle f se trouve pour tenir compte de l'impact des noeuds constructifs, en W/(m².K) ;

ΔK_{ref} la valeur de référence pour le supplément sur le niveau d'isolation global du volume protégé dans lequel la partie fonctionnelle f se trouve, pour tenir compte de l'impact des noeuds constructifs, égale à 3, (-) ;

C la compacité du volume protégé dans lequel la partie fonctionnelle f se trouve, en m ;

V_{vol} le volume du volume protégé dans lequel la partie fonctionnelle f se trouve, en m³ ;

$A_{T,E,vol}$ la surface totale de toutes les parois qui enveloppent le volume protégé dans lequel la partie fonctionnelle f se trouve et à travers lesquelles les pertes par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique[13], en m².

On calcule le facteur qui tient compte d'une efficacité de forme différente, f_{form}, comme suit :

Eq. 228 $$f_{form} = \min\left[1; \frac{12}{A_{T,E,vol}} \cdot (V_{vol})^{2/3}\right] \quad (-)$$

avec :

f_{form} un facteur qui prend en compte une efficacité de forme différente pour le volume protégé dans lequel la partie fonctionnelle f se trouve, (-) ;

$A_{T,E,vol}$ la surface totale de toutes les parois qui enveloppent le volume protégé dans lequel la partie fonctionnelle f se trouve et à travers lesquelles les pertes par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique[13], en m² ;

V_{vol} le volume du volume protégé dans lequel la partie fonctionnelle f se trouve, en m³.

On calcule le facteur qui tient compte d'une proportion différente de parois transparentes dans la partie fonctionnelle f, $f_{tr,fct\ f}$, comme suit :

Eq. 229 Si $A_{T,E,fct\ f,tr}$ est égal à 0, on a : $f_{tr,fct\ f} = 1$ (-)

Si $A_{T,E,fct\ f,tr}$ est supérieur à 0, on a :

$$f_{tr,fct\ f} = \min\left(1; \frac{A_{T,E,fctf,tr,ref}}{A_{T,E,fctf,tr}}\right) + 0{,}25 \cdot \left[1 - \min\left(1; \frac{A_{T,E,fctf,tr,ref}}{A_{T,E,fctf,tr}}\right)\right] \quad (-)$$

où :

Eq. 230 $A_{T,E,fctf,tr,ref} = 0,30 \cdot A_{f,fctf}$ (m²)

avec :

$f_{tr,fct\ f}$ un facteur qui tient compte d'une proportion différente de parois transparentes dans la partie fonctionnelle f, (-) ;

$A_{T,E,fct\ f,tr,ref}$ la valeur de référence de la surface totale de toutes les parois transparentes qui enveloppent la partie fonctionnelle f et à travers lesquelles les pertes par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique, en m² ;

$A_{T,E,fct\ f,tr}$ la surface totale de toutes les parois transparentes qui enveloppent la partie fonctionnelle f et à travers lesquelles les pertes par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique[13], en m² ;

$A_{f,fct\ f}$ la surface d'utilisation de la partie fonctionnelle f, en m².

C.2.5 Valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par ventilation et par in/exfiltration par partie fonctionnelle

C.2.5.1 Valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par ventilation pour les calculs de chauffage par partie fonctionnelle

On calcule la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par ventilation, pour les calculs de chauffage, par partie fonctionnelle, comme suit :

Eq. 231 $H_{V,heat,fct\ f,ref} = H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f,ref} + H_{V,hyg,heat,fct\ f,ref}$ (W/K)

avec :

$H_{V,heat,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par ventilation pour les calculs de chauffage de la partie fonctionnelle f, en W/K ;

$H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par in/exfiltration pour les calculs de chauffage de la partie fonctionnelle f, déterminé selon le § C.2.5.1.1, en W/K ;

$H_{V,hyg,heat,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par ventilation hygiénique de la partie fonctionnelle f, déterminé selon le § C.2.5.1.2, en W/K.

C.2.5.1.1 Valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par in/exfiltration pour les calculs de chauffage par partie fonctionnelle

On calcule la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par in/exfiltration pour les calculs de chauffage par partie fonctionnelle comme suit :

Eq. 232 $H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f,ref} = 0,16 \cdot f_{form} \cdot A_{T,E,fct\ f}$ (W/K)

avec :

$H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par in/exfiltrationde la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, en W/K ;

f_{form} un facteur qui prend en compte une une efficacité de forme différente pour le volume protégé dans lequel la partie fonctionnelle f se trouve, comme déterminé au § C.2.4, (-) ;

$A_{T,E,fct\ f}$ la surface totale de toutes les parois qui enveloppent la partie fonctionnelle f et à travers lesquelles les pertes par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique[13] (voir aussi § C.2.4), en m².

C.2.5.1.2 Valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par ventilation hygiénique pour les calculs de chauffage par partie fonctionnelle

On détermine la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par ventilation hygiénique pour les calculs de chauffage par partie fonctionnelle comme suit :

Eq. 233

$$H_{V,hyg,heat,fct\ f,ref} = 0,34 \cdot f_{vent,heat,fct\ f} \cdot \sum_r \dot{V}_{hyg,min,rm\,r} + 0,22 \cdot f_{vent,heat,fct\ f} \cdot \sum_r \left(\dot{V}_{hyg,rm\,r} - \dot{V}_{hyg,min,rm\,r} \right) \quad \text{(W/K)}$$

avec :

$H_{V,hyg,heat,fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par ventilation hygiéniquede la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage , en W/K ;

$f_{vent,heat,fct\ f}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, tel que repris au Tableau [7], (-) ;

$\dot{V}_{hyg,min,rmr}$ le débit minimum de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique de l'espace r, tel que défini par l'annexe C.3 au présent arrêté, conforme au débit de concetion exigé, en supposant qu'il est interdit de fumer et que le bâtiment est peu polluant, en m³/h. Pour un espace spécial visé au § 6.4 de l'annexe C.3 au présent arrêté, alors $\dot{V}_{hyg,min,rm\ r}$ est pris égal à $\dot{V}_{hyg,rm\ r}$;

$\dot{V}_{hyg,rmr}$ le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique de l'espace r pour lequel l'installation est conçue, en m³/h.

Si le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique dans un espace est inférieur à la valeur minimale telle que définie par l'annexe C.3 au présent arrêté, on calcule $H_{V,ref}$ s'effectue avec le débit minimal exigé. Cette règle n'est toutefois pas d'application pour les espaces spéciaux visés au § 6.4 de l'annexe C.3 au présent arrêté.

Il faut faire une sommation sur toutes les espaces r de la partie fonctionnelle f.

C.2.5.2 Valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique par ventilation hygiénique pour les calculs de refroidissement par partie fonctionnelle

On détermine la valeur de référence pour le coefficient mensuel de transfert thermique par ventilation hygiénique pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f comme suit :

Eq. 235 $$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref} = 0,34 \cdot f_{vent,heat,fct\ f} \cdot \sum_{r} \dot{V}_{hyg,rm\ r} \quad \text{(W/K)}$$

avec :

$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le coefficient mensuel de transfert thermique par ventilation hygiénique pour les calculs de refroidissement de la partie fonctionnelle f, en W/K ;

$f_{vent,heat,fct\ f}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, tel que repris au Tableau [7], (-) ;

$\dot{V}_{hyg,rmr}$ le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique de l'espace r pour lequel l'installation est conçue, en m^3/h.

Si le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique dans un espace est inférieur à la valeur minimale telle que définie par l'annexe C.3 au présent arrêté, on calcule $H_{V,ref}$ s'effectue avec le débit minimal exigé. Cette règle n'est toutefois pas d'application pour les espaces spéciaux visés au § 6.4 de l'annexe C.3 au présent arrêté.

Il faut faire une sommation sur toutes les espaces r de la partie fonctionnelle f.

C.2.6 Valeur de référence pour la production de chaleur interne

On détermine la valeur de référence pour la production de chaleur interne mensuelle de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage et les calculs de refroidissement comme suit :

Eq. 236 $$Q_{i,heat,fct\ f,m,ref} = \Phi_{i,heat,fct\ f,m,ref} \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 237 $$Q_{i,cool,fct\ f,m,ref} = \Phi_{i,cool,fct\ f,m,ref} \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

où :

Eq. 238 $$\Phi_{i,heat,fct\ f,m,ref} = 0,8 \cdot \begin{pmatrix} q_{i,pers,fct\ f} \cdot f_{real,fct\ f} \cdot f_{pres,fct\ f} \cdot n_{design,fct\ f} + q_{i,app,fct\ f} \cdot A_{f,fct\ f} \\ + W_{light,fct\ f,m,ref} \cdot 3,6/t_m + 0,8 \cdot W_{fans,fct\ f,m,ref} \cdot 3,6/t_m \end{pmatrix} \quad \text{(W)}$$

Eq. 239 $$\Phi_{i,cool,fct\ f,m,ref} = \begin{pmatrix} q_{i,pers,fct\ f} \cdot f_{real,fct\ f} \cdot f_{pres,fct\ f} \cdot n_{design,fct\ f} + q_{i,app,fct\ f} \cdot A_{f,fct\ f} \\ + W_{light,fct\ f,m,ref} \cdot 3,6/t_m + 0,6 \cdot W_{fans,fct\ f,m,ref} \cdot 3,6/t_m \end{pmatrix} \quad \text{(W)}$$

où :

$Q_{i,heat,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour la production de chaleur interne mensuelle de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, en MJ ;

$Q_{i,cool,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour la production de chaleur interne mensuelle de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, en MJ ;

$\Phi_{i,heat,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le flux de chaleur moyen, dû à la production de chaleur interne dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, en W ;

$\Phi_{i,cool,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour le flux de chaleur moyen, dû à la production de chaleur interne dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, en W ;

$q_{i,pers,fct\ f}$ la production de chaleur interne spécifique moyenne dans la partie fonctionnelle f, résultant des personnes, reprise au Tableau [8], en W/pers ;

$f_{real,fct\ f}$ le rapport conventionnel entre l'occupation réelle moyenne pendant les heures d'utilisation et l'occupation maximale de conception, de la partie fonctionnelle f, repris au Tableau [8], (-) ;

$f_{pres,fct\ f}$ la fraction de temps conventionnelle pendant laquelle des personnes sont présentes dans le bâtiment, reprise au Tableau [2], (-) ;

$n_{design,fct\ f}$ le nombre de personnes qui se trouvent dans la partie fonctionnelle f considérée conformément à l'occupation maximale pour laquelle les systèmes de ventilation ont été conçus, (-) ;

$q_{i,app,fct\ f}$ la production interne spécifique moyenne de chaleur dans la partie fonctionnelle f considérée, résultant des équipements, reprise au Tableau [8], en W/m² ;

$A_{f,fct\ f}$ la surface d'utilisation de la partie fonctionnelle f considérée, en m² ;

$W_{light,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour la production de chaleur interne mensuelle dans la partie fonctionnelle f considérée, fournie par l'éclairage, déterminée selon le § C.4, en kWh ;

$W_{fans,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour la production de chaleur interne dans la partie fonctionnelle f considérée, fournie par les ventilateurs, en kWh, déterminée selon le § C.3.1, en kWh ;

t_m la durée du mois, reprise au Tableau [1], en Ms.

C.2.7 Valeur de référence pour les gains de chaleur solaires

On détermine la valeur de référence pour les gains de chaleur solaires mensuels par partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage $Q_{s,heat,fct\ f,m,ref}$ et pour les calculs de refroidissement $Q_{s,cool,fct\ f,m,ref}$, comme suit :

Eq. 240

$$Q_{s,heat,fct\ f,m,ref} = f'_{tr,fct\ f} \cdot 0,95 \cdot g_{fctf,ref} \cdot \sum_{j=1} \left(a_{c,m,j,ref} \cdot F_{c,fctf,ref} + (1 - a_{c,m,j,ref})\right) \cdot A_{w,d,j} \cdot I_{s,m,j,shad,ref} \quad (MJ)$$

$$Q_{s,cool,fct\ f,m,ref} = f'_{tr,fctf} \cdot 0,95 \cdot g_{fctf,ref}$$

Eq. 241

$$\cdot \sum_{j=1} \left(a_{c,m,j,ref} \cdot F_{c,fctf,ref} + (1 - a_{c,m,j,ref})\right) \cdot A_{w,d,j} \cdot I_{s,m,j,shad,ref} \quad \text{(MJ)}$$

avec :

$Q_{s,heat,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour les gains de chaleur solaires mensuels par partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, en MJ ;

$f'_{tr,fct\ f}$ un facteur qui tient compte d'une proportion différente de parois transparentes dans la partie fonctionnelle f, comme déterminé ci-dessous, (-) ;

$g_{fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la moyenne des facteurs solaires mensuels des fenêtres de la partie fonctionnelle f, sans tenir compte de l'impact des protections solaires, reprise au

Tableau [41], (-) ;

$F_{c,fct\ f,ref}$	la valeur de référence pour la moyenne des facteurs de réduction pour protection solaire des fenêtres de la partie fonctionnelle f, sans tenir compte de l'impact des protections solaires, reprise au

Tableau [41], (-) ;

$a_{c,m,j,ref}$	la valeur de référence pour le facteur d'utilisation mensuel de la protection solaire de la fenêtre j, déterminé selon le Tableau [9] pour une commande manuelle, (-) ;
$A_{w,d,j}$	la surface de l'ouverture-jour de la fenêtre j, in m² ;
$I_{s,m,j,shad,ref}$	la valeur de référence pour l'ensoleillement sur la fenêtre j pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage d'obstacles fixes, déterminé selon l'annexe C de l'annexe A.1 au présent arrêté, en MJ/m² et en tenant compte des valeurs par défaut pour les angles d'obstruction, telles que prévues au § C.2.4 de l'annexe A.1 au présent arrêté ;
$Q_{s,cool,fct\ f,m,ref}$	la valeur de référence pour les gains de chaleur solaires mensuels par partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement, en MJ.

Il faut faire une sommation sur toutes les fenêtres j de la partie fonctionnelle f.

Tableau [41] : Valeurs pour $F_{c,fctf,ref}$ et $g_{fctf,ref}$

Fonctions		$F_{c,fctf,ref}$ (-)	$g_{fctf,ref}$ (-)
Hébergement		0,90	0,41
Bureaux		0,90	0,27
Enseignement		0,90	0,44
Soins de santé	Avec occ. nocturne	0,90	0,41
	Sans occ. nocturne	0,90	0,41
	Salle d'opération	0,90	0,44
Rassemblement	Occupation importante	0,90	0,44
	Faible occupation	0,90	0,44
	Cafétéria / Réfectoire	1,00	0,44
Cuisine		1,00	0,41
Commerce / Services		1,00	0,47
Installations sportives	Hall de sport / Gymnase	1,00	0,44
	Fitness / Danse	1,00	0,44
	Sauna / Piscine	1,00	0,44
Locaux techniques		1,00	0,41
Communs		1,00	0,44
Autre		0,90	0,44
Inconnue		0,90	0,44

On détermine le facteur qui tient compte d'une proportion différente de parois transparentes dans la partie fonctionnelle f, $f'_{tr,fct\ f}$, comme suit :

Eq. 242 Si $A_{T,E,fct\ f,tr}$ est égal à 0, on a : $f'_{tr,fct\ f} = 1$ (-)

Si $A_{T,E,fct\ f,tr}$ est supérieur à 0, on a :

$$f'_{tr,fct\ f} = \min\left(1; \frac{A_{T,E,fctf,tr,ref}}{A_{T,E,fctf,tr}}\right) \quad (-)$$

avec :

$f'_{tr,fct\ f}$ un facteur qui tient compte d'une proportion différente de parois transparentes dans la partie fonctionnelle f, (-) ;

$A_{T,E,fct\ f,tr,ref}$ la valeur de référence pour la surface totale de toutes les parois transparentes qui enveloppent la partie fonctionnelle f et à travers lesquelles les pertes par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique, telle que déterminée au § C.2.4, en m² ;

$A_{T,E,fct\ f,tr}$ la surface totale de toutes les parois transparantes qui enveloppent la partie fonctionnelle f et à travers lesquelles les pertes par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique[13], en m².

C.2.8 Valeur de référence pour la capacité thermique effective

On détermine la valeur de référence pour la capacité thermique effective de la partie fonctionnelle f, $C_{fct\ f,ref}$, en kJ/K, comme suit :

Eq. 243 $$C_{fct\ f,ref} = 110 \cdot A_{f,fct\ f} \quad \text{(kJ/K)}$$

où :

$C_{fct\ f,ref}$ la valeur de référence pour la capacité thermique effective de la partie fonctionnelle f, en kJ/K ;

$A_{f,fct\ f}$ la surface d'utilisation de la partie j de la partie fonctionnelle f, en m².

C.2.9 Valeur de référence pour les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification

Si les installations du bâtiment comprennent des dispositifs d'humidification de l'air neuf destiné à l'unité PEN (ou à une partie de celle-ci), la valeur de référence pour les besoins mensuels nets en énergie d'un appareil j destiné à l'humidification sont donnés par :

Eq. 244 $$Q_{hum,net,j,m,ref} = 2{,}5 \cdot \sum_{f} X_{h,fct\ f,m} \cdot \dot{V}_{supply,j,fct\ f,design} \quad \text{(MJ)}$$

où :

$Q_{hum,net,j,m,ref}$ la valeur de référence pour les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification d'un appareil j, en MJ ;

$X_{h,fct\ f,m}$ la quantité mensuelle d'humidité à fournir par unité de débit d'air fourni, pour la partie fonctionnelle f, en kg.h/m³, reprise au Tableau [14] ;

$\dot{V}_{supply,j,fct\ f,design}$ le débit de conception d'air frais entrant à travers l'humidificateur j, pour la partie fonctionnelle f, en m³/h.

Il faut effectuer une sommation sur toutes les parties fonctionnelles f alimentées par l'humidificateur j.

C.2.10 Valeur de référence pour la contribution au rendement du système des déperditions mensuelles de la conduite de circulation

On détermine la valeur de référence pour la contribution au rendement du système des déperditions mensuelles de la conduite de circulation :

- Pour les points de puisage dans des parties fonctionnelles ayant la fonction "hébergement", "soins de santé avec occupation nocturne", "hall de sport / gymnase", "fitness / danse" ou "sauna / piscine" :

- Pour douche ou baignoire i :

Eq. 366 Si douche ou baignoire i n'est pas connectée à une conduite de circulation :

$$\eta_{water,circ,bath\ i,m,ref} = 1 \quad (-)$$

Si douche ou baignoire i est connectée à une conduite de circulation k :

$$\eta_{water,circ,bath\ i,m,ref} = 1{,}05 \cdot \frac{Q_{water\ out,circ\ k,m}}{Q_{water\ out,circ\ k,m} + t_m \cdot 1{,}3 \cdot \sum_j \frac{l_{circ\ k,j} \cdot \left(60 - \theta_{amb,m,j}\right)}{R_{l,j,ref}}} \quad (-)$$

- Pour évier de cuisine j :

Eq. 367 Si évier de cuisine j n'est pas connectée à une conduite de circulation :

$$\eta_{water,circ,sink\ j,m,ref} = 1 \quad (-)$$

Si évier de cuisine j est connectée à une conduite de circulation :

$$\eta_{water,circ,sink\ j,m,ref} = 1{,}20 \cdot \frac{Q_{water\ out,circ\ k,m}}{Q_{water\ out,circ\ k,m} + t_m \cdot 1{,}3 \cdot \sum_j \frac{l_{circ\ k,j} \cdot \left(60 - \theta_{amb,m,j}\right)}{R_{l,j,ref}}} \quad (-)$$

- Pour autre point de puisage d'eau chaude k :

Eq. 368 Si autre point de puisage d'eau chaude l n'est pas connectée à une conduite de circulation :

$$\eta_{water,circ,other\ l,m,ref} = 1 \quad (-)$$

Si autre point de puisage d'eau chaude l est connectée à une conduite de circulation :

$$\eta_{water,circ,other\ l,m,ref} = 1{,}60 \cdot \frac{Q_{water\ out,circ\ k,m}}{Q_{water\ out,circ\ k,m} + t_m \cdot 1{,}3 \cdot \sum_j \frac{l_{circ\ k,j} \cdot \left(60 - \theta_{amb,m,j}\right)}{R_{l,j,ref}}} \quad (-)$$

• Pour les points de puisage dans des parties fonctionnelles ayant une autre fonction :

Eq. 248 $\eta_{water,circ,bath\ i,m,ref} = \eta_{water,circ,sink\ j,m,ref} = \eta_{water,circ,other\ l,m,ref} = 1$

avec :

$Q_{water\ out,circ\ k,m}$ la chaleur fournie par la conduite de circulation k aux points de puisage connectés, telle que déterminée au § 9.3.2.2 de l'annexe A.1 ;

t_m la durée du mois considéré, reprise au Tableau [1], en Ms ;

$l_{circ\ k,j}$ la longueur du segment j de la conduite de circulation k, en m ;

$\theta_{amb,m,j}$ la température ambiante moyenne mensuelle du segment de conduite j, telle que déterminée au § 9.3.2.2 de l'annexe A.1 en °C :

$R_{l,j,ref}$ la valeur de référence pour la résistance thermique linéaire du segment de conduite j reprise du Tableau [42] en fonction du diamètre extérieur du segment non isolée $D_{i,j}$, en m.K/W.

Tableau [42] : Valeur de référence pour la résistance thermique linéaire $R_{l,j,ref}$ en fonction du diamètre extérieur du segment non isolée $D_{i,j}$

$D_{i,j}$ (m)	$R_{l,j,ref}$ (m.K/W)
≤ 0,0172	5,21
≤ 0,0213	4,81
≤ 0,0269	4,42
≤ 0,0337	4,05
≤ 0,0424	3,69
≤ 0,0483	3,48

$D_{i,j}$ (m)	$R_{l,j,ref}$ (m.K/W)
≤ 0,0603	3,15
≤ 0,0761	2,84
≤ 0,0889	2,62
≤ 0,1143	2,31
≤ 0,1397	2,08
≤ 0,1683	1,87

$D_{i,j}$ (m)	$R_{l,j,ref}$ (m.K/W)
≤ 0,2191	1,61
≤ 0,2730	1,40
≤ 0,3239	1,26
≤ 0,3556	1,18
> 0,3556	1,08

C.3 Valeur de référence pour la consommation d'énergie auxiliaire des ventilateurs et des pompes

C.3.1 Valeur de référence pour la consommation d'électricité des ventilateurs affectés à la ventilation et à la circulation

On détermine la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs de l'unité PEN comme suit :

Eq. 249 $$W_{fans,m,ref} = \sum_{f} W_{fans,fct\ f,m,ref} \quad \text{(kWh)}$$

Eq. 250 $$W_{fans,fctf,m,ref} = 0,55 \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f} \cdot f_{vent,heat,fct\ f} \cdot \frac{t_m}{3,6} \quad \text{(kWh)}$$

avec :

$W_{fans,m,ref}$ la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs dans l'unité PEN en kWh ;

$W_{fans,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'électricité de tous les ventilateurs au service de la partie fonctionnelle f, en kWh ;

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ le débit de conception d'alimentation en air neuf pour la ventilation hygiénique dans la partie fonctionnelle f du secteur énergétique i, déterminé selon les principes spécifiés au § 5.6.2.2, en m³/h ;

$f_{vent,heat,fct\ f}$ la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle la ventilation est en service dans la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage, tel que repris au Tableau [7], (-) ;

t_m la durée du mois considéré, reprise au Tableau [1], en Ms.

Il faut faire une sommation sur toutes les parties fonctionnelles f de l'unité PEN.

Particularité de la fonction "Enseignement" : la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'électricité de tous les ventilateurs au service des parties fonctionnelles f ayant cette fonction, $W_{fans,fct\ f,m,ref}$, est considérée être nulle durant les mois de juillet et d'août.

C.3.2 Valeur de référence pour la consommation d'électricité pour la distribution

On détermine la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'électricité pour la distribution dans l'unité PEN, $W_{aux,dis,m,ref}$, comme suit :

Eq. 369 $$W_{aux,dis,m,ref} = \frac{t_m}{7,2} \cdot \sum_j P_{pump,dis,instal,heat,j,ref} + \frac{t_m}{3,6} \cdot \sum_l P_{pump,dis,instal,water,l,ref} \quad (kWh)$$

où :

$P_{pump,dis,instal,heat,j,ref}$ la valeur de référence pour la puissance installée du circulateur j servant au chauffage de l'unité PEN considérée, telle que définie au § , en W ;

$P_{pump,dis,instal,water,l,ref}$ la valeur de référence pour la puissance installée du circulateur l servant à la distribution d'eau chaude sanitaire dans l'unité PEN considérée, telle que définie au § C.3.2.2, en W ;

t_m la durée du mois considéré, reprise au Tableau [1], en Ms.

Il faut faire la somme sur tous les circulateurs j servant au chauffage de l'unité PEN considérée et tous les circulateurs j servant à la distribution d'eau chaude sanitaire dans les parties fonctionnelles ayant une fonction "hébergement", "soins de santé avec occupation nocturne", "hall de sport / gymnase", "fitness / danse" ou "sauna / piscine", qui se trouvent dans l'unité PEN considérée.

C.3.2.1 Valeur de référence pour la puissance installée d'un circulateur servant au chauffage

On détermine la valeur de référence pour la puissance installée du circulateur j servant au chauffage de l'unité PEN considérée, $P_{pump,dis,instal,heat,j,ref}$, comme suit :

Eq. 370 $$P_{pump,dis,instal,heat,j,ref} = MAX\left(70 ; 0,3 \cdot \sum_i A_{f,sec\,i}\right) \quad (W)$$

avec :

$A_{f,sec\,i}$ la surface d'utilisation du secteur énergétique i, en m².

Il faut faire la somme sur tous secteurs énergétiques i qui sont desservis par le circulateur j.

Si un circulateur dessert plusieurs unités PEN et/ou PER, la valeur de référence pour la puissance du circulateur ($P_{pumps,dis,instal,heat,j,ref}$) doit être répartie de façon proportionnelle entre ces unités PEN et/ou PER sur base des besoins bruts en énergie pour le chauffage totaux des ces unités respectives.

Si un circulateur ne dessert que des parties fonctionnelles ayant la fonction "espaces techniques", alors $P_{pumps,dis,instal,heat,j,ref}$ est considérée comme nulle.

Si un circulateur ne dessert que des parties fonctionnelles ayant la fonction "espaces techniques", alors $P_{pumps,dis,instal,heat,j,ref}$ est considérée comme nulle. Si un circulateur ne dessert que des parties fonctionnelles ayant la fonction "enseignement" ou la fonction "espaces techniques", alors la puissance calculée selon Eq. 370 doit être multipliée par un facteur 0,83.

C.3.2.2 Valeur de référence pour la puissance installée d'un circulateur servant à la distribution d'eau chaude sanitaire

On détermine la valeur de référence pour la puissance installée du circulateur l servant à la distribution d'eau chaude sanitaire dans l'unité PEN considérée, $P_{pump,dis,instal,water,l,ref}$, comme suit :

Eq. 371 $$P_{pump,dis,instal,water,l,ref} = MAX\left(25 \; ; \; \frac{\sum_j l_{circ\ k,j}}{13,94 \cdot 10^3} \cdot \sum_j \frac{l_{circ\ k,j} \cdot (60 - \theta_{amb,January,j})}{R_{l,j,ref}}\right) \quad (W)$$

avec :

$l_{circ\ k,l}$ la longueur du segment l de la conduite de circulation k, en m ;

$\theta_{amb,January,l}$ la température ambiante moyenne pour le mois de janvier du segment de conduite l, en °C, telle que déterminée au § 9.3.2.2 de l'annexe A.1 ;

$R_{l,l,ref}$ la valeur de référence pour la résistance thermique linéaire $R_{l,l}$ du segment l, en m.K/W, telle que déterminée au § E.3 de l'annexe A.1 ;

$R_{l,j,ref}$ la valeur de référence pour la résistance thermique linéaire du segment de conduite j reprise du Tableau [42] en fonction du diamètre extérieur du segment non isolée $D_{i,j}$, en m.K/W.

Il faut faire la somme sur tous secteurs énergétiques i qui sont desservis par le circulateur j.

Si un circulateur dessert plusieurs unités PEN et/ou PER, la valeur de référence pour la puissance du circulateur ($P_{pumps,dis,instal,heat,j,ref}$) doit être répartie de façon proportionnelle entre ces unités PEN et/ou PER sur base des besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire totaux des ces unités respectives.

C.4 Valeur de référence pour la consommation d'énergie pour l'éclairage

On détermine la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage de l'unité PEN comme suit :

Eq. 253 $$W_{light,m,ref} = \sum_f W_{light,fct\ f,m,ref} \quad (kWh)$$

où :

$W_{light,m,ref}$ la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage, en kWh ;

$W_{light,fct\ f,m,ref}$ la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage de la partie fonctionnelle f, en kWh, comme déterminée ci-dessous.

Il faut faire une sommation sur toutes les parties fonctionnelles f de l'unité PEN.

Particularité de la fonction "Enseignement" : la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage des parties fonctionnelles ayant cette fonction, $W_{light,fct\ f,m,ref}$, est considérée être nulle durant les mois de juillet et d'août.

On détermine la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage de la partie fonctionnelle f comme suit :

Eq. 254 $$W_{light,fct\ f,m,ref} = \sum A_{f,rmr} \cdot p_{light,rmr,ref} \cdot \left(t_{day,fct\ f,m} + t_{night,fct\ f,m}\right) \quad \text{(kWh)}$$

où :

$W_{light,fct\ f,m,ref}$	la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage de la partie fonctionnelle f, en kWh ;
$A_{f,rm\ r}$	la surface d'utilisation dans l'espace r, en m² ;
$p_{light,rmr,ref}$	la valeur de référence pour la puissance spécifique pour l'éclairage dans l'espace r, comme déterminée ci-dessous, en kW/m² ;
$t_{day,fct\ f,m}$	le nombre conventionnel d'heures d'utilisation par mois en période diurne, déterminé par partie fonctionnelle et repris au Tableau [31], en h ;
$t_{night,fct\ f,m}$	le nombre conventionnel d'heures d'utilisation par mois en période nocturne, déterminé par partie fonctionnelle et repris au Tableau [32], en h.

Il faut faire une sommation sur tous les espaces r de la partie fonctionnelle f.

On détermine la valeur de référence pour la puissance spécifique pour l'éclairage dans l'espace r comme suit :

Eq. 255 $$p_{light,rmr,ref} = \min\left[\frac{\phi_{fctf,ref}}{1000} \cdot \frac{L_{rmr}}{100}; \frac{\phi_{fctf,ref}}{1000} \cdot L_{fctf,ref}^{0,2} \cdot \frac{\left(L_{rmr}\right)^{0,8}}{100}\right] \quad \text{(kW/m²)}$$

où :

$p_{light,rmr,ref}$	la valeur de référence pour la puissance spécifique pour l'éclairage dans l'espace r, en kW/m² ;
$\phi_{fctf,ref}$	la valeur de référence pour la puissance spécifique par 100 lx dans la partie fonctionnelle f à laquelle l'espace r appartient, reprise au Tableau [43], en W/m².100 lx ;
$L_{fct\ f,ref}$	la valeur de référence pour l'éclairement dans la partie fonctionnelle f à laquelle l'espace r appartient, reprise au Tableau [43], en lx ;
$L_{rm\ r}$	une variable auxiliaire adimensionnelle pour l'espace r, telle que déterminée au § 9.2.1 ou au § 9.3.1, (-).

Tableau [43] : Valeurs pour les paramètres $\phi_{fctf,ref}$ et $L_{fct\ f,ref}$ par fonction

Fonctions		$\phi_{fctf,ref}$ **(W/m²100 lx)**	$L_{fctf,ref}$ **(lx)**
Hébergement		3,50	200
Bureaux		2,40	500
Enseignement		2,40	500
Soins de santé	Avec occ. nocturne	3,75	300
	Sans occ. nocturne	3,75	300
	Salle d'opération	3,50	1000
Rassemblement	Occupation importante	3,50	200
	Faible occupation	3,50	200
	Cafétéria / Réfectoire	3,50	200
Cuisine		2,40	500
Commerce / Services		3,60	500
Installations sportives	Hall de sport / Gymnase	3,50	300
	Fitness / Danse	3,00	300
	Sauna / Piscine	3,00	300
Locaux techniques		2,50	200
Communs		2,50	300
Autre		2,50	200
Inconnue		3,00	200

C.5 Valeur de référence pour la consommation d'énergie primaire

C.5.1 Valeur de référence pour la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire

On détermine valeur de référence pour la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de l'unité PEN comme suit :

Eq. 256
$$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref} = \sum_{m=1}^{12}\left(\begin{matrix}E_{p,heat,m,ref} + E_{p,cool,m,ref} + E_{p,water,m,ref} \\ + E_{p,aux,m,ref} + E_{p,light,m,ref}\end{matrix}\right) \quad \text{(MJ)}$$

où :

$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref}$ la valeur de référence pour la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire, en MJ ;

$E_{p,heat,m,ref}$ la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'énergie primaire pour le chauffage, calculée selon le § C.5.2, en MJ ;

$E_{p,cool,m,ref}$ la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'énergie primaire pour le refroidissement, calculée selon le § C.5.2, en MJ ;

$E_{p,water,m,ref}$ la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire, calculée selon le § C.5.3, en MJ ;

$E_{p,aux,m,ref}$ la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'énergie primaire pour les ventilateurs et les pompes, calculée selon le § C.5.4, en MJ ;

$E_{p,light,m,ref}$ la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'énergie primaire pour l'éclairage, calculée selon le § C.5.5, en MJ.

C.5.2 Valeur de référence pour la consommation d'énergie primaire pour le chauffage, humidification et le refroidissement

On détermine la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'énergie primaire de l'unité PEN pour le chauffage et le refroidissement comme suit :

Eq. 257 $$E_{p,heat,m,ref} = \sum_i 1,29 \cdot Q_{heat,net,seci,m,ref} + \sum_j 1,29 \cdot Q_{hum,net,j,m,ref} \quad (MJ)$$

et :

Eq. 258 $$E_{p,cool,m,ref} = \sum_i 0,5 \cdot Q_{cool,net,seci,m,ref} \quad (MJ)$$

où :

$E_{p,heat,m,ref}$ la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'énergie primaire pour le chauffage de l'unité PEN, en MJ ;

$Q_{heat,net,seci,m,ref}$ la valeur de référence pour les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage (tenant compte de l'intermittence) du secteur énergétique i, déterminés selon le § C.2.2, en MJ ;

$Q_{hum,net,j,m,ref}$ la valeur de référence pour les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification d'un appareil j, déterminée selon § C.2.9, en MJ ;

$E_{p,cool,m,ref}$ la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'énergie primaire pour le refroidissement de l'unité PEN, en MJ ;

$Q_{cool,net,seci,m,ref}$ la valeur de référence pour les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, déterminés selon le § C.2.3, en MJ.

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques i et tous les humidificateurs j de l'unité PEN.

C.5.3 Valeur de référence pour la consommation d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire

On détermine la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire comme suit :

$$E_{p,water,m,ref} = \sum_i 2,20 \cdot \frac{Q_{water,bath\ i,net,m}}{\eta_{water,circ,bath\ i,m,ref}} + \sum_j 3,00 \cdot \frac{Q_{water,sink\ j,net,m}}{\eta_{water,circ,sink\ j,m,ref}} + \sum_k 4,00 \cdot \frac{Q_{water,other\ k,net,m}}{\eta_{water,circ,other\ k,m,ref}}$$

Eq. 373 (MJ)

où :

$Q_{water,bath\ i,net,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de la douche ou de la baignoire i, tels que déterminés au § 5.10, en MJ ;

$\eta_{water,circ,bath\ i,m,ref}$ la valeur de référence pour la contribution au rendement du système des déperditions mensuelles de la conduite de circulation pour la douche ou la baignoire i, telle que déterminée au § C.2.10, (-) ;

$Q_{water,sink\ j,net,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de l'évier de cuisine j, tels que déterminés au § 5.10, en MJ ;

$\eta_{water,circ,sink\ j,m,ref}$ la valeur de référence pour la contribution au rendement du système des déperditions mensuelles de la conduite de circulation pou l'évier de cuisine j, telle que déterminée au § C.2.10, (-) ;

$Q_{water,other\ k,net,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un autre point de puisage d'eau chaude k, tels que déterminés au § 5.10, en MJ ;

$\eta_{water,circ,other\ k,m,ref}$ la valeur de référence pour la contribution au rendement du système des déperditions mensuelles de la conduite de circulation pour l'autre point de puisage d'eau chaude k, telle que déterminée au § C.2.10, (-).

Il faut faire une sommation sur toutes les douches et baignoires i, sur tous les éviers de cuisine j et sur tous les autres point de puisage d'eau chaude k de l'unité PEN.

C.5.4 Valeur de référence pour la consommation d'énergie primaire des auxiliaires

On détermine la valeur de référence pour consommation mensuelle d'énergie primaire des auxiliaires, $E_{p,aux,m,ref}$, comme suit

$$E_{p,aux,m,ref} = f_p \cdot 3,6 \cdot \left(W_{fans,m,ref} + W_{aux,dis,m,ref} + W_{throttle/fans,gen,m} + W_{electr,gen,m} \right)$$

Eq. 374 (MJ)

où :

f_p le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire pour l'électricité, tel que déterminé dans le texte principal de cet arrêté, (-) ;

$W_{fans,m,ref}$ la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs dans l'unité PEN, déterminée selon le § C.3.1, en kWh ;

$W_{aux,dis,m,ref}$ la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'électricité pour la distribution dans l'unité PEN, déterminée selon le § C.3.2, en kWh.

$W_{throttle/fans,gen,m}$ la consommation mensuelle d'électricité des vannes gaz et/ou ventilateurs pour la production de chaleur dans l'unité PEN considérée, définie selon le § 8.5.2.2, en kWh ;

$W_{electr,gen,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour l'électronique de l'unité EPN considérée, definie selon le § 8.5.2.4, en kWh.

C.5.5 Valeur de référence pour la consommation d'énergie primaire pour l'éclairage

On détermine la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'énergie primaire pour l'éclairage comme suit :

Eq. 261 $E_{p,light,m,ref} = f_p \cdot 3,6 \cdot W_{light,m,ref}$ (MJ)

où :

$E_{p,light,m,ref}$ la valeur de référence pour la consommation mensuelle d'énergie primaire pour l'éclairage, en MJ ;

f_p le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire pour l'électricité, tel que déterminé dans le texte principal de cet arrêté, (-) ;

$W_{light,m,ref}$ la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage dans l'unité PEN, déterminée selon le § C.4, en kWh.

Vu pour être annexé à l'arrêté du Gouvernement wallon du 15 décembre 2016 modifiant l'arrêté du Gouvernement wallon du 15 mai 2014 portant exécution du décret du 28 novembre 2013 relatif à la performance énergétique des bâtiments.

Namur, le 15 décembre 2016.

Le Ministre-Président,

P. MAGNETTE

Le Ministre des Pouvoirs locaux, de la Ville, du Logement et de l'Energie,

P. FURLAN

Annexe 3

Annexe B1 à l'arrêté du Gouvernement wallon du 15 mai 2014 portant exécution du décret du 28 novembre 2013 relatif à la performance énergétique des bâtiments.

Annexe DRT

DOCUMENT DE REFERENCE POUR LES PERTES PAR TRANSMISSION

Règles pour le calcul des pertes par transmission dans le cadre de la réglementation PEB

CALCUL DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE DES PAROIS DES BÂTIMENTS (VALEUR U), DU COEFFICIENT DE TRANSFERT THERMIQUE PAR TRANSMISSION DANS LES BÂTIMENTS (VALEUR H) ET DU NIVEAU D'ISOLATION THERMIQUE GLOBALE (NIVEAU K)

Table des matières

1 INTRODUCTION 6

2 DOMAINE D'APPLICATION 7

3 RÉFÉRENCES NORMATIVES 8

4 DÉFINITIONS, UNITÉS ET SYMBOLES 10

4.1 Définitions 10

4.2 Symboles et unités 12

5 DÉTERMINATION DE LA RÉSISTANCE THERMIQUE (R) DES COUCHES DE CONSTRUCTION. 13

5.1 Principes généraux 13

5.2 Résistance thermique des couches homogènes de construction 13

5.3 Résistances thermiques d'échange aux surfaces en contact avec de l'air 14

5.4 Résistance thermique des couches d'air 14

5.4.1 Introduction 14

5.4.2 Couches d'air ordinaires dans les murs, toits et sols 15

5.4.3 Autres couches d'air 17

5.5 Résistance thermique des couches d'air (espaces d'air) avec une épaisseur supérieure à 300 mm 18

6 DÉTERMINATION DE LA RÉSISTANCE THERMIQUE TOTALE (R_T) DES ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION 19

6.1 Éléments de construction constitués de couches homogènes 19

6.2 Éléments de construction constitués de couches homogènes et non homogènes19

6.2.1 Applicabilité 19

6.2.2 Résistance thermique totale d'un élément de construction (méthode par combinaison) 20

6.2.3 Valeurs limites ... *21*
6.2.4 Marge d'erreur ... *21*

7 COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE (U) D'ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION OPAQUES 22

7.1 Expression générale ... 22
7.2 Corrections sur la valeur U ... 22
7.2.1 Généralités ... *22*
7.2.2 Correction de la valeur U pour les fentes d'air et les cavités dans ou entre les couches d'isolations ... *22*
7.2.3 Correction pour les fixations mécaniques perforant la couche d'isolation ... *23*
7.2.4 Procédure de correction pour les toitures inversées ... *24*
7.3 Correction de la valeur R pour une isolation en PUR projetée in situ ... 25
7.4 Valeur U d'un élément de construction d'épaisseur variable ... 26
7.4.1 Méthode générale ... *26*
7.4.2 Décomposition en formes de base ... *27*
7.4.3 Détermination de la valeur U pour chaque forme de base ... *28*
7.4.4 Détermination simplifiée ... *29*

8 DÉTERMINATION DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE DES FENÊTRES, PORTES ET PORTES DE GARAGE ... 30

8.1 Caractéristiques géométriques des fenêtres et des portes ... 30
8.1.1 Aire des composants des fenêtres et des portes ... *30*
8.1.2 Périmètre visible du vitrage ... *31*
8.1.3 Surfaces des encadrements ... *31*
8.1.4 Surface de la fenêtre ou de la porte ... *33*
8.2 Procédure générale pour la détermination de la valeur U des fenêtres, portes et portes de garage ... 33
8.3 Cas de base : Valeur U de fenêtres simples ou de portes ... 33
8.4 Cas spécifiques ... 35
8.4.1 Doubles fenêtres ... *35*
8.4.2 Vantaux dédoublés ... *36*
8.4.3 Résistances thermiques d'échange ... *36*
8.4.4 Résistance thermique des couches d'air non ventilées dans les fenêtres doubles et dans les fenêtres à vantaux dédoublés ... *37*
8.4.5 Valeur U des fenêtres avec des volets fermés ... *37*
8.5 Détermination simplifiée de la valeur U et de la surface de vitrage des fenêtres ... 39
8.6 Spécifications complémentaires et valeurs par défaut pour les portes opaques et les portes de garage opaques ... 40

9 COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE DES COMPOSANTS DES FENÊTRES ET DES PORTES 42

9.1 Coefficient de transmission thermique des vitrages ... 42
9.2 Coefficient de transmission thermique des encadrements ... 42
9.2.1 Détermination générale ... *42*
9.2.2 Détermination de la valeur U_f des encadrements des fenêtres de toiture 42
9.3 Coefficient de transmission thermique de panneaux opaques (U_p) ... 43
9.4 Coefficient de transmission thermique des grilles de ventilation (U_r) ... 43

9.5 Coefficient de transmission thermique linéique (valeur Ψ) 43

10 COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE DES FAÇADES LÉGÈRES..... 44

10.1 Généralités 44
10.2 Caractéristiques constructives des façades légères 45
10.2.1 Eléments constitutifs et conditions de bord 45
10.2.2 Définition des surfaces et du périmètre 46
10.2.3 Règles pour la modélisation 47
10.3 Détermination de la valeur U_{cw} d'un module d'une façade légère : calculs numériques précis 49
10.3.1 Principe de la méthode précise de calcul numérique 49
10.3.2 Détermination du flux de déperdition calorifique au travers des éléments de liaison 49
10.3.3 Détermination de U_{cw} d'un module 52
10.4 Détermination de la valeur U_{cw} d'un module : méthode des composants 52
10.4.1 Principe de la méthode de détermination 52
10.4.2 Détermination générale de U_{cw} 52
10.4.3 Valeur U du vitrage et du panneau de remplissage 53
10.4.4 Valeur U des encadrements, meneaux et traverses 53
10.4.5 Coefficients de transmission thermique linéique (vitrages, encadrements, meneaux et traverses) 54
10.5 Détermination de la valeur U_{cw} pour une façade légère composée de différents modules 55

11 COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE D'AUTRES PAROIS TRANSLUCIDES..... 56

11.1 Briques de construction en verre 56
11.1.1 Procédure générale 56

12 COEFFICIENT DE TRANSFERT THERMIQUE PAR TRANSMISSION DANS LES BÂTIMENTS... 57

12.1 Coefficient de transfert thermique total par transmission 57
12.2 Conventions générales 57
12.2.1 Délimitation des parties de la construction 57
12.2.2 Détermination des surfaces 57
12.2.3 Détermination des volumes 58

13 COEFFICIENT DE TRANSFERT THERMIQUE PAR TRANSMISSION DIRECTE VERS L'ENVIRONNEMENT EXTÉRIEUR (H_D) 59

14 COEFFICIENT DE TRANSFERT THERMIQUE PAR TRANSMISSION VIA DES ESPACES ADJACENTS NON CHAUFFÉS (H_U) 60

15 COEFFICIENT DE TRANSFERT THERMIQUE PAR TRANSMISSION VIA LE SOL ET VIA LES CAVES NON CHAUFFÉES ET VIDES SANITAIRES (H_G) 63

15.1 Généralités 63
15.2 Méthode de calcul simplifiée des pertes par le sol 63
15.2.1 Planchers en contact direct avec le sol 63
15.2.2 Eléments de construction en contact avec des vides sanitaires et des caves non chauffés (planchers, murs, portes,…) 64
15.2.3 Murs enterrés 65

16 COEFFICIENT DE TRANSFERT THERMIQUE PAR TRANSMISSION À TRAVERS LES NŒUDS CONSTRUCTIFS ($H_T^{JUNCTIONS}$) 66

16.1 Facteur de réduction de température pour les EANC, vides sanitaires et caves non chauffées 66

17 NIVEAU D'ISOLATION THERMIQUE GLOBALE (NIVEAU K) 68

17.1 Compacité d'un bâtiment 68
17.2 Coefficient de transfert de chaleur moyen d'un bâtiment 68
17.3 Niveau de l'isolation thermique globale (niveau K) 68

ANNEXE A DÉTERMINATION DE LA CONDUCTIVITÉ THERMIQUE (VALEUR Λ) ET DE LA RÉSISTANCE THERMIQUE (VALEUR R) DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION 70

A.1 Généralités 70
A.2 Tableaux de valeurs par défaut des conductivités thermiques de matériaux de construction homogènes ou assimilés 72
A.2.1 Métaux 72
A.2.2 Pierres naturelles 73
A.2.3 Éléments de maçonnerie 73
A.2.4 Éléments de construction pierreux sans joints (parois pleines, planchers,…) 76
A.2.5 Plâtre, mortiers et enduits 78
A.2.6 Bois et dérivés de bois 79
A.2.7 Matériaux d'isolation thermique 80
A.2.8 Matériaux divers 82

ANNEXE B RÉSISTANCE THERMIQUE (VALEUR R) DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION NON HOMOGÈNES 83

ANNEXE C VALEURS PAR DÉFAUT DES TENEURS EN HUMIDITÉ ET COEFFICIENTS DE CONVERSION POUR LES MATÉRIAUX PIERREUX 84

ANNEXE D COEFFICIENTS DE TRANSMISSION THERMIQUE DES PROFILÉS D'ENCADREMENTS (VALEURS U_F) : VALEURS PAR DÉFAUT 85

D.1 Profilés d'encadrements en bois 85
D.2 Profilés d'encadrement métalliques 87
D.2.1 Définitions 87
D.2.2 Profilés d'encadrement métalliques à coupure thermique 87
D.2.3 Profilés d'encadrement métalliques sans coupure thermique 89
D.3 Profilés d'encadrement en plastique 90

ANNEXE E COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE LINÉIQUE (VALEURS Ψ) DES JONCTIONS ENTRE PROFILÉS D'ENCADREMENT, VITRAGES, PANNEAUX DE REMPLISSAGE ET TRAVERSES. 92

E.1 Généralités 92
E.2 Jonction entre profilé d'encadrement et vitrage 92
E.3 Jonction entre traverse et vitrage 94
E.4 Jonction entre profilé et panneau de remplissage 95
E.5 Jonction entre profilé et traverse 96
E.5.1 Profilés en aluminium et en acier 96
E.5.2 Profilés en bois et profilés bois/aluminium 97
E.6 Calcul de U_f pour des profilés intégrés dans une façade légère 98

ANNEXE F TRANSMISSIONS THERMIQUES VIA LE SOL 99

F.1 Données spécifiques nécessaires 99

F.1.1 Caractéristiques thermiques du sol 99
F.1.2 Dimension caractéristique du plancher et épaisseur équivalente 99
F.2 Calcul de la valeur U et du transfert de chaleur stationnaire H_g 100
F.2.1 Généralités 100
F.2.2 Planchers directement en contact avec le sol 100
F.2.3 Planchers au-dessus d'un vide sanitaire 103
F.2.4 Parois d'une cave 105

ANNEXE G CONVENTIONS POUR LE CALCUL DES VALEURS U 109
G.1 Introduction 109
G.2 Méthodes de calcul numériques et simplifiées 109
G.3 Conventions relatives aux maçonneries et aux briques creuses 110
G.3.1 Valeur λ_U de la maçonnerie 110
G.3.2 Valeur λ_U des briques ou blocs de construction perforés 111
G.4 Conventions relatives aux couches non homogènes d'un élément de construction avec structure en bois 112
G.5 Conventions complémentaires relatives à la détermination de la valeur U113
G.5.1 Toitures couvertes de tuiles ou d'ardoises 113
G.5.2 Faux Plafonds 114
G.5.3 Les planchers 114

1 Introduction

Ce document décrit explicitement les règles ayant trait au calcul de transmission telles qu'elles s'appliquent pour la réglementation PEB. L'autorité pourra par après déterminer des spécifications complémentaires si nécessaire.

Le texte traite principalement des méthodes de calcul qui doivent être appliquées directement par les rapporteurs (et les concepteurs). Beaucoup d'entre elles sont implémentées dans le logiciel PEB. La détermination des données produits doit être effectuée en premier lieu par les fabricants / les fournisseurs.

Les déperditions de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment étant tridimensionnelles, la seule évaluation précise du coefficient de transfert thermique par transmission HT ne peut être obtenue que par un calcul numérique détaillé. Dans la pratique, seuls les coefficients de transmission thermique des éléments de construction constitués de couches homogènes, planes et parallèles peuvent être évalués facilement. Pour toute autre situation, un calcul numérique détaillé est en principe nécessaire. Le présent texte comprend toutefois des méthodes simplifiées qui permettent un calcul plus facile pour ces cas spécifiques. Il s'agit par exemple des éléments de construction constitués de couches non homogènes (voir le § 6.2), de la prise en compte des fixations mécaniques (voir le § 7.2.3), des éléments de construction d'épaisseur variable (voir le § 7.4), des fenêtres et des portes (voir le § 9) ou encore des façades légères (voir le § 10). Ces méthodes peuvent toujours être appliquées, pour autant que l'on respecte les conditions d'application en vigueur pour chaque cas particuliers.

La prise en compte des nœuds constructifs est déterminée dans l'annexe B.2 au présent arrêté. Ceux-ci doivent être traités selon la méthodologie décrite dans cette annexe B.2 au présent arrêté.

Toute interruption linéaire ou ponctuelle propre à une paroi de la surface de déperditions doit être prise en compte pour la détermination du coefficient de transmission thermique des éléments de construction de cette paroi. Cela peut se faire d'une des deux manières suivantes :

- soit, si celle-ci est disponible, suivant l'application d'une méthode de calcul simplifiée décrite dans le présent document ;
- soit suivant un calcul numérique détaillé. Cette approche est aussi admise en remplacement d'une méthode simplifiée disponible.

2 Domaine d'application

Les procédures de calcul mentionnées dans ce texte peuvent être appliquées au calcul du coefficient de transmission thermique des parois des bâtiments (valeur U) et du coefficient de transfert de chaleur par transmission dans les bâtiments (valeur H), qui sont eux-mêmes utilisés pour la détermination du niveau K et du niveau E.

Les procédures de calcul ont trait à la détermination de :

- la valeur U des éléments de construction opaques, construits à partir de couches de construction homogènes et non homogènes et de couches d'air ;
- la valeur U des éléments de construction transparents (vitrages, fenêtres, portes et leurs éléments constitutifs) ;
- le coefficient de transfert thermique par transmission vers l'environnement extérieur (de manière directe, via des espaces adjacents non chauffés et via le sol).

3 Références normatives

Pour les normes pourvues d'une date, c'est uniquement la version citée qui est d'application, à moins que l'Etat désigne explicitement une autre version en remplacement. Pour les normes non datées, la version la plus récente est de vigueur, en tenant compte des règles qui sont d'application pour la détermination des caractéristiques de produit.

NBN EN 673	Glass in buildings. Determination of thermal transmittance. Calculation method.
NBN EN 674	Glass in buildings. Determination of thermal transmittance. Guarded hot plate method.
NBN EN 675	Glass in buildings. Determination of thermal transmittance. Heat flow meter method.
NBN EN 1051-2	Glass in buildings. Glass blocks and glass paver units. Part 2 : evaluation of conformity.
NBN EN 1745	Masonry and masonry products. Methods for determining design thermal values.
NBN EN 1934	Thermal performance of buildings. Determination of thermal resistance by hot box method using heat flow meter. Masonry.
NBN EN ISO 6946:2008	Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method.
ISO 8301:1991	Thermal insulation -- Determination of steady-state thermal resistance and related properties -- Heat flow meter apparatus
ISO 8302:1991	Thermal insulation -- Determination of steady-state thermal resistance and related properties -- Guarded hot plate apparatus
NBN EN ISO 8990	Thermal insulation. Determination of steady-state thermal transmission properties. Calibrated and guarded hot box method.
NBN EN ISO 10077-1:2006	Thermal performance of windows, doors and shutters. Calculation of thermal transmittance. Part 1 : General.
NBN EN ISO 10077-2	Thermal performance of windows, doors and shutters. Calculation of thermal transmittance. Part 2 : numerical method for frames.
NBN EN ISO 10211:2008	Thermal bridges in building constructions. Heat flows and surface temperatures. Detailed calculations.
NBN EN ISO 10456	Thermal insulation - Building materials and products - Determination of declared and design values.
NBN EN 12412-2	Thermal performance of windows, doors and shutters. Determination of thermal transmittance by hot box method. Part 2 : frames.
NBN EN ISO 12567-1	Thermal performance of windows and doors. Determination of thermal transmittance by hot box method.
NBN EN ISO 12567-2	Thermal performance of windows and doors. Determination of thermal transmittance by hot box method. Part 2 : roof windows and other projecting windows.
NBN EN 12428	Industrial, commercial and garage doors - Thermal transmittance - Requirements for the calculation

NBN EN 12664	Thermal performance of building materials. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Dry and moist products of medium and low thermal resistance.
NBN EN 12667	Thermal performance of building materials. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Products of high and medium thermal resistance.
NBN EN 12939	Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Thick products of high and medium thermal resistance.
NBN EN 12835	Shutters and blinds. Determination of air permeability.
NBN EN ISO 13370:2008	Thermal performance of buildings. Heat transfer via the ground. Calculation methods.
NBN EN 13125	Shutters and blinds. Additional thermal resistance. Allocation of a class of air permeability to a product.
NBN EN ISO 13789:2008	Thermal performance of buildings. Transmission heat loss coefficient. Calculation method.
NBN EN 13947:2007	Thermal performance of curtain walling. Calculation of thermal transmittance. Simplified method.

4 Définitions, unités et symboles

4.1 Définitions

- **Arrêté PEB :** Arrêté du Gouvernement wallon du 17 avril 2008 déterminant la méthode de calcul et les exigences, les agréments et les sanctions applicables en matière de performance énergétique et de climat intérieur des bâtiments, y compris les éventuels changements ultérieurs.
- **Cave :** partie utilisable d'une construction dont au moins 70% des parois extérieures sont en contact avec le sol.

  NOTE Cet espace peut être chauffé ou non.
- **Coefficient de couplage thermique :** flux thermique qui, en régime stationnaire, passe au travers d'une partie de l'enveloppe du bâtiment, divisé par la différence de température entre les deux environnements qui sont thermiquement couplés ou rattachés par la partie du bâtiment considérée.
- **Coefficient de transfert thermique par transmission (H_T), en W/K :** flux thermique total par transmission qui se produit en régime stationnaire entre un espace intérieur (chauffé) et l'environnement extérieur, divisé par la différence de température entre l'environnement intérieur et extérieur (les deux températures étant considérées comme uniformes).
- **Coefficient de transfert thermique par ventilation (H_V), en W/K :** Le flux thermique par ventilation entre l'espace intérieur et l'environnement extérieur, divisé par la différence de température entre l'environnement intérieur et extérieur.
- **Coefficient de transmission thermique (U), en W/(m².K) :** quantité de chaleur, en régime stationnaire, qui traverse un élément de construction par unité de surface, divisée par la différence de température entre l'environnement intérieur et extérieur des deux côtés de l'élément de construction concerné.
- **Conductivité thermique (λ_U), en W/(m.K) :** valeur de calcul de la densité du flux thermique qui, en régime stationnaire, passe dans un matériau ou un produit de construction sous certaines conditions intérieures et extérieures spécifiques, qui peuvent être considérées comme typiques pour les prestations du produit ou du matériel considéré s'il est intégré dans un élément de construction.
- **Couche thermiquement homogène :** couche de construction avec une épaisseur constante qui a des propriétés thermiques uniformes ou qui peuvent être considérées comme telles.
- **Densité du flux thermique (q), en W/m² :** flux thermique par unité de surface
- **Dimension caractéristique du sol (B'), en m :** surface du sol divisée par le demi-périmètre du sol.
- **Dimension extérieure :** dimension mesurée à l'extérieur du bâtiment.
- **Dimension intérieure :** dimension mesurée d'une paroi à l'autre ou du sol au plafond à l'intérieur d'une pièce d'un bâtiment.
- **Espace chauffé (refroidi) :** locaux ou espaces qui sont chauffés (refroidis) à une température déterminée.
- **Facteur d'émission (ε) :** relation entre la quantité d'énergie émise par rayonnement infrarouge par la surface à une certaine température et la quantité d'énergie émise par rayonnement infrarouge par un corps noir à la même température.
- **Flux thermique (Φ), en W :** quantité de chaleur apportée ou évacuée d'un système par unité de temps.
- **Partie de construction, élément de construction :** partie d'un bâtiment tel que mur, sol, toit.
- **Plancher sur terre-plein :** construction de plancher qui est en contact direct avec la terre sur toute sa surface.

- **Plancher sur vide sanitaire :** construction de plancher pour laquelle l'entièreté du plancher se situe au-dessus du niveau du sol, grâce à laquelle une couche d'air est créé entre le plancher et la terre

  NOTE Cette couche d'air, aussi appelée vide sanitaire, peut être ou non ventilée et ne fait généralement pas partie du volume protégé d'un bâtiment.
- **Produit :** forme finale d'un matériau, prêt à l'emploi, ayant certaines formes et dimensions et pourvue d'un revêtement ou d'un coating.
- **Matériau :** partie d'un produit, peu importe la forme et les dimensions et sans revêtement ou coating
- **Résistance thermique (R), en m².K/W :** valeur inverse du coefficient de transmission thermique d'un élément de construction sous certaines conditions intérieures et extérieures spécifiques qui peuvent être considérées comme typiques pour les prestations de l'élément de construction considéré.
- **Température extérieure de référence :** température de l'air de l'environnement extérieur lors d'un ciel complètement couvert.
- **Température intérieure de référence :** température sèche résultante dans un local.
- **Température sèche résultante :** valeur moyenne calculée de la température intérieure de l'air mesurée à sec et de la température moyenne de rayonnement de toutes les parois qui entourent l'environnement intérieur.
- **Valeur (thermique) de calcul :** valeur d'une propriété thermique d'un matériau ou d'un produit de construction sous certaines conditions intérieures et extérieures spécifiques de température et d'humidité, qui peuvent être considérées comme typiques pour ce matériau ou produit quand il est placé dans une partie de la construction.

  NOTE Un produit ou un matériau peut avoir différentes valeurs de calcul selon les applications.
- **Valeur (thermique) déclarée :** valeur attendue d'une propriété thermique d'un matériau ou d'un produit de construction, obtenue sur base de valeurs mesurées aux conditions de référence de température et d'humidité, pour une fraction et un degré de fiabilité déterminés et conformément à une durée de vie raisonnable dans des conditions normales.

4.2 Symboles et unités

Symbole	Signification	Unités
A	surface (synonymes : aire, superficie)	m^2
B'	Dimension caractéristique du sol	m
G_w	Facteur de correction (flux de la nappe phréatique)	-
H	Coefficient de transfert thermique	W/K
P	Périmètre (parois en contact avec le sol)	m
R	Résistance thermique d'une couche de construction	$m^2.K/W$
R_g	Résistance thermique d'une lame d'air dans une paroi	$m^2.K/W$
R_s	Résistance thermique d'une lame d'air entre des fenêtres	$m^2.K/W$
R_{si}	Résistance thermique d'échange à la surface intérieure	$m^2.K/W$
R_{se}	Résistance thermique d'échange à la surface extérieure	$m^2.K/W$
R_T	Résistance thermique totale d'une paroi	$m^2.K/W$
U	Coefficient de transmission thermique	$W/(m^2.K)$
V	Volume	m^3
a	Terme correctif, facteur de réduction	-
b	Largeur	m
c	Chaleur spécifique	J/kgK
d	Epaisseur (d'une couche d'un élément de construction), longueur (d'une fixation mécanique)	m
f	Fraction, facteur	-
h	Hauteur	-
l	Périmètre, longueur	m
m	Masse	kg
n	Taux de renouvellement d'air	h^{-1}
w	Epaisseur de paroi	m
z	Profondeur	m
ε_n	Emissivité normale d'un vitrage	-
λ	Conductivité thermique d'un matériau de construction	W/(m.K)
ΔR	Résistance thermique complémentaire d'un volet	$m^2.K/W$
ΔU	Terme correctif de la valeur U	$W/(m^2.K)$
χ	Coefficient de transmission thermique ponctuel	W/K
Ψ	Coefficient de transmission thermique linéaire	W/(m.K)
ρ	Densité, masse volumique	kg/m^3

5 Détermination de la résistance thermique (R) des couches de construction

5.1 Principes généraux

Le principe général de la détermination de la résistance thermique (valeur R) des éléments de construction est le suivant :

- premièrement déterminer la résistance thermique de chaque couche homogène de construction de l'élément de construction ;
- ensuite, faire la somme des résistances thermiques individuelles des éléments de construction pour obtenir la résistance thermique totale, y compris les éventuelles résistances thermiques d'échange aux surfaces intérieures et extérieures de l'élément de bâtiment.

Les résistances thermiques des couches de construction homogènes sont données au § 5.2 et les valeurs des résistances thermiques d'échange (R_{si} et R_{se}) au § 5.3.

Les couches d'air présentes dans les éléments de construction (par exemple une coulisse) sont, dans le cadre de ce texte, considérées comme des couches homogènes. Les valeurs de la résistance thermique des couches d'air sont données au § 5.4.

La résistance thermique totale d'un élément de construction (R_T) est déterminée selon le § 6.1 (paroi composée seulement de couches homogènes) ou le § 6.2 (paroi comprenant une ou plusieurs couches de construction non homogènes) et finalement, le coefficient de transmission thermique (valeur U) est déterminé selon le § 7.1.

Finalement, d'éventuelles corrections sont prévues pour les valeurs U calculées des éléments de construction isolés afin de tenir compte de la mise en place spécifique des matériaux d'isolation, tels que les perforations par les fixations mécaniques (voir le § 7.2.3) ou les précipitations sur les toitures inversées (voir le § 7.2.4).

NOTE Lors du calcul des déperditions par transmission, la température résultante sèche est prise comme la température de l'environnement intérieur et la température de l'air est supposée égale à la température de l'environnement extérieur.

5.2 Résistance thermique des couches homogènes de construction

La détermination de la valeur de calcul de la conductivité thermique (valeur λ_U) ou de la résistance thermique des matériaux de construction (valeur R) est réalisée selon les annexes A ou B de ce texte.

Lorsque la conductivité thermique d'un matériau de construction est connue, la résistance thermique peut être déterminée selon :

Eq. 1 $$R = \frac{d}{\lambda_U} \qquad m^2.K/W$$

où :

d l'épaisseur du matériau, en m ;

λ_U la conductivité thermique du matériau, en W/(m.K).

5.3 Résistances thermiques d'échange aux surfaces en contact avec de l'air

Pour les surfaces planes et en l'absence de toute information spécifique concernant les conditions de bord, les valeurs de conception des résistances thermiques d'échange R_{si} (conditions intérieures) et R_{se} (conditions extérieures) du Tableau [1] peuvent être utilisées. Ces valeurs sont valables pour des surfaces en contact avec de l'air.

Tableau [1] : Résistances thermiques d'échange R_{si} et R_{se} aux surfaces en contact avec de l'air (en m².K/W)

	Direction du flux de chaleur		
	ascendant	**horizontal(1)**	**descendant**
R_{si} m².K/W	0,10	0,13	0,17
R_{se} m².K/W	0,04	0,04	0,04
(1) Valable pour une direction du flux de chaleur qui ne dévie pas de plus de ± 30° du plan horizontal			

NOTE L'annexe A de la NBN EN ISO 6946 contient les procédures détaillées pour les cas spéciaux (valeurs R_{si} et R_{se} pour des surfaces à basse émissivité, pour des vitesses du vent spécifiques et pour des surfaces non planes). Dans le cadre de la réglementation PEB il faut toujours, par convention, compter une vitesse de vent de 4 m/s et considérer h_{r0} (comme défini dans cette norme) à une température de 10°C.

5.4 Résistance thermique des couches d'air

5.4.1 Introduction

La résistance thermique d'une couche d'air est dépendante du type de couche d'air, de la direction du flux thermique à travers la couche d'air, de son épaisseur, de la géométrie et de la pente de la couche d'air, de l'émissivité des surfaces délimitantes et des possibilités de ventilation de la couche d'air. Suivant les cas, la résistance thermique de la couche d'air peut être déterminée soit avec précision par des essais ou des calculs, soit à l'aide de valeurs par défaut qui peuvent être sélectionnées dans des tableaux.

Dans certains cas, la résistance thermique de la couche d'air ou du creux n'est pas calculée séparément mais est déjà comprise dans la valeur U de l'élément de construction dans lequel cette lame d'air ou ce creux sont présents (c'est le cas par exemple des briques perforées, des blocs creux, des vitrages, des encadrements,…).

NOTE Les couches d'air ayant une épaisseur supérieure à 300 mm sont traitées comme des espaces adjacents non chauffés.

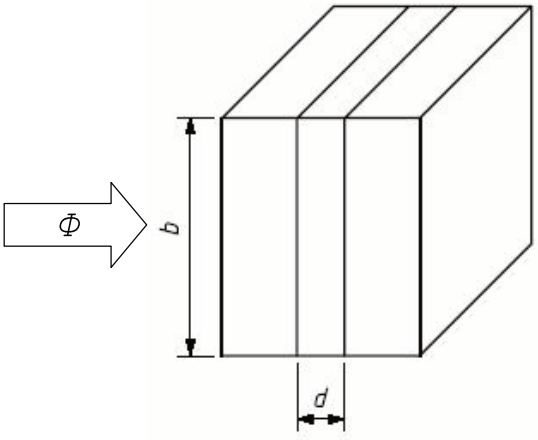
5.4.2 Couches d'air ordinaires dans les murs, toits et sols

5.4.2.1 Conditions

Les valeurs de la résistance thermique des couches d'air traitées dans ce paragraphe (§ 5.4.2) sont applicables aux couches d'air répondant à chacune des conditions suivantes (voir Figure [1]) :

- la couche d'air doit être délimitée par deux plans parallèles qui sont perpendiculaires à la direction du flux thermique et dont les surfaces ont une émissivité élevée (non réfléchissant, la plupart des matériaux de construction répondent à cette dernière exigence) ;
- la couche d'air doit avoir une épaisseur (mesurée dans la direction du flux thermique) qui ne dépasse pas 300 mm ;
- le rapport entre l'épaisseur et la longueur (d/L) et le rapport entre l'épaisseur à la largeur (d/b) de la couche d'air ne doivent pas être plus grands que 0,10 ;
- il ne doit y avoir aucune possibilité d'échange d'air entre la couche d'air et l'environnement intérieur.

Figure [1] : Couche d'air ordinaire



Φ : direction du flux thermique

d : épaisseur de la couche d'air
b : largeur ou hauteur
L : longueur

d ≤ 300 mm
d/b ≤ 0,10 et d/L ≤ 0,10

Pour les couches d'air entre une ou plusieurs surfaces à basse émissivité (réfléchissantes) il faut se référer aux annexes B.2 et B.3 de la NBN EN ISO 6946. La valeur de h_{r0} correspondant à une température de 10°C est considérée et la valeur de h_a est prise dans le Tableau B.1 de cette norme. Les définitions de h_{r0} et h_a sont données dans cette même norme.

Les valeurs de calcul de la résistance thermique des couches d'air sont données au § 5.4.2.2 (couches d'air non ventilées, cas ordinaires avec des surfaces à haute émissivité) et au § 5.4.2.3 (idem, mais avec des couches d'air moyennement ventilées). La procédure de calcul pour les couches d'air fortement ventilées est donnée au § 5.4.2.4.

NOTE Les couches d'air qui ne sont pas hermétiquement isolées de l'environnement intérieur sont considérées comme faisant partie de l'environnement intérieur chauffé avec lequel elles sont en liaison au travers des ouvertures, des fentes ou des joints. La résistance thermique des éléments de construction compris entre ces couches d'air et l'environnement intérieur n'est donc pas prise en considération.

5.4.2.2 Couches d'air non ventilées

Une couche d'air non ventilée est une couche d'air dans laquelle aucun flux d'air extérieur n'est possible. Dans le cas de parois dans lesquelles la couche d'air est en contact avec l'environnement extérieur par le biais de petites ouvertures, cette couche d'air peut être considérée comme non ventilée si les trois conditions suivantes sont simultanément satisfaites :

- il ne doit pas y avoir de couche d'isolation entre la couche d'air et l'environnement extérieur ;
- les ouvertures via lesquelles la couche d'air est en contact avec l'environnement extérieur doivent être placées de telle manière qu'il n'y ait aucun flux d'air possible à travers la couche d'air ;
- la surface totale des ouvertures ne doit pas être supérieure à 500 mm² par mètre de longueur dans le cas de couches d'air verticales ou 500 mm² par m² de couche d'air dans le cas de couches d'air horizontales.

Les résistances thermiques des couches d'air non ventilées ordinaires, délimitées par des surfaces à émissivité élevée, sont données au Tableau [2] en fonction de l'épaisseur de la couche d'air et de la direction du flux thermique.

Tableau [2] : Résistance thermique (en m²K/W) de couches d'air non ventilées délimitées par des surfaces à émissivité élevée (cas ordinaires)

Épaisseur d de la couche d'air [mm]	Direction du flux de chaleur		
	ascendant	horizontal(1)	descendant
0 < d < 5	0,00	0,00	0,00
5 ≤ d < 7	0,11	0,11	0,11
7 ≤ d < 10	0,13	0,13	0,13
10 ≤ d < 15	0,15	0,15	0,15
15 ≤ d < 25	0,16	0,17	0,17
25 ≤ d < 50	0,16	0,18	0,19
50 ≤ d < 100	0,16	0,18	0,21
100 ≤ d < 300	0,16	0,18	0,22
d = 300	0,16	0,18	0,23

(1) Valable pour une direction du flux thermique qui ne dévie pas de plus de ± 30° du plan horizontal

5.4.2.3 Couches d'air peu ventilées

Une couche d'air peu ventilée correspond à une couche d'air dans laquelle un flux d'air limité venant de l'environnement extérieur est possible. C'est le cas si la surface totale des ouvertures de ventilation satisfait aux conditions suivantes :

- > 500 mm² mais ≤ 1500 mm² par m de longueur (couches d'air verticales) ;
- > 500 mm² mais ≤ 1500 mm² par m² de couche d'air (couches d'air horizontales).

L'effet de la ventilation dépend de la taille et de la répartition des ouvertures de ventilation. Par convention, on peut calculer la résistance thermique d'un élément de construction ayant une couche d'air moyennement ventilée selon :

Eq. 2 $$R_T = \frac{1500 - A_V}{1000} . R_{T,u} + \frac{A_V - 500}{1000} . R_{T,v}$$ m².K/W

avec :

A_v la surface totale des ouvertures de ventilation, par unité de longueur en mm²/m (couches d'air verticales) ou par unité de surface en mm²/m² (couches d'air horizontales) ;

$R_{T,u}$ la résistance totale de ce même élément de construction mais avec une couche d'air non ventilée, calculée selon le § 5.4.2.2, en m².K/W ;

$R_{T,v}$ la résistance totale de ce même élément de construction mais avec une couche d'air fortement ventilée, calculée selon le § 5.4.2.4, en m².K/W.

De manière alternative, on peut aussi utiliser l'ancienne méthode. Dans ce cas, les valeurs de conception de la résistance thermique des couches d'air peu ventilées sont égales à la moitié des valeurs correspondantes au Tableau [2] (seulement valable pour des surfaces à émissivité élevée). Si en plus la résistance thermique globale des couches de construction (de surface à surface) entre la couche d'air et l'environnement extérieur est supérieure à 0,15 m²K/W, cette résistance thermique restera alors limitée à cette valeur (0,15 m²K/W).

5.4.2.4 Couches d'air fortement ventilées

Une couche d'air fortement ventilée est une couche d'air pour laquelle la surface totale des ouvertures de ventilation entre la couche d'air et l'environnement extérieur satisfont aux conditions suivantes :

- > 1500 mm² par m de longueur (couches d'air verticales) ;
- > 1500 mm² par m² de couche d'air (couches d'air horizontales).

La résistance thermique totale d'un élément de construction pourvu d'une couche d'air fortement ventilée est calculée en négligeant la résistance thermique de la couche d'air et de toutes les couches de construction se trouvant entre cette couche d'air et l'environnement extérieur. De plus, la valeur R_{se} est remplacée par la valeur R_{si}.

5.4.3 Autres couches d'air

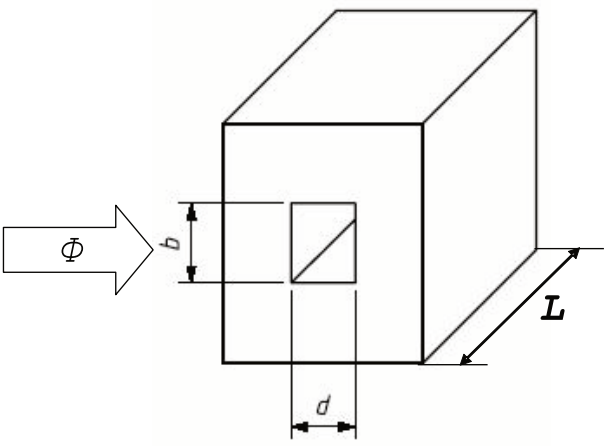
Les couches d'air ou creux peuvent faire partie intégrante d'un produit, par exemple dans les doubles vitrages ou les briques perforées. L'influence de la couche d'air ou du creux est comprise dans la caractéristique du produit (valeur U ou valeur λ équivalente). C'est pourquoi elles ne sont pas considérées ici.

Les couches d'air présentes dans le cas des fenêtres à vantaux dédoublés ou des doubles fenêtres sont traitées au § 8.4.4. Celles comprises entre les fenêtres et les volets le sont au § 8.4.5.2.

5.4.3.1 Creux ou vides

Ce genre de creux peut par exemple survenir entre les chevrons du toit.

Figure [2] : Creux tubulaires



Φ : direction du flux thermique

d : épaisseur de la lame d'air
b : largeur ou hauteur
L : longueur

d ≤ 300 mm
d/L > 0,10 et/ou d/b > 0,10

Dans l'annexe B.4 de la NBN EN ISO 6946, on trouve le calcul de la résistance thermique de petites lames d'air tubulaires non ventilées (creux, vides). Dans le cas de ces lames d'air, le rapport entre l'épaisseur et la longueur (ou largeur) est supérieur à 0,1. La Figure [2] illustre une telle lame d'air.

5.5 Résistance thermique des couches d'air (espaces d'air) avec une épaisseur supérieure à 300 mm

Les couches d'air d'une épaisseur de plus de 300 mm sont considérées comme des espaces adjacents non chauffés. Dans le cadre de la réglementation PEB, ils sont traités comme décrit dans l'annexe A de l'annexe A.1 au présent arrêté.

6 Détermination de la résistance thermique totale (R_T) des éléments de construction

6.1 Éléments de construction constitués de couches homogènes

La résistance thermique totale R_T (d'environnement à environnement) d'un élément de construction plan, constitué de couches de construction thermiquement homogènes qui sont perpendiculaires au flux thermique, est calculée comme suit :

Eq. 3 $R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \ldots + R_n + R_{se}$ m².K/W

avec :

R_{si} la résistance thermique d'échange à la surface intérieure, en m².K/W ;

R_1, R_2,…, R_n les résistances thermiques de chaque couche de construction, en m².K/W ;

R_{se} la résistance thermique d'échange à la surface extérieure, en m².K/W.

NOTE 1 Si R_T est présenté comme résultat final, il doit être arrondi à 2 décimales.

NOTE 2 L'Eq. 3 s'applique aux parois extérieures. Dans le cas de parois intérieures, R_{se} est remplacée dans l'Eq. 3 par R_{si}. Si la résistance thermique totale (de surface à surface) doit être calculée, les deux valeurs de R_s disparaissent dans l'Eq. 3.

NOTE 3 La surface d'un élément de construction non plan correspond à la surface transformée en éléments de construction plans ayant la même surface projetée. Il est tenu compte des dimensions extérieures de l'élément de construction non plan.

6.2 Éléments de construction constitués de couches homogènes et non homogènes

6.2.1 Applicabilité

Une méthode de calcul simplifiée pour calculer la résistance thermique des éléments de construction, constitués de couches de construction thermiquement homogènes et non homogènes est expliquée dans les paragraphes suivants.

Un résultat précis peut être obtenu en ayant recourt à une méthode numérique conformément à la norme NBN EN ISO 10211 (voir explication supplémentaire à l'annexe G.2).

Les interruptions linéaires et ponctuelles qui sont propres à une paroi de la surface de déperdition et qui sont réparties sur sa surface, doivent obligatoirement être prises en compte dans la résistance thermique totale R_T de la paroi de la surface de déperdition, soit via la méthode de calcul simplifiée, soit via la méthode numérique conformément à la NBN EN ISO 10211.

La méthode simplifiée ne peut pas être appliquée dans les cas suivants :

- lorsque le rapport entre la valeur supérieure et la valeur inférieure de la résistance (voir ci-dessous) est plus grand que 1.5 ;
- lorsque la couche d'isolation est traversée par du métal.

Lorsque des fixations métalliques sont présentes, la méthode peut en premier lieu être appliquée comme si il n'y avait pas de fixations métalliques, et le résultat obtenu doit ensuite être corrigé suivant le § 7.2.

6.2.2 Résistance thermique totale d'un élément de construction (méthode par combinaison)

La résistance thermique totale R_T d'un élément de construction, constitué de couches thermiquement homogènes et non homogènes qui sont perpendiculaires au flux thermique, est déterminée par la moyenne arithmétique des limites supérieures et inférieures de la résistance thermique :

Eq. 4 $$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} \quad m^2.K/W$$

avec :

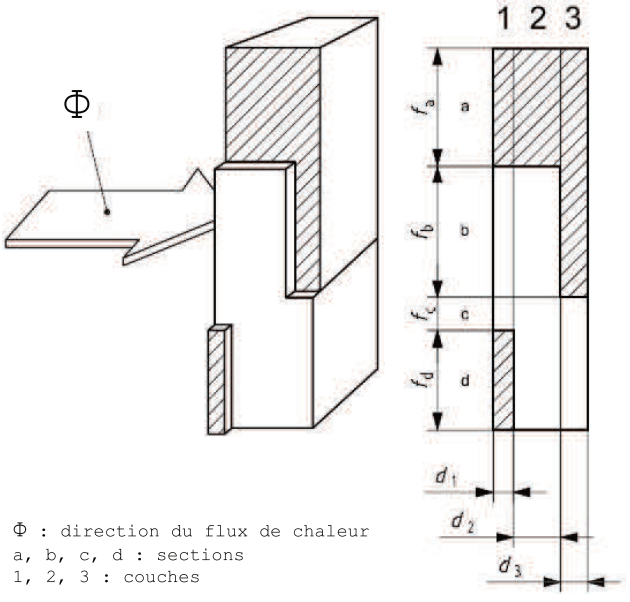
R'_T la limite supérieure de la résistance thermique, en m².K/W, calculée selon l'Eq. 5 ;

R''_T la limite inférieure de la résistance thermique, en m².K/W, calculée selon l'Eq. 7.

Le calcul des limites supérieures et inférieures est réalisé en découpant l'élément de construction en sections et en couches de telle sorte que les parties obtenues soient thermiquement homogènes (voir Figure [3]) :

- l'élément de construction est découpé en sections (a, b, c, et d) avec des surfaces respectives (A_a, A_b, A_c et A_d) et en couches (1, 2 et 3), ayant des épaisseurs respectives (d_1, d_2 et d_3) ;
- les sections (a, b, c, d), perpendiculaires aux faces de l'élément de construction, représentent chacune séparément une surface partielle (f_a, f_b, f_c, f_d) par rapport à la surface totale ;
- les couches (1, 2, 3), parallèles aux surfaces de l'élément de construction, ont une épaisseur d_1, d_2 et d_3 ;
- toutes les parties thermiquement homogènes (a_1,…, d_3) ont une conductivité thermique bien définie (λ_{a1},…, λ_{d3}), une épaisseur déterminée (d_1,…, d_3), une surface partielle (f_a ,…, f_d) et une résistance thermique (R_{a1},…, R_{d3}) ;
- la surface partielle d'une section est une fraction proportionnelle de la surface totale, si bien que $f_a + f_b + … + f_d = 1$.

Figure [3] : Sections et couches d'un élément de construction thermiquement non homogène



Φ : direction du flux de chaleur
a, b, c, d : sections
1, 2, 3 : couches

6.2.3 Valeurs limites

La **limite supérieure** de la résistance thermique est déterminée en supposant que le flux thermique unidimensionnel est perpendiculaire aux surfaces de l'élément de construction. La limite supérieure est obtenue par :

Eq. 5
$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \frac{f_c}{R_{Tc}} + \frac{f_d}{R_{Td}} \qquad W/(m^2.K)$$

avec :

R_{Ta}, R_{Tb},… les résistances thermiques totales (d'environnement à environnement) de chaque section, en m².K/W, calculées selon l'Eq. 3 ;

f_a, f_b,… les surfaces partielles (fractions) de chaque section, (-).

La **limite inférieure** de la résistance thermique est déterminée en supposant que tous les plans parallèles aux surfaces de l'élément de construction, sont des plans isothermes.

Pour chaque couche de construction thermiquement non homogène (1, 2, 3,…), une résistance thermique équivalente R_j est déterminée comme suit :

Eq. 6
$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \frac{f_c}{R_{cj}} + \frac{f_d}{R_{dj}} \qquad W/(m^2.K)$$

La limite inférieure de la résistance thermique est alors déterminée selon :

Eq. 7 $R''_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \ldots\ldots + R_n + R_{se}$ m².K/W

NOTE Dans le cadre de la réglementation PEB, il est aussi permis de ne tenir compte que de la limite inférieure de la résistance thermique.

6.2.4 Marge d'erreur

Une méthode pour calculer l'erreur maximale relative commise dans la détermination de la valeur U est donnée dans le § 6.2.5 de la NBN EN ISO 6946.

7 Coefficient de transmission thermique (U) d'éléments de construction opaques

7.1 Expression générale

Le coefficient de transmission thermique (valeur U) d'un élément opaque est donné par :

Eq. 8 $$U = \frac{1}{R_T}$$ W/(m².K)

avec :

R_T la résistance thermique totale d'un élément de construction, en m².K/W, calculée selon l'Eq. 4.

Lors du calcul de la valeur U, les données introduites adoptées doivent être communiquées pour information ou être disponibles.

NOTE Si la valeur U est présentée comme résultat final, elle doit être arrondie à 2 décimales.

7.2 Corrections sur la valeur U

7.2.1 Généralités

Des corrections doivent en principe être apportées à la valeur U calculée selon l'Eq. 8 afin de tenir compte de l'influence des éléments ou des situations suivantes :

- les fentes d'air ou les cavités dans les couches d'isolation ;
- les fixations mécaniques qui perforent les couches d'isolation ;
- les précipitations sur les toitures inversées.

La valeur corrigée U_c est définie comme suit :

Eq. 9 $$U_c = U + \Delta U$$ W/(m².K)

où le terme correcteur ΔU est défini comme suit :

Eq. 10 $$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$$ W/(m².K)

avec :

ΔU_g un terme correctif pour les fentes d'air et les cavités, en W/(m².K) ;

ΔU_f un terme correctif pour les fixations mécaniques, en W/(m².K) ;

ΔU_r un terme correctif pour toiture inversée, en W/(m².K).

7.2.2 Correction de la valeur U pour les fentes d'air et les cavités dans ou entre les couches d'isolations

La présence de couches, fentes ou cavités d'air en direction de ou perpendiculairement au flux de chaleur peut, dans certains cas, exercer une influence fortement négative sur la résistance thermique réelle de la couche d'isolation. Dans la NBN EN ISO 6946 (annexe D.2), un certain nombre de catégories d'imperfections sont distinguées, et des suppléments conventionnels sont définis.

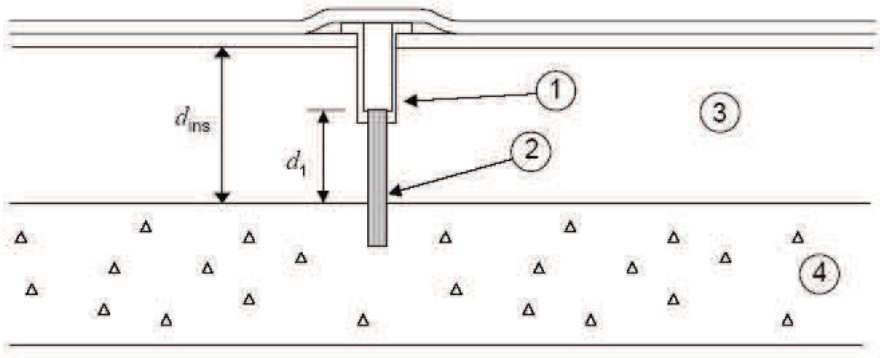
Comme il est difficile de juger univoquement quelle catégorie est précisément d'application pour un bâtiment, pour une partie de construction,… il a été décidé de ne pas prendre en considération cet effet dans le cadre de la réglementation PEB. On peut donc affirmer par convention que :

Eq. 11 $\Delta U_g = 0$ W/(m².K)

7.2.3 Correction pour les fixations mécaniques perforant la couche d'isolation

Lorsqu'une couche d'isolation est traversée par des fixations mécaniques (ex : crochets de mur, fixations de toiture,…), l'impact de ces fixations peut toujours être calculé avec précision par des calculs numériques selon la NBN EN ISO 10211. Cette méthode de calcul précise doit toujours être appliquée si les deux extrémités de la fixation mécanique sont en contact thermique avec des plaques en métal.

Figure [4] : Fixation mécanique noyée



1 chapeau en matière synthétique
2 fixation noyée
3 couche d'isolation
4 dalle de toiture

Pour les autres cas, la méthode de calcul approchée suivante peut être appliquée. L'impact de la fixation mécanique y est déterminé par le terme correctif ΔU_f calculé comme suit :

Eq. 12 $$\Delta U_f = \alpha . \frac{\lambda_f . A_f . n_f}{d_1} . \left[\frac{R_1}{R_{T,h}} \right]^2$$ W/(m².K)

avec :

d_1 la longueur de la fixation, en m, déterminée comme suit :
- dans le cas de fixations traversant complètement la couche d'isolation (sous un angle droit ou oblique), la longueur est égale à l'épaisseur de la couche d'isolation (d_{ins}) : $d_1 = d_{ins}$,
- dans le cas de fixations noyées, la longueur est égale à la partie de la fixation qui traverse la couche d'isolation (voir Figure [4]) ;

λ_f la conductivité thermique de la fixation mécanique, en W/(m.K), (voir NOTE) ;

n_f le nombre de fixations mécaniques par m², en m^{-2} ;

A_f la section d'une fixation mécanique, en m² ;

λ_{ins} la conductivité thermique de la couche d'isolation, en W/(m.K) ;

α le coefficient correctif, (-), déterminé comme suit :
- $\alpha = 0,8$ si la fixation mécanique traverse complètement la couche d'isolation ;

- $\alpha = 0,8 \cdot d_1/d_{ins}$ si la fixation est noyée dans la couche d'isolation (voir Figure [4]) ;

R_1 la résistance thermique (de la partie) de la couche d'isolation qui est traversée par la fixation mécanique ($R_1 = d_1/\lambda_{ins}$), en m².K/W ;

$R_{T,h}$ la résistance thermique totale de l'élément de construction, sans tenir compte d'un pont thermique quelconque, en m².K/W, calculée selon le § 6.1.

NOTE Dans le cas de crochets de mur, le terme correctif ΔU_f ne doit pas être appliqué dans les cas suivants :

- crochets de mur dans des vides non isolés ;
- crochets de mur dont la conductivité thermique (λ_f) est inférieure à 1 W/(m.K) (ex. matière synthétique).

Valeurs par défaut pour les crochets de mur (en cas de murs creux maçonnés) :

Pour les crochets de mur il est toujours permis d'utiliser les valeurs par défaut suivantes :

- le nombre de crochets de mur par m² : $n_f = 5\ m^{-2}$;
- la section d'un crochet de mur : $A_f = 1,3.10^{-5}$ m² (∅ 4 mm) ;
- la conductivité thermique du matériau du crochet de mur : $\lambda_f = 50$ W/(m.K) (acier) ;
- la longueur du crochet de mur est égale à l'épaisseur de la couche d'isolation : $d_1 = d_{ins}$.

7.2.4 Procédure de correction pour les toitures inversées

7.2.4.1 Généralités

Dans le cas de toitures inversées, où la membrane d'étanchéité est située sous la couche d'isolation, un terme correctif ΔU_r doit être calculé afin de tenir compte de l'impact de l'eau de pluie qui s'écoule entre la couche d'isolation et la membrane. Cette procédure corrective doit en principe être seulement appliquée pour le calcul du transfert thermique et non pour le calcul des besoins pour le refroidissement. Dans le cadre de la réglementation PEB on peut toujours (même pour les surchauffes et les calculs des besoins pour le refroidissement) faire les calculs avec la valeur corrigée. La procédure suivante est d'application uniquement pour les couches d'isolation composées de polystyrène extrudé (XPS).

7.2.4.2 Correction par suite de l'écoulement d'eau entre l'isolation et la membrane d'étanchéité

Le terme correctif ΔU_r à utiliser, qui tient compte du transfert thermique supplémentaire résultant de l'écoulement d'eau de pluie sous la couche d'isolation dans des toitures inversées, est calculé selon la formule :

Eq. 13 $$\Delta U_r = p.f.x \cdot \left[\frac{R_1}{R_T}\right]^2 \quad \text{W/(m}^2\text{.K)}$$

avec :

p la quantité moyenne des précipitations pendant la saison de chauffe, en mm/jour ;

f un facteur de drainage, caractérisant la fraction moyenne de pluie qui atteint la membrane, (-) ;

x un facteur qui caractérise le transfert de chaleur accru par suite de l'écoulement d'eau de pluie sous la couche d'isolation, en W.jour/(m².K.mm) ;

R_1 la valeur corrigée de la résistance thermique de la couche d'isolation XPS (R_{XPS}) afin de tenir compte d'une augmentation du taux d'humidité par diffusion, en m².K/W ;

R_T la résistance thermique totale du toit, sans tenir compte d'une correction quelconque, en m².K/W.

Le terme correctif ΔU_r est arrondi à deux décimales. Les valeurs inférieures à 0,01 W/(m².K) sont négligées.

Valeurs par défaut pour les toitures inversées :

Pour les toitures inversées avec XPS les paramètres suivants sont fixés :

- Quantité de précipitations : p = 2,0 mm/jour
- Facteurs de correction pour le transfert de chaleur par précipitations :
  - f.x = 0,04 W.jour/(m².K.mm) pour les plaques avec bords droits et lest ouvert comme le gravier, les briques, ou une couche de finition appliquée en usine ;
  - f.x = 0,03 W.jour/(m².K.mm) pour les plaques avec rainures et lest ouvert (comme le gravier, les briques) ou couche de finition appliquée en usine ;
  - f.x = 0,02 W.jour/(m².K.mm) pour toit vert ou jardin sur toit (en attente de chiffres précis).
- Résistance thermique corrigée des plaques XPS :
  - $R_1 = R_{XPS}/1,023$ (pour lest ouvert comme le gravier, les briques ou une couche de finition appliquée en usine)
  - $R_1 = R_{XPS}/1,069$ (pour toit vert ou jardin sur toit)

    où R_{XPS} est calculé selon le § 5.2.

7.3 Correction de la valeur R pour une isolation en PUR projetée in situ

En raison de la difficulté de déterminer une épaisseur exacte, la résistance thermique R_{PUR} d'une couche d'isolation en PUR projeté est calculée comme suit :

Eq. 14 $$R_{PUR} = a.\left(\frac{d_{PUR}}{\lambda_{Ui,PUR}}\right)$$ m².K/W

où :

R_{PUR} la résistance thermique corrigée de l'isolation PUR projetée in situ, en m².K/W ;

d_{PUR} l'épaisseur de la couche d'isolation PUR projetée, en m ;

$\lambda_{Ui,PUR}$ la conductivité thermique (valeur de calcul) de l'isolation PUR projetée in situ, en W/(m.K), déterminée selon l'annexe A ;

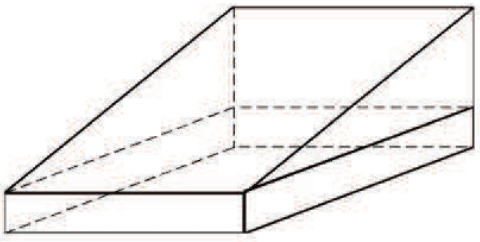
a un terme correctif, (-), égal à :
- a = 0,925 (application pour plancher),
- a = 0,850 (pour toute autre application).

7.4 Valeur U d'un élément de construction d'épaisseur variable

7.4.1 Méthode générale

Dans le cas d'éléments de construction composés de formes irrégulières et/ou de couches de construction d'épaisseur variable (Figure [5]), la résistance thermique totale de l'élément de construction varie sur toute sa surface, c'est la raison pour laquelle une valeur U moyenne doit être déterminée pour l'ensemble de l'élément. Une méthode de détermination simplifiée consiste à négliger la résistance de la couche d'épaisseur variable, voir le § 7.4.4.

Figure [5] : Élément de construction comprenant une couche inclinée

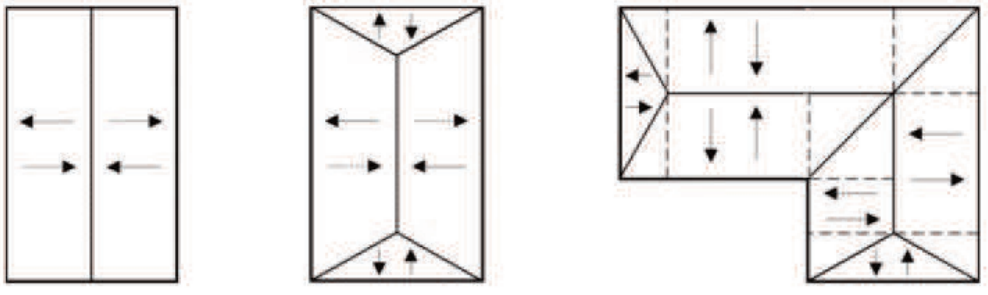


La valeur U moyenne de tels éléments de construction est déterminée comme suit :

- L'ensemble de l'élément est d'abord décomposé en éléments partiels qui correspondent à la forme et à l'inclinaison des trois formes de bases montrées au § 7.4.2 (un exemple d'une telle décomposition est illustré dans la Figure [6] pour plusieurs toits) ;
- ensuite, pour chaque élément partiel (correspondant à une forme de base déterminée et ayant une surface propre), une valeur U est calculée sur la base des formules données au § 7.4.3 ;
- pour finir, la valeur U est calculée pour l'ensemble de l'élément de construction comme la valeur U moyenne pondérée par la surface de tous les éléments partiels considérés.

NOTE Cette méthode de travail est valable pour les couches de construction dont l'inclinaison n'est pas supérieure à 5%, sinon un calcul numérique doit être pratiqué.

Figure [6] : Exemples de décompositions de toitures en éléments de toiture individuels



→ ↑ ← ↓ : indiquent la direction de l'inclinaison (toutes les directions sont possibles)

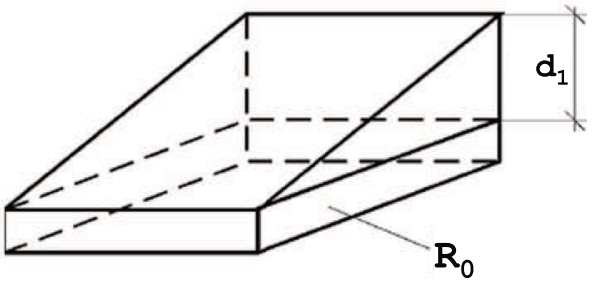
------ : décomposition de la toiture en éléments partiels avec une base rectangulaire ou triangulaire

7.4.2 Décomposition en formes de base

Des éléments de construction avec des parties ou des couches inclinées peuvent être décomposés en trois formes de base selon la forme de la projection au sol et la direction de l'inclinaison :

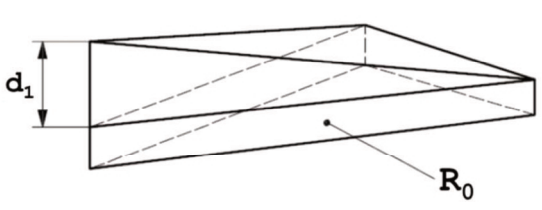
- un élément de construction ayant une base rectangulaire, constitué d'une partie qui contient une ou plusieurs couches de construction planes (avec une résistance thermique totale R_0) et une partie contenant une couche de construction inclinée (dont l'épaisseur varie entre 0 et d_1 au maximum) ;

Figure [7] : Élément de construction rectangulaire, composé d'une partie inclinée et d'une partie (restante) plane

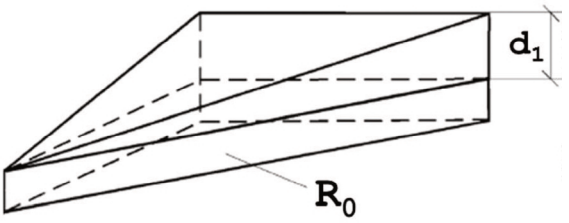


- un élément de construction ayant une base triangulaire, constitué d'une partie contenant une ou plusieurs couches de construction planes (avec une résistance thermique totale R_0) et une partie contenant une couche de construction inclinée, dont soit la partie la plus épaisse (épaisseur d_1) se situe à l'angle de pointe (Figure [8] - gauche) soit la partie la plus mince (épaisseur 0) (Figure [8] – droite).

Figure [8] : Éléments de construction avec base triangulaire, composés d'une partie inclinée et d'une partie plane (restante)



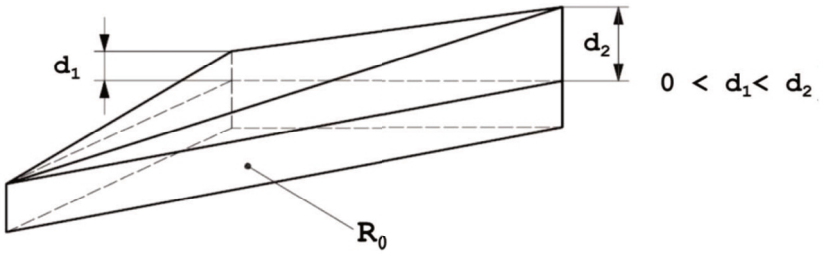
(partie la plus épaisse à l'angle de pointe)



(partie la plus mince à l'angle de pointe)

- un élément de construction ayant une base triangulaire, constitué d'une partie contenant une ou plusieurs couches de construction planes (avec une résistance thermique totale R0) et une partie contenant une couche de construction inclinée, où chaque pointe à une épaisseur différente (respectivement épaisseur 0, épaisseur d1 pour l'intermédiaire et épaisseur d_2 pour la maximale) (Figure [9]).

Figure [9] : Éléments de construction avec base triangulaire, composés d'une partie inclinée (avec épaisseurs différentes à chaque pointe) et d'une partie plane (restante)



7.4.3 Détermination de la valeur U pour chaque forme de base

La détermination de la valeur U, pour chacune des trois formes de base précitées, peut être réalisée selon les formules suivantes :

- pour les éléments de construction avec base rectangulaire :

Eq. 15 $$U = \frac{1}{R_1}.\ln\left[1 + \frac{R_1}{R_0}\right]$$ W/(m².K)

- pour les éléments de construction avec base triangulaire :
  - partie la plus épaisse à l'angle de pointe :

Eq. 16 $$U = \frac{2}{R_1}.\left[\left(1 + \frac{R_0}{R_1}\right).\ln\left(1 + \frac{R_1}{R_0}\right) - 1\right]$$ W/(m².K)

  - partie la plus mince à l'angle de pointe :

Eq. 17 $$U = \frac{2}{R_1}.\left[1 - \frac{R_0}{R_1}.\ln\left(1 + \frac{R_1}{R_0}\right)\right]$$ W/(m².K)

avec :

R_1 la résistance thermique maximale de la partie inclinée de la couche de construction, en m².K/W, (avec épaisseur = 0 à un des côtés ou à l'angle de pointe), égale à d_1/λ_1, dans laquelle d_1 [m] = épaisseur maximale de la partie inclinée de la couche de construction (voir Figure [7] et Figure [8]) et λ_1 [W./mK] = conductivité thermique de cette couche ;

R_0 la résistance thermique totale de l'ensemble de l'élément, en m².K/W, calculée d'environnement à environnement (y compris R_{si} et R_{se}), mais en excluant la résistance thermique de la partie inclinée de la couche de construction (R_1).

- pour les éléments de construction avec base triangulaire et épaisseurs différentes aux angles (Figure [9]) :

Eq. 18

$$U = 2.\left[\frac{R_0.R_1.\ln\left(1+\frac{R_2}{R_0}\right) - R_0.R_2.\ln\left(1+\frac{R_1}{R_0}\right) + R_1.R_2.\ln\left(\frac{R_0+R_2}{R_0+R_1}\right)}{R_1.R_2.(R_2-R_1)}\right] \quad W/(m^2.K)$$

avec :

R_1 la résistance thermique de la partie inclinée de la couche de construction à l'angle de pointe avec l'épaisseur intermédiaire d_1 [m], en m².K/W, égale à $R_1 = d_1/\lambda_t$, dans laquelle λ_t est la conductivité thermique de cette couche, en W/(m.K) ;

R_2 la résistance thermique maximale de la partie inclinée de la couche de construction avec l'épaisseur maximale d_2 [m], en m².K/W, égale à $R_2 = d_2/\lambda_t$, dans laquelle λ_t est la conductivité thermique de cette couche, en W/(m.K) ;

R_0 la résistance thermique totale de l'ensemble de l'élément, en m².K/W, calculée d'environnement à environnement (y compris R_{si} et R_{se}), mais en excluant la résistance thermique de la partie inclinée de la couche de construction (R_1 et/ou R_2).

7.4.4 Détermination simplifiée

La détermination simplifiée de la valeur U des éléments de construction avec épaisseur variable consiste à négliger la résistance thermique R_1 de la partie inclinée de la couche de construction à épaisseur variable et de prendre uniquement en compte le terme R_0.

8 Détermination du coefficient de transmission thermique des fenêtres, portes et portes de garage

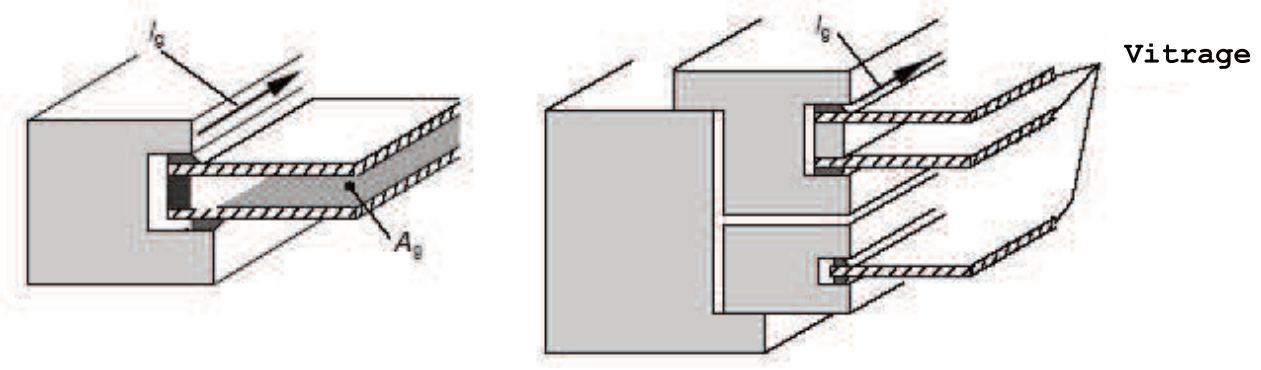
8.1 Caractéristiques géométriques des fenêtres et des portes

8.1.1 Aire des composants des fenêtres et des portes

La surface vitrée A_g ou la surface du panneau opaque de remplissage A_p d'une fenêtre ou d'une porte est la plus petite des surfaces visibles, vue des deux côtés, comme illustré à la Figure [10].

La surface A_g des vitrages, la surface A_p des panneaux de remplissage opaques, la surface A_f des profils de fenêtres et la surface A_r des grilles de ventilation sont déterminées comme la surface visible projetée sur la surface[1] des vitrages ou des panneaux de remplissage opaques.

Figure [10] : Illustration de la surface du vitrage et du périmètre



Si les surfaces projetées côté intérieur et côté extérieur sont différentes, la limite entre les différents composants doit être déterminée suivant les règles conventionnelles suivantes :

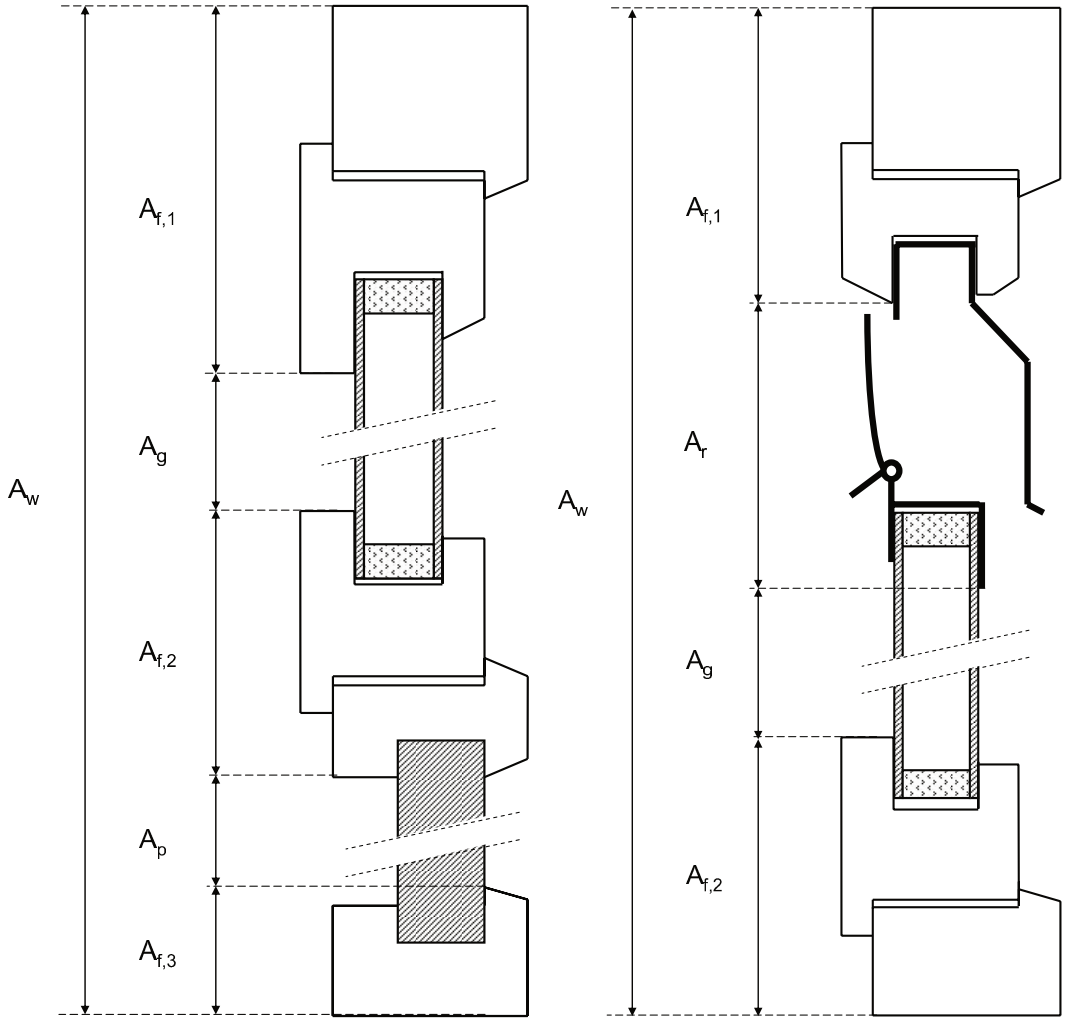
- la limite entre un profil de fenêtre et n'importe quel autre composant doit être choisie de telle sorte que la surface projetée du profil de fenêtre soit aussi grande que possible ;
- la limite entre une grille de ventilation et un panneau de remplissage opaque ou un vitrage doit être choisie de telle sorte que la surface projetée de la grille de ventilation soit aussi grande que possible ;
- la limite entre un panneau de remplissage opaque et un vitrage doit être choisie de telle sorte que la surface projetée du panneau de remplissage opaque soit aussi grande que possible.

Les limites ainsi déterminées délimitent les surfaces conventionnelles de chaque composant, comme illustré à la Figure [11].

NOTE Ces règles ont pour conséquence que la somme des surfaces individuelles de chaque composant est égale à la surface totale de la fenêtre.

[1] Dans les cas (rares) des vitrages ou des panneaux de remplissage opaques courbes, les projections doivent se faire sur la surface extérieure courbe du vitrage ou du panneau. Au besoin, la surface de projection sera étendue aux bords tangentiels.

Figure [11] : Illustrations de la détermination des surfaces de différents composants



8.1.2 Périmètre visible du vitrage

Le périmètre total du vitrage (l_g) ou du panneau de remplissage (l_p) est la somme des périmètres visibles des panneaux vitrés (ou des panneaux de remplissage) de la fenêtre ou de la porte. Si les périmètres sont différents du côté intérieur et du côté extérieur du vitrage ou du panneau de remplissage, c'est la plus grande valeur des deux qui doit être retenue (voir Figure [10]).

8.1.3 Surfaces des encadrements

Les définitions des surfaces des encadrements sont données ci-dessous (voir Figure [12]) :

$A_{f,i}$ la surface projetée de l'encadrement du côté intérieur), en m², égale à la surface de la projection de l'encadrement côté intérieur, y compris le cadre ouvrant si présent, sur un plan parallèle au vitrage ;

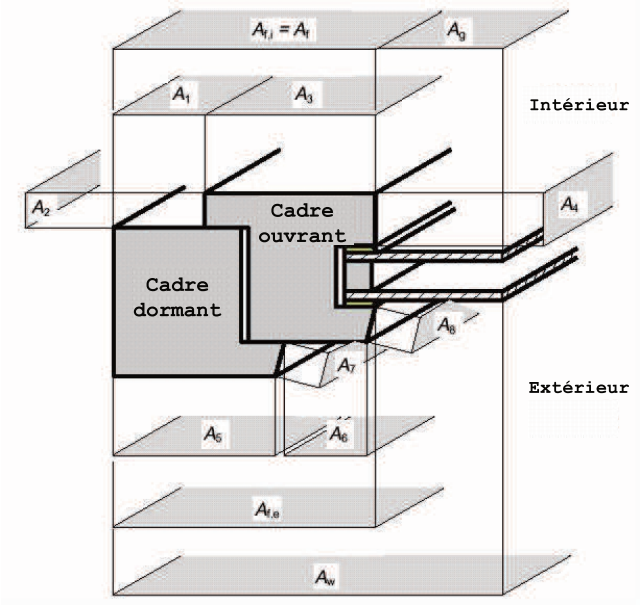
$A_{f,e}$ la surface projetée de l'encadrement du côté extérieur), en m², égale à la surface de la projection de l'encadrement côté extérieur, y compris le cadre ouvrant si présent, sur un plan parallèle au vitrage ;

A_f la surface de l'encadrement, en m², déterminée suivant les conventions définis au § 8.1.1 ;

$A_{d,i}$ la surface développée de l'encadrement du côté intérieur), en m², égale à la surface de l'encadrement y compris le cadre ouvrant si présent, en contact avec l'air intérieur – voir Figure [13] ;

$A_{d,e}$ la surface développée de l'encadrement du côté extérieur), en m², égale à la surface de l'encadrement, y compris le cadre ouvrant si présent, en contact avec l'air extérieur – voir Figure [13].

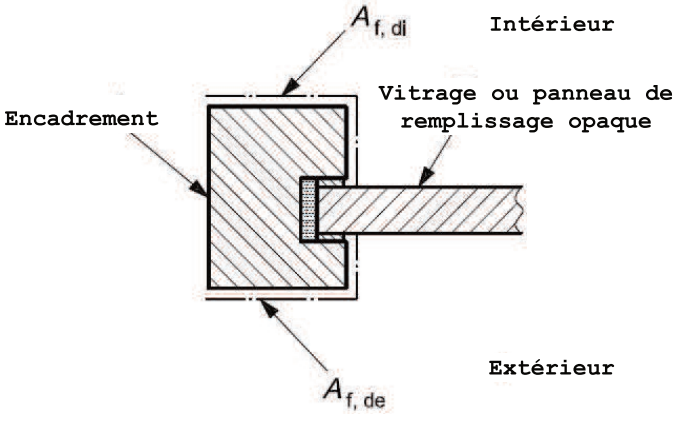
Figure [12] : Illustration des différentes surfaces



$A_f = \max(A_{f,i} ; A_{f,e})$
$A_w = A_f + A_g$

$A_{d,i} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$
$A_{d,e} = A_5 + A_6 + A_7 + A_8$

Figure [13] : Surfaces développées des encadrements



8.1.4 Surface de la fenêtre ou de la porte

La surface d'une fenêtre (ou d'une porte) A_w (A_D) est la somme de la surface A_f de l'encadrement et de la surface A_g du vitrage (et/ou de la surface A_p du panneau et/ou de la surface A_r de la grille de ventilation)(voir Figure [12]). La surface de l'encadrement A_f comprend aussi bien la surface du cadre dormant que celle du cadre ouvrant.

NOTE Lors de la détermination du coefficient de transfert thermique par transmission H_T, les pertes par transmission au travers des portes et fenêtres sont calculées sur la base des surfaces des ouvertures de jour (voir le § 12.2.2.1).

8.2 Procédure générale pour la détermination de la valeur U des fenêtres, portes et portes de garage

Le coefficient de transmission thermique d'une fenêtre (U_w) ou d'une porte ou d'une porte de garage (U_D) est déterminé pour la situation avant la pose (fenêtre "nue" ou porte (de garage) "nue") d'une des façons suivantes :

- soit (pour les fenêtres et les portes) par des essais selon la NBN EN ISO 12567-1 (ou NBN EN ISO 12567-2 pour les fenêtres de toit). Les essais doivent être réalisés sur exactement la même fenêtre (ou exactement la même porte) avec les mêmes dimensions et les mêmes composants ;
- soit (pour les portes de garage) par un calcul suivant la NBN EN 12428. Le calcul doit être effectué sur une porte de dimensions et de composition identiques ;
- soit au moyen d'un calcul (simplifié) ou de valeurs par défaut comme décrit ci-dessous.

Si les fonctions de profil de fenêtre et de grille de ventilation sont intégrées dans un seul et même élément, alors, par convention, ce composant unique est considéré comme une grille de ventilation.

8.3 Cas de base : Valeur U de fenêtres simples ou de portes

Les fenêtres simples[2] ou les portes ordinaires sont constituées d'un cadre dormant avec un vitrage et/ou d'un (de) cadre(s) dormant(s) et d'un (de) cadre(s) ouvrant(s) dans lequel (lesquels) le vitrage se trouve (voir Figure [14]).

Plusieurs vitrages peuvent aussi faire partie d'une même fenêtre (porte) ou se trouver à l'intérieur d'un même cadre dormant. Éventuellement, des panneaux de remplissage opaques et des équipements d'alimentation en air de ventilation peuvent également faire partie d'une fenêtre ou d'une porte.

[2] La signification de "simple" doit être comprise en opposition à "fenêtres doubles" et "fenêtres à vantaux dédoublés" : voir paragraphes suivants.

Figure [14] : Illustration d'une fenêtre ou porte simple



Le coefficient de transmission thermique d'une fenêtre (U_w) ou d'une porte (U_D) ayant des dimensions connues et pourvue de parties vitrées et/ou de panneaux de remplissages opaques et/ou de grilles de ventilation, est généralement calculé au moyen de la formule suivante :

Eq. 19
$$U_w(\text{ou } U_D) = \frac{A_g.U_g + A_f.U_f + A_p.U_p + A_r.U_r + l_g.\Psi_g + l_p.\Psi_p}{A_g + A_f + A_p + A_r} \quad W/(m^2.K)$$

avec :

U_g la valeur U du vitrage, en W/(m².K), calculée selon le § 9.1 ;

U_f la valeur U de l'encadrement, en W/(m².K), calculée le § selon le § 9.2 ;

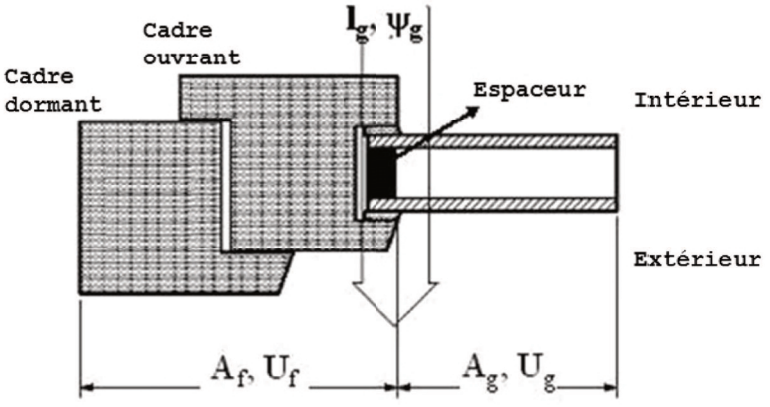
U_p la valeur U du panneau de remplissage opaque, en W/(m².K), calculée selon le § 9.3 ;

U_r la valeur U de la grille de ventilation, en W/(m².K), calculée selon le § 9.4 ;

Ψ_g le coefficient de transmission thermique linéique tenant compte des effets combinés du vitrage, de l'intercalaire et de l'encadrement (voir Figure [15]), en W/(m.K), calculé selon le § 9.5 ;

Ψ_p le coefficient de transmission thermique linéique tenant compte des effets combinés du panneau de remplissage, de l'intercalaire et de l'encadrement, en W/(m.K), calculé selon le § 9.5.

Figure [15] Effet du vitrage, intercalaire et encadrement



NOTE 1 Dans le cas du vitrage simple le terme ($l_g.\Psi_g$) de l'Eq. 19 disparaît puisque l'effet de l'intercalaire est inexistant.

NOTE 2 L'Eq. 19 peut aussi être utilisée pour les fenêtres constituées de plusieurs types de vitrages, encadrements, panneaux de remplissage ou grilles de ventilation (ayant une valeur U et une surface propre). Pour les composants impliqués, les termes correspondants sont, dans ce cas, à lire dans le numérateur et le dénominateur comme des sommes. (ex. $\Sigma A_f.U_f$, ΣA_f).

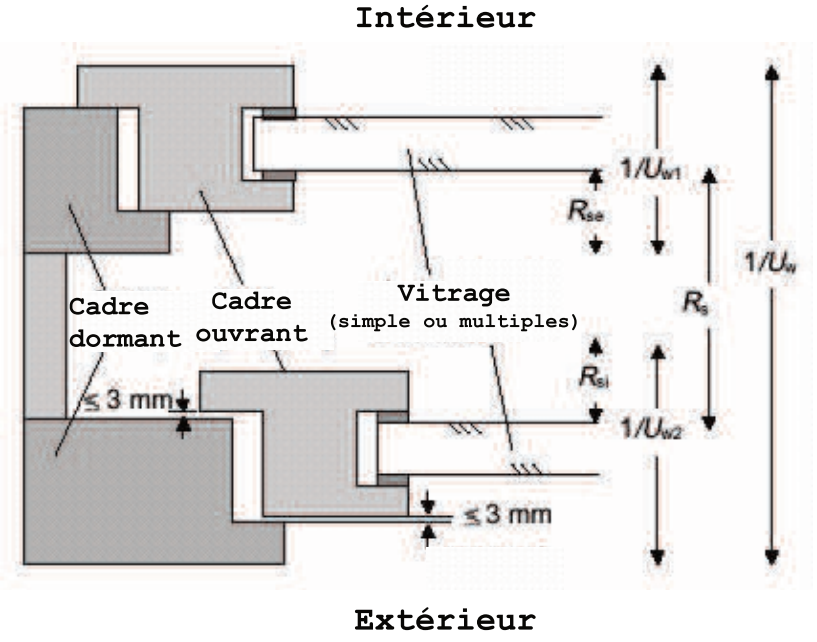
Si, par simplification, pour déterminer U_w (ou U_D) pour les composants impliqués, on n'utilise qu'une seule valeur U, alors il faut adopter la valeur la plus défavorable (la plus élevée). La valeur Ψ correspondante doit alors être déterminée sur base de cette valeur U.

NOTE 3 Une détermination simplifiée de la valeur U des fenêtres et des portes peut être adoptée en respectant les conditions données au § 8.5.

8.4 Cas spécifiques

8.4.1 Doubles fenêtres

Figure [16] : Illustration d'une double fenêtre



La valeur U_w d'une double fenêtre, c.-à-d. un système où deux fenêtres séparées sont placées parallèlement dans une même ouverture de jour (voir Figure [16]), est calculée de la manière suivante :

Eq. 20
$$U_w = \frac{1}{\frac{1}{U_{w1}} - R_{se} + R_s + \frac{1}{U_{w2}} - R_{si}} \quad \text{W/(m}^2\text{.K)}$$

avec :

U_{w1} U_{w2} les valeurs U respectivement de la fenêtre intérieure et de la fenêtre extérieure, en W/(m².K), calculées selon l'Eq. 19 ;

R_{si} la résistance thermique d'échange à la surface intérieure de la fenêtre extérieure, en m².K/W, calculée suivant le § 8.4.3 ;

R_{se} la résistance thermique d'échange à la surface extérieure de la fenêtre intérieure, en m².K/W, calculée suivant le § 8.4.3 ;

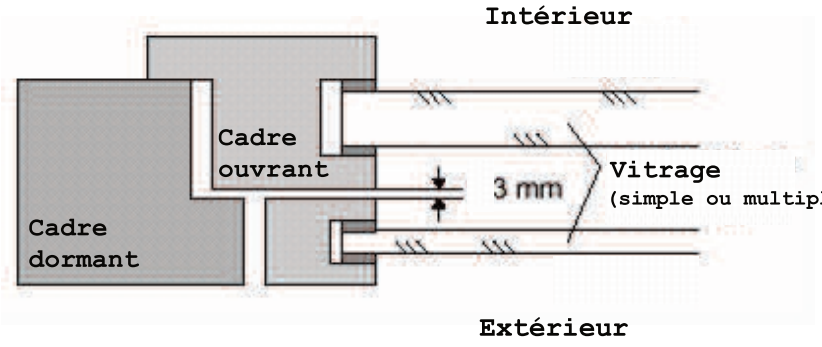
R_s la résistance thermique de la lame d'air comprise entre les deux fenêtres, en m².K/W, déterminée selon le § 8.4.4.

NOTE La méthode n'est pas d'application si l'espace entre les deux fenêtres est fortement ventilé par de l'air extérieur à la suite de trop grandes

fentes d'air (inétanchéités) au niveau des raccordements de la fenêtre extérieure. A cette fin, les fentes d'air ne peuvent pas être supérieures à 3 mm (voir Figure [16]), sinon la méthode de calcul pour les couches d'air fortement ventilées est appliquée (voir le § 5.4.2.4).

8.4.2 Vantaux dédoublés

Figure [17] : Illustration d'une fenêtre à vantaux dédoublés



La valeur U_w d'une fenêtre à vantaux dédoublés constituée d'un cadre dormant et de deux ouvrants séparés (avec vitrages) et parallèles (voir Figure [17]), peut être calculée selon l'Eq. 19, mais dans laquelle la valeur combinée U_g des deux vitrages est calculée suivant :

Eq. 21
$$U_g = \frac{1}{\frac{1}{U_{g1}} - R_{se} + R_s + \frac{1}{U_{g2}} - R_{si}} \quad W/(m^2.K)$$

avec :

U_{g1} U_{g2} les valeurs U respectivement du vitrage intérieur et du vitrage extérieur, en W/(m².K), déterminées suivant le § 9.1 ;

R_{si} la résistance thermique d'échange à la surface intérieure du vitrage extérieur, en m².K/W, déterminée suivant le § 8.4.3 ;

R_{se} la résistance thermique d'échange à la surface extérieure du vitrage intérieur, en m².K/W, déterminée suivant le § 8.4.3 ;

R_s la résistance thermique de la lame d'air comprise entre les deux vitrages, en m².K/W, déterminée suivant le § 8.4.4.

NOTE Lorsque la fente d'air entre les deux profilés des cadres ouvrants est plus grande que 3 mm et qu'aucune mesure n'est prise pour éviter une ventilation excessive par l'air extérieur entre les deux vitrages, la méthode n'est plus d'application. Dans ce cas la méthode de calcul pour une couche d'air fortement ventilée est appliquée (voir le § 5.4.2.4).

8.4.3 Résistances thermiques d'échange

Pour les facteurs d'émission habituels ($\varepsilon_n \geq 0,8$) au niveau des surfaces intérieures et extérieures des fenêtres, portes ou vitrages, les valeurs des résistances thermique d'échange à la surface intérieure (R_{si}) et extérieure (R_{se}) doivent être prises du Tableau [1]. Pour les vitrages ayant une basse émissivité à la surface intérieure, on peut déterminer une valeur R_{si} suivant la procédure de calcul de la NBN EN 673.

8.4.4 Résistance thermique des couches d'air non ventilées dans les fenêtres doubles et dans les fenêtres à vantaux dédoublés

La résistance thermique R_s des couches d'air non ventilées qui se présentent dans les fenêtres doubles (voir le § 8.4.1) et dans les fenêtres à vantaux dédoublés (voir le § 8.4.2) est calculée selon la NBN EN ISO 10077-1 (annexe C).

8.4.5 Valeur U des fenêtres avec des volets fermés

8.4.5.1 Généralités

Des volets fermés à l'extérieur d'une fenêtre créent une résistance thermique supplémentaire (ΔR) qui correspond à la somme de la résistance thermique du volet lui-même (R_{sh}) et de la lame d'air comprise entre le volet et la fenêtre (R_s) (voir Figure [18]).

La résistance thermique totale U_{ws} de la combinaison fenêtre et volet fermé est donnée par :

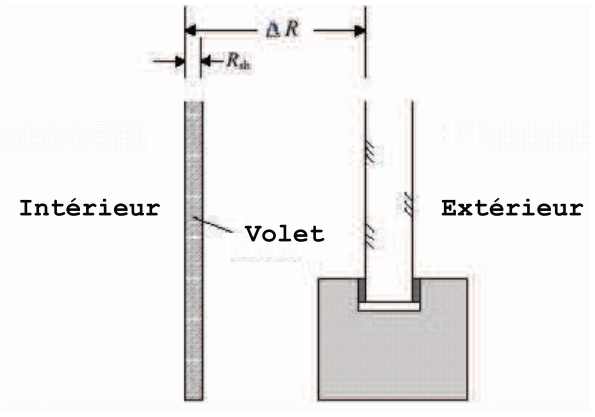
Eq. 22 $$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R}$$ W/(m².K)

avec :

U_w la valeur U de la fenêtre, calculée selon l'Eq. 19 ;

ΔR la résistance thermique supplémentaire, en m².K/W, déterminée selon le § 8.4.5.2.

Figure [18] : Fenêtre avec volet fermé



La résistance thermique supplémentaire est comptabilisée lors du calcul du niveau K et du niveau E selon les règles décrites au § 7.7.2 de l'annexe A.1 au présent arrêté. Pour l'évaluation de l'exigence U_{max} suivant l'annexe C.1 au présent arrêté, la résistance supplémentaire n'est pas considérée.

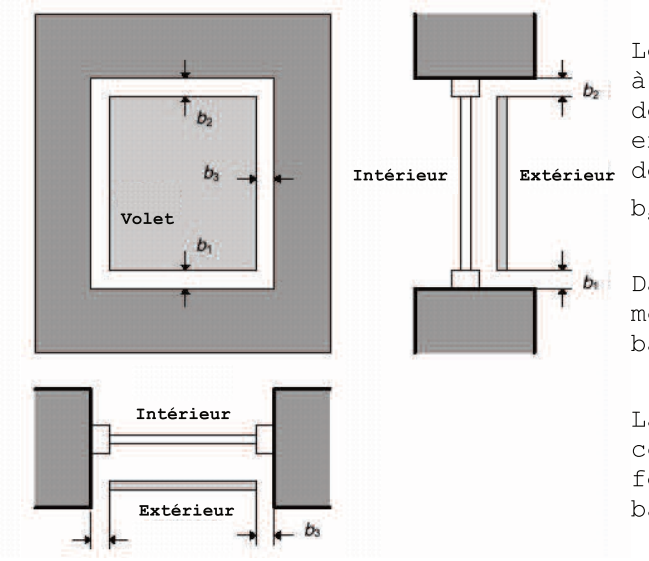
8.4.5.2 Résistance thermique supplémentaire avec les volets fermés

La résistance thermique additionnelle ΔR dont on doit tenir compte pour chiffrer l'effet des volets fermés est déterminée en fonction de la perméabilité à l'air des volets utilisés.

Cinq classes de perméabilité à l'air ont été définies à cet effet selon les critères du Tableau [3] et les définitions de la Figure [19].

NOTE Pour les pare-soleil, les jalousies, les persiennes, les stores vénitiens,… confectionnés en tissu ou constitués de lamelles ou d'autres matériaux souples ou flexibles et qui peuvent être placés du côté interne ou externe des fenêtres ou qui sont intégrés dans un vitrage multiple, les conditions de classe de perméabilité à l'air ainsi que les valeurs ΔR correspondantes sont données dans la NBN EN 13125. Cette norme donne également des méthodes de calcul pour les stores qui sont couverts avec une couche ayant une émissivité basse.

Figure [19] : Caractéristiques des ouvertures à l'air autour de volets fermés



Les critères relatifs à la perméabilité à l'air sont exprimés par b_{sh}, qui est défini comme la fente totale effective entre les bords du volet et les bords de l'ouverture de jour de la fenêtre :

$b_{sh} = b_1 + b_2 + b_3$ [mm]

Dans ce cas, b_1, b_2 et b_3 sont la moyenne des ouvertures des fentes en bas, en haut et à côté du volet.

La fente sur le côté du volet (b_3) n'est comptée qu'une seule fois parce que les fentes situées dans le haut et dans le bas ont une plus grande influence.

Tableau [3] : Résistance thermique additionnelle de la couche d'air et du volet fermé

Classe	Perméabilité à l'air du volet en position fermée	b_{sh} [mm]	ΔR m².K/W (1)
1	Perméabilité très élevée	$35 < b_{sh}$	0,08
2	Perméabilité élevée (le volet est lui-même étanche à l'air)	$15 < b_{sh} \leq 35$	$0,25 . R_{sh} + 0,09$
3	Perméabilité moyenne (le volet est lui-même étanche à l'air)	$8 < b_{sh} \leq 15$	$0,55 . R_{sh} + 0,11$
4	Perméabilité faible (le volet est lui-même étanche à l'air)	$b_{sh} \leq 8$	$0,80 . R_{sh} + 0,14$
5	Perméabilité très faible (le volet est lui-même étanche à l'air)	$b_{sh} \leq 3$ et $b_1+b_3 = 0$ ou $b_2+b_3 = 0$ (2) (3)	$0,95 . R_{sh} + 0,17$

(1) Les valeurs ΔR sont valables pour $R_{sh} < 0,3$ m²K/W (R_{sh} est la résistance thermique du volet même, déterminée selon le § 6 si celui-ci est d'application, selon la NBN EN ISO 10211 dans le cas d'un volet à composition hétérogène ou selon la NBN EN ISO 10077-2 dans le cas d'un élément profilé). Pour des volets inconnus il y a lieu de négliger la résistance : $R_{sh} = 0$ m²K/W.

(2) Ce cas suppose la présence de joints d'étanchéité autour d'au moins trois côtés du volet et que du côté restant la fente soit inférieure ou égale à 3 mm

(3) La classe 5 (perméabilité très faible) peut également être adoptée si une mesure du débit d'air au travers du volet fermé démontre que ce débit d'air n'est pas supérieur à 10 m³/h.m² (avec une différence de pression de 10 Pa – essai selon la NBN EN 12835). Des conditions supplémentaires pour la classe 5 sont disponibles dans la NBN EN 13125 par type de volet.

8.5 Détermination simplifiée de la valeur U et de la surface de vitrage des fenêtres

Pour un ensemble de fenêtres ayant un même type de vitrage, d'encadrement, de panneau de remplissage opaque et de grilles de ventilation et étant placées dans le même bâtiment, on peut adopter une seule valeur U_w moyenne ($U_{w,T}$). Celle-ci tient compte d'une proportion fixe entre la surface du vitrage et la surface du châssis ainsi que d'un périmètre fixe de la vitre ou des intercalaires.

Cette valeur $U_{w,T}$ et une valeur conventionnelle associée pour la surface totale de vitrage sont calculées (pour toutes les fenêtres de cet ensemble de fenêtres), selon le rapport de la valeur U du vitrage à celle de l'encadrement. Dans les équations Eq. 92 et Eq. 94, le premier terme correspond à la partie "vitrage et encadrement", le deuxième à la partie "grille de ventilation" et le troisième à la partie "panneau de remplissage" :

- si $U_g \leq U_f$:

Eq. 92 $$U_{w,T} = \left(0,7.U_g + 0,3.U_f + 3.\Psi_g\right) + \left(\frac{\sum A_r.(U_r - U_g)}{\sum A_{wd}}\right) + \left(\frac{\sum A_p.(U_p - U_g)}{\sum A_{wd}}\right) \quad W/(m^2.K)$$

Eq. 93 $$A_{g,T} = 0,7.\sum A_{wd} - \sum A_r - \sum A_p \quad m^2$$

- si $U_g > U_f$:

Eq. 94 $$U_{w,T} = \left(0,8.U_g + 0,2.U_f + 3.\Psi_g\right) + \left(\frac{\sum A_r.(U_r - U_f)}{\sum A_{wd}}\right) + \left(\frac{\sum A_p.(U_p - U_f)}{\sum A_{wd}}\right) \quad W/(m^2.K)$$

Eq. 95 $$A_{g,T} = 0,8.\sum A_{wd} \quad m^2$$

avec :

U_g le coefficient de transmission thermique du vitrage, en W/(m².K), (voir le § 9.1) ;

U_f le coefficient de transmission thermique de l'encadrement, en W/(m².K), (voir le § 9.2) ;

Ψ_g le coefficient de transmission thermique linéique, en W/(m.K), (voir le § 9.5) ;

U_r le coefficient de transmission thermique de la grille de ventilation, en W/(m².K), (voir le § 9.4) ;

ΣA_r la surface totale des grilles de ventilation présentes, en m² ;

U_p le coefficient de transmission thermique du panneau de remplissage, en W/(m².K), (voir le § 9.3) ;

ΣA_p la surface totale des panneaux de remplissage présents, en m² ;

ΣA_{wd} la surface totale des fenêtres (déterminée sur la base des surfaces des ouvertures de jour), en m².

NOTE 1 Dans un même bâtiment plusieurs ensembles de fenêtres peuvent être définis. Si, pour un des ensembles choisis, il faut appliquer une des détermination ($U_{w,T}$) simplifiées mentionnées ci-dessus, alors cette méthode doit être appliquée de manière systématique pour tous les autres ensembles de fenêtres.

NOTE 2 Si, lors de la détermination de $U_{w,T}$, certains composants montrent de légères variations de dimension (par exemple une largeur variable des encadrements), alors, pour faire simple, on peut utiliser pour ces composants une seule valeur U, à condition que la valeur la plus défavorable (la plus grande) soit prise en compte. La valeur Ψ correspondante doit alors être déterminée sur base de la valeur U.

8.6 Spécifications complémentaires et valeurs par défaut pour les portes opaques et les portes de garage opaques

Pour les portes et portes de garage avec des caractéristiques géométriques simples et qui sont exécutées dans des matériaux dont le rapport de leur conductivité thermique (valeurs λ) n'est pas supérieur à 1:5 (exceptés les clous et les vis), la valeur U_p (du panneau de la porte) est calculée selon l'Eq. 8, dans laquelle la valeur R_T correspondante est calculée selon l'Eq. 3 ou l'Eq. 4.

Il est toujours permis, pour les portes opaques et les portes de garage opaques, de faire le calcul avec la valeur par défaut du Tableau [4].

Tableau [4] : Valeur par défaut pour U_D, en W/(m².K), pour les portes opaques et les portes de garage opaques

	Portes en métal	**Portes en autres matériaux**
Portes non isolées	6,0	4,0
Portes isolées (1)	5,0	3,0

(1) au moins 70% de la surface totale de la porte est pourvue d'une isolation avec R_{min} = 0,4 m².K/W

9 Coefficient de transmission thermique des composants des fenêtres et des portes

9.1 Coefficient de transmission thermique des vitrages

Le coefficient de transmission thermique de la partie centrale d'un vitrage (valeur U_g) est déterminé d'après la NBN EN 673, la NBN EN 674 ou la NBN EN 675.

Les valeurs suivantes peuvent être utilisées comme valeur par défaut en fonction du type de vitrage :

- simple vitrage : 5,8 W/(m².K) ;
- double vitrage : 3,3 W/(m².K) ;
- triple vitrage : 2,3 W/(m².K).

9.2 Coefficient de transmission thermique des encadrements

Si la valeur U_f d'un profil de fenêtre déterminé n'est pas disponible, mais que l'on connaît la valeur U_f maximale de la famille à laquelle ce profil appartient, alors on peut utiliser pour ce profil la valeur U_f maximale.

9.2.1 Détermination générale

Le coefficient de transmission thermique des encadrements (U_f) peut être déterminé à partir :

- d'essais suivant la NBN EN 12412-2 ;
- de calculs numériques suivant la NBN EN ISO 10077-2 ;
- des valeurs simplifiées des tableaux de l'annexe D.

9.2.2 Détermination de la valeur U_f des encadrements des fenêtres de toiture

Dans le cas des fenêtres de toiture, la valeur U de l'encadrement (U_f) est déterminée comme suit :

- par essai conformément à la NBN EN 12412-2 ;
- par calcul numérique selon la NBN EN ISO 10077-2 ;
- à partir des valeurs simplifiées des tableaux de l'annexe D, à condition que la conversion ci-dessous soit appliquée.

Pour les fenêtres de toit, les valeurs de calcul U_f des tableaux de l'annexe D ne peuvent être directement reprises parce que ces tableaux ne sont valables que pour des encadrements posés verticalement (avec R_{si} = 0,13). Pour les fenêtres de toiture placées horizontalement ou inclinées (sous un angle compris entre 0° et 60°), R_{si} = 0,10 (selon le Tableau [1]) et la correction suivante peut être appliquée de façon simplifiée :

Eq. 25
$$U_{f,r} = \frac{1}{\frac{1}{U_f} - 0,03} \quad \text{W/(m}^2\text{.K)}$$

avec :

$U_{f,r}$ la valeur U_f corrigée de l'encadrement de la fenêtre de toiture, en W/(m².K) ;

U_f la valeur simplifiée U_f de l'encadrement, en W/(m².K), déterminée selon les valeurs des tableaux de l'annexe D.

NOTE Les valeurs $U_{f,r}$ déterminées selon l'Eq. 25 sont 5 à 18% supérieures aux valeurs U_f d'un encadrement posé verticalement.

9.3 Coefficient de transmission thermique de panneaux opaques (U_p)

Lorsque les panneaux opaques sont formés de couches parallèles (ex. deux panneaux de verre, de matière synthétique ou de métal, entre lesquels se trouve un matériau d'isolation), alors le coefficient de transmission thermique (U_p) de la partie centrale du panneau de remplissage est calculé suivant les chapitres § 6 et § 7.

Pour des géométries plus complexes le coefficient de transmission thermique est calculé selon la NBN EN ISO 10211.

9.4 Coefficient de transmission thermique des grilles de ventilation (U_r)

Les grilles de ventilation qui sont incluses dans une fenêtre ou qui sont placées autours d'un encadrement (c.-à-d. au-dessus, en-dessous ou à côté), sont considérées comme faisant partie de la fenêtre d'un point de vue thermique et constructif lors de la détermination de la valeur U_w de la fenêtre suivant § 8.3 et § 8.5.

Le coefficient de transmission thermique (U_r) d'une grille de ventilation (obturable) est déterminé comme suit :

- expérimentalement d'après la NBN EN 12412-2 ;
- ou calculé suivant la NBN EN ISO 10077-2.

Lors de la détermination de la valeur U, la grille de ventilation est considérée par convention dans sa position fermée.

Comme valeur par défaut, on a U_r = 6,0 W/(m².K) (toutes les grilles)

9.5 Coefficient de transmission thermique linéique (valeur Ψ)

Les coefficients de transmission thermique linéique (valeurs Ψ) des jonctions entre les encadrements, les meneaux, les vitrages, les panneaux et les grilles de ventilation peuvent être déterminés avec précision au départ d'un calcul numérique suivant la NBN EN ISO 10077-2 ou d'un essai selon la NBN EN 12412-2.

Pour la jonction entre le vitrage et l'encadrement on peut, si aucune information précise n'est connue, utiliser pour les valeurs Ψ les valeurs par défaut qui sont mentionnées dans les tableaux de l'annexe E.

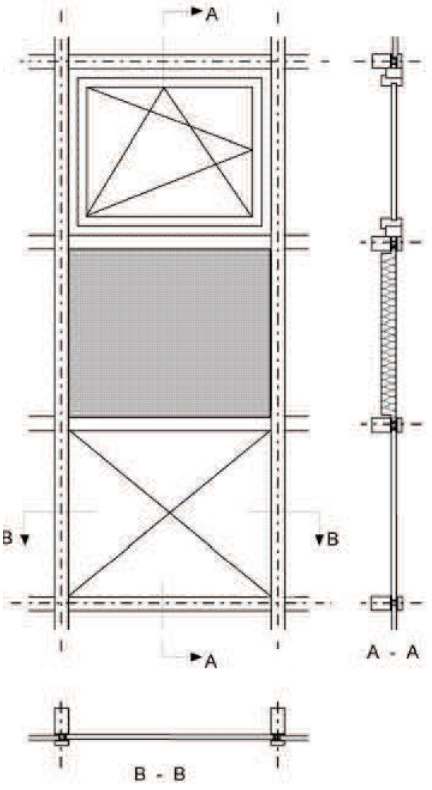
Dans le cas de panneaux de remplissage opaques thermiquement raccordés aux bords du panneau par un intercalaire moins isolant, la valeur Ψ doit être calculée de la même manière que pour un vitrage. Dans le cas contraire, Ψ_p peut être considéré égal à 0.

10 Coefficient de transmission thermique des façades légères

10.1 Généralités

Les façades légères, connues aussi sous le nom de murs rideaux, consistent en une combinaison de vitrages, d'encadrements et de panneaux opaques, assemblés dans un cadre séparé pour former un module. Un exemple d'une telle structure est donné à la Figure [20].

Figure [20] : Module d'une façade légère (mur rideau)



En raison de l'utilisation possible de nombreux matériaux pouvant être liés entre eux de diverses manières, le risque de présence de ponts thermiques dans ces façades légères est très grand. La détermination du coefficient de transmission thermique de ces façades doit donc aussi tenir compte de l'influence des ponts thermiques, qui se manifestent non seulement au niveau des jonctions entre vitrages, panneaux de remplissage et encadrements, mais également au niveau des jonctions entre les modules eux-mêmes.

La détermination du coefficient de transmission thermique U_{cw} est effectuée par module :

- soit selon des essais suivant la NBN EN ISO 12567-1 ;
- soit selon des calculs numériques précis (§ 10.3) ;
- soit en appliquant la méthode des composants (§ 10.4).

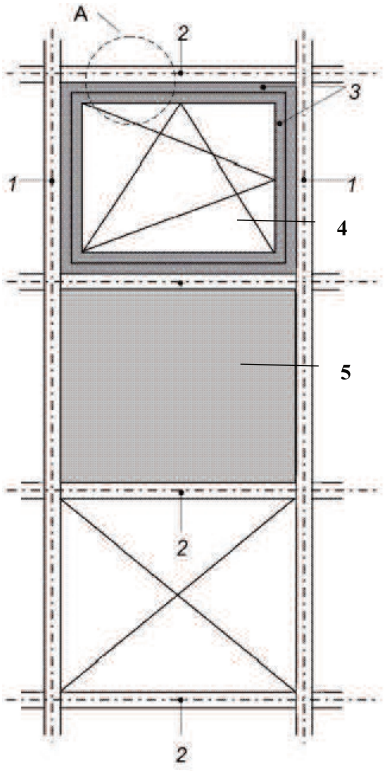
NOTE Les deux premières méthodes de détermination peuvent être utilisées sans limite pour tous les types de façades légères.

10.2 Caractéristiques constructives des façades légères

10.2.1 Eléments constitutifs et conditions de bord

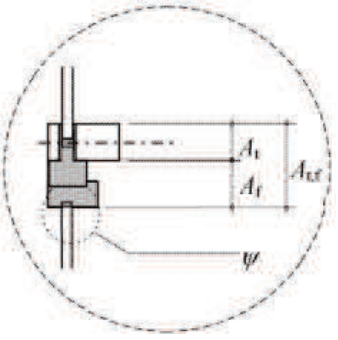
Les éléments constitutifs d'un module de façade légère sont représentés schématiquement à la Figure [21].

Figure [21] : Éléments constitutifs d'un mur rideau



1 : meneau
2 : traverse
3 : ouvrant et encadrement
4 : vitrage
5 : panneau

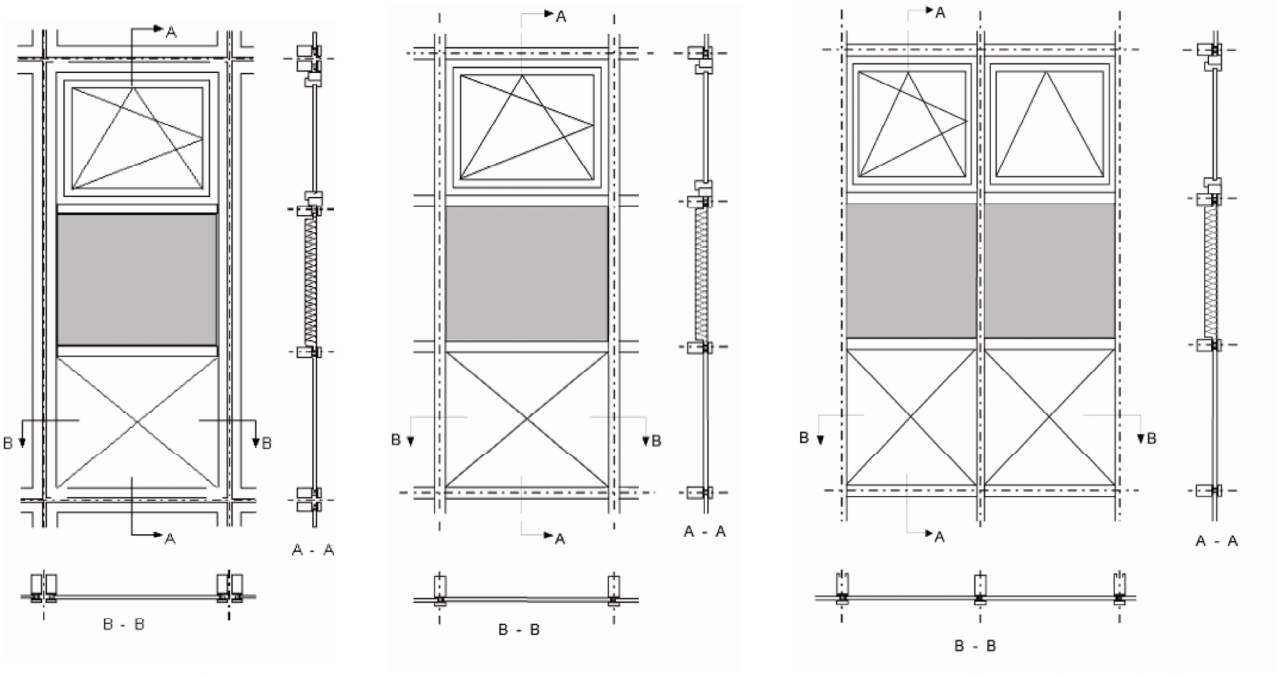
Section A



- A_t (m²) : surface projetée de la traverse
- A_f (m²) : surface projetée de l'encadrement

La délimitation des lignes de séparation entre les divers modules d'une façade légère dépend du type de façade légère, comme illustré à la Figure [22].

Figure [22] : Délimitation des surfaces des modules d'une façade légère



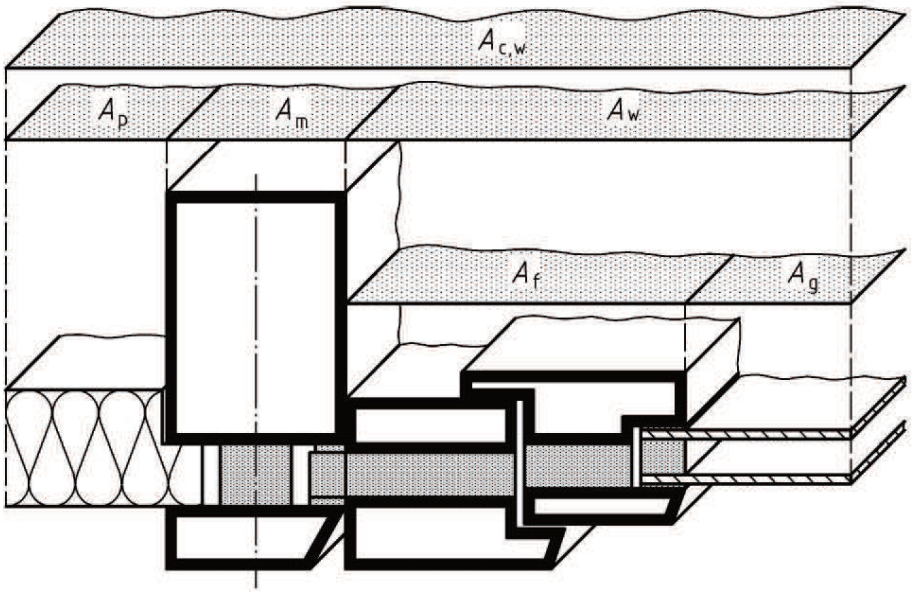
Type 1 Type 2 Types 1 et 2 combinés

10.2.2 Définition des surfaces et du périmètre

Pour chaque module d'une façade légère, les surfaces de tous les éléments constitutifs nécessaires pour le calcul (vitrage, ouvrant, dormant, panneau, traverse et meneau) sont déterminées comme les surfaces projetées, comme représenté schématiquement à la Figure [23]. Ces surfaces peuvent différer selon qu'elles sont déterminées à partir du côté extérieur ou du côté intérieur. C'est pourquoi les conventions suivantes sont en vigueur :

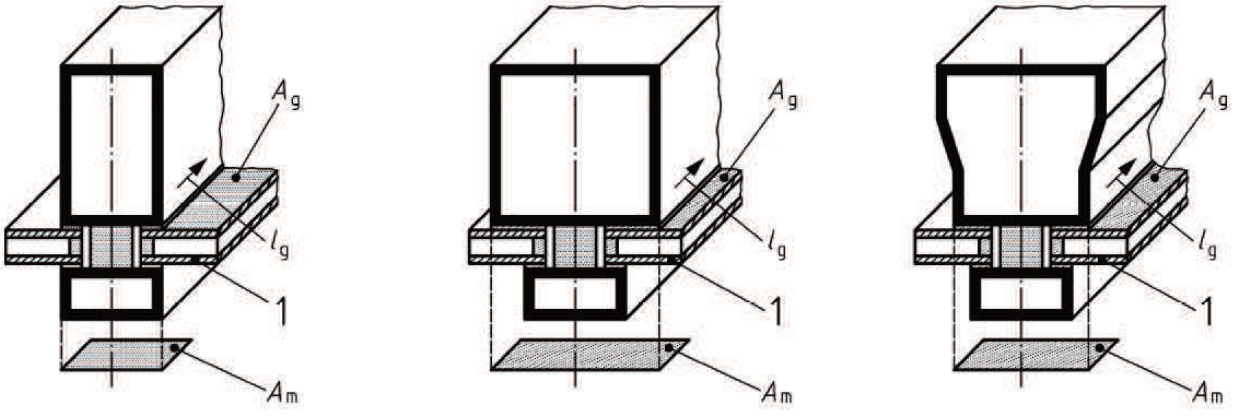
- pour les vitrages et les panneaux opaques il faut utiliser la plus petite des surfaces visibles de chaque côté ;
- pour tous les autres éléments (encadrements, meneaux et traverses), la plus grande des surfaces vues de chaque côté, doit être utilisée pour le calcul.

Figure [23] : Illustration des surfaces projetées d'une façade légère



Si le périmètre d'un vitrage, l_g, ou d'un panneau opaque, l_p, est différent de chaque côté, le périmètre est défini par l'interface entre la surface (cf. ci-dessus) du vitrage et de l'encadrement (voir Figure [24]).

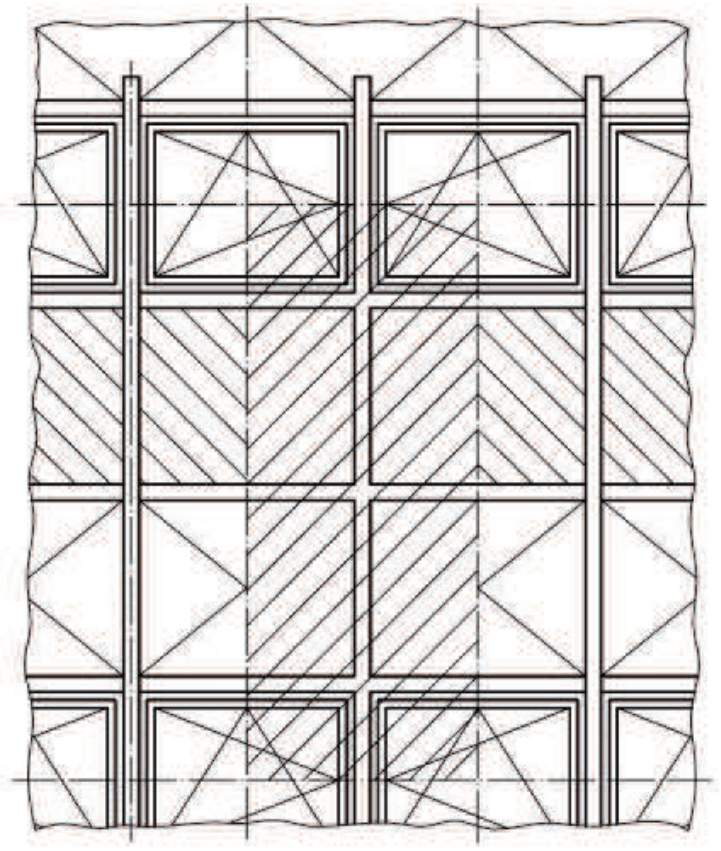
Figure [24] : Schéma de la surface vitrée et du périmètre (1 : verre)



10.2.3 Règles pour la modélisation

Lors de la modélisation ou de la subdivision d'une façade légère, les plans de coupe sont choisis de telle sorte qu'ils délimitent des parties de façade ayant une valeur U propre. Dans ce cas, la valeur globale U_{cw} de l'entièreté de la façade légère est déterminée comme la moyenne pondérée par les surfaces des valeurs U de toutes les parties de façade. Les caractéristiques thermiques de chaque partie de façade peuvent être déterminées soit de manière précise par mesure ou par calcul numérique, soit de manière simplifiée à partir de valeurs tabulées ou de graphiques.

Figure [25] : Modélisation d'un module complet de façade légère



Les modules de façades légères sont généralement d'une composition complexe dans laquelle les parties centrales sont souvent liées entre elles par des éléments qui ont une conductivité thermique élevée. Ainsi, d'importants ponts thermiques peuvent se produire, qui peuvent augmenter de manière importante le transfert de chaleur. Lors de la modélisation des modules, il faut dès lors choisir les plans de coupe et les conditions de bord avec soin. A la Figure [25], on montre par exemple que les plans de coupe du modèle sont placés dans les plans de symétrie (milieu du vitrage,…) ou aux endroits où les effets de bords pouvant influencer le flux de chaleur sont minimaux ou négligeables.

10.3 Détermination de la valeur U_{cw} d'un module d'une façade légère : calculs numériques précis

10.3.1 Principe de la méthode précise de calcul numérique

La détermination de la valeur Ucw s'effectue par des calculs numériques précis suivant NBN EN ISO 10211 et NBN EN ISO 10077-2, où U_{cw} est déterminé comme une valeur moyenne pondérée des valeurs U de tous les sous-composants du module, en tenant compte de tous les effets de bord (ponts thermiques) qui se produisent dans les éléments de liaison entre les sous-composants :

- la valeur U de la zone centrale du vitrage (Ug) telle que déclarée par le fabricant et déterminée suivant les normes NBN EN 673, NBN EN 674 ou NBN EN 675 ;
- la valeur U de la zone centrale des panneaux opaques (Up) qui est calculée suivant les chapitres 6 et 7 ;
- le flux thermique qui se produit dans les éléments de liaison entre les composants, y compris les effets de bord liés aux ponts thermiques, calculé selon les règles expliquées en § 10.3.2.

10.3.2 Détermination du flux de déperdition calorifique au travers des éléments de liaison

10.3.2.1 Généralités

Les liaisons entre les sous-composants (vitrages, panneaux opaques) causent des déperditions thermiques supplémentaires dues aux effets de bord. Ces déperditions supplémentaires sont déterminées à partir du flux de chaleur total au travers du module (Φ_{tot}). Ce flux de chaleur total Φ_{tot} est déterminé :

- soit sur base d'essais effectués selon la NBN EN ISO 12567-1 ;
- soit sur base de calculs numériques 2D et/ou 3D, effectués selon les normes NBN EN ISO 10077-2 et/ou NBN EN ISO 10211.

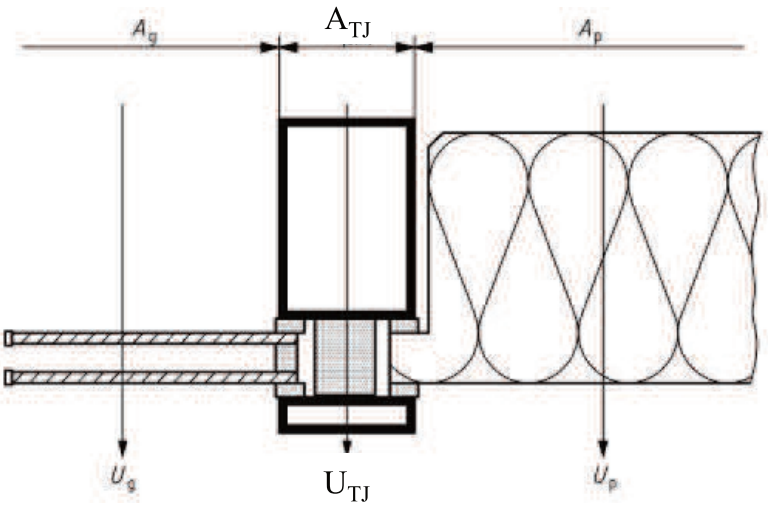
Lors de l'exécution de la méthode de calcul numérique, on peut calculer le flux thermique total au travers des éléments de liaison (Φ_{TJ}), en tenant compte des effets de bord, de deux manières différentes :

- soit l'élément de liaison entre le vitrage et le panneau opaque est considéré comme un élément de façade séparé (ayant une surface et une valeur U propre) ; dans ce cas, une valeur U_{TJ} est calculée suivant la méthode de calcul du § 10.3.2.2 ;
- soit l'élément de liaison entre le vitrage et le panneau de remplissage est considéré comme un pont thermique linéaire (avec une longueur et une valeur Ψ propre) ; dans ce cas la valeur Ψ_{TJ} est déterminée suivant la méthode de calcul du § 10.3.2.3.

La détermination de U_{cw} du module se fait finalement en suivant les formules qui sont données au § 10.3.3.

10.3.2.2 Détermination de U_{TJ} (liaison considérée comme élément de façade)

Figure [26] : Liaison considérée comme un élément de façade ayant une surface propre



Dans ce cas, le modèle de calcul de la Figure [26] est d'application. Pour les vitrages et les panneaux aussi bien les surfaces (A_g et A_p) que les valeurs U centrales (U_g et U_p) sont connues. La liaison entre le vitrage et le panneau est considérée comme un élément de façade ayant une surface projetée propre connue (A_{TJ}) et une valeur U propre inconnue (U_{TJ}, à chercher). Sur base du flux de déperdition calorifique total (Φ_{tot}) au travers du modèle complet, U_{TJ} découle de :

Eq. 26 $$U_{TJ} = \frac{\Phi_{tot} - ((U_g.A_g + U_p.A_p).\Delta T}{A_{TJ}.\Delta T} \quad W/(m^2.K)$$

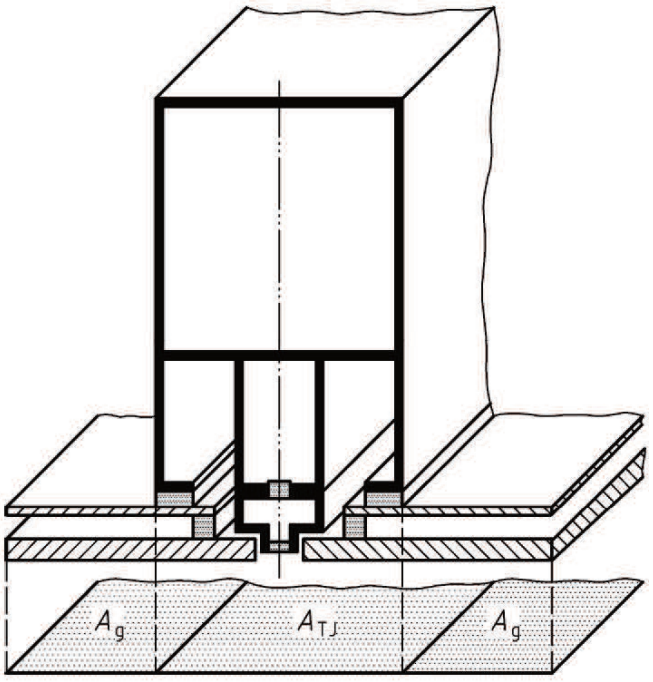
avec :

ΔT la différence de température entre les milieux intérieur et extérieur, en K.

NOTE 1 U_{TJ} détermine le flux de chaleur au travers de la liaison en tenant compte de tous les effets de bords (interaction entre l'encadrement et le vitrage ou le panneau opaque) du modèle considéré. Cette valeur U_{TJ} n'est donc pas équivalente à U_f (encadrement), laquelle se rapporte uniquement au flux de chaleur au travers du profilé de liaison, sans tenir compte des effets de bord.

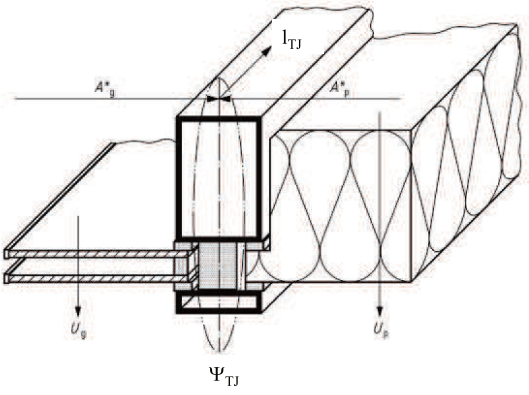
NOTE 2 Lors du calcul numérique, la surface A_{TJ} est déterminée comme la plus grande des surfaces projetées de l'ensemble des éléments de liaison située entre le vitrage et le panneau opaque, comme illustré à la Figure [27].

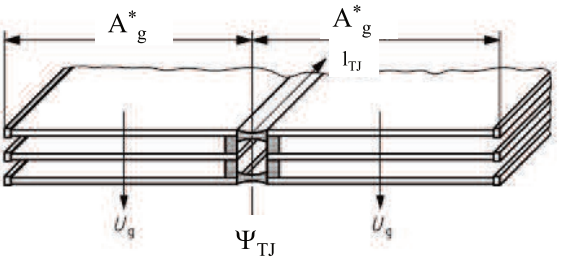
Figure [27] : Détermination de A_{TJ} en cas de vitrage structurel



10.3.2.3 Détermination de Ψ_{TJ} (liaison considérée comme un pont thermique linéaire)

Figure [28] : Liaisons considérées comme un pont thermique linéaire





(vitrage structurel avec joint de silicone)

Dans ce cas, le modèle de calcul de la Figure [28] est d'application. Pour les vitrages et/ou les panneaux de remplissage, aussi bien les surfaces équivalentes (A^*_g et/ou A^*_p) que les valeurs U centrales (U_g et/ou U_p) sont connues. Les liaisons entre les vitrages et/ou les panneaux sont considérées comme des ponts thermiques linéaires avec une longueur connue propre (l_{TJ} déterminée comme la longueur de la liaison thermique entre le panneau de remplissage et/ou le vitrage) et une valeur Ψ propre (Ψ_{TJ}, à chercher). Sur base du flux total de chaleur (Φ_{tot}), Ψ_{TJ} est calculé comme suit :

Eq. 27
$$\Psi_{TJ} = \frac{\Phi_{tot} - ((U_g.A^*_g + U_p.A^*_p).\Delta T)}{l_{TJ}.\Delta T} \quad \text{W/(m.K)}$$

10.3.3 Détermination de U_{cw} d'un module

La valeur finale de U_{cw} est calculée comme une moyenne pondérée par les surfaces des valeurs U des éléments constitutifs.

Si la liaison entre les composants est considérée comme un élément de façade séparé, U_{cw} découle de :

Eq. 28
$$U_{cw} = \frac{\sum A_g . U_g + \sum A_p . U_p + \sum A_{TJ} . U_{TJ}}{\sum A_g + \sum A_p + \sum A_{TJ}} \quad W/(m^2.K)$$

Si la liaison entre les composants de façade est considérée comme un pont thermique, U_{cw} découle de :

Eq. 29
$$U_{cw} = \frac{\sum A_g^* . U_g + \sum A_p^* . U_p + \sum l_{TJ} . \Psi_{TJ}}{A_{cw}} \quad W/(m^2.K)$$

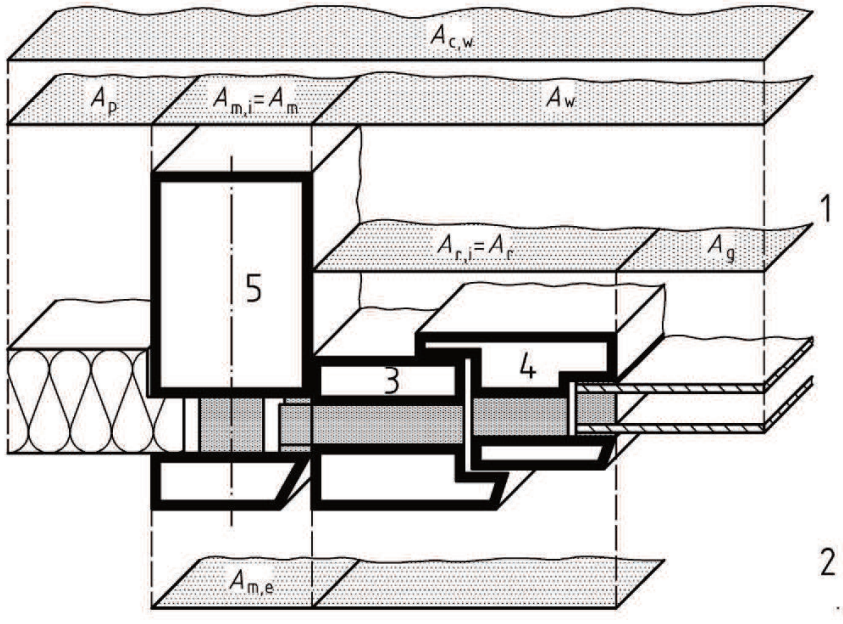
10.4 Détermination de la valeur U_{cw} d'un module : méthode des composants

10.4.1 Principe de la méthode de détermination

Lors de la détermination de la valeur totale U_{cw} d'un module d'une façade légère suivant cette méthode des composants, une valeur U moyenne pondérée par la surface est calculée à partir de tous les sous-composants du module (vitrage, panneaux de remplissage, encadrements et traverses) ; les effets de bord des liaisons entre ces éléments sont ajoutés comme ponts thermiques, c.-à-d. obtenus par le produit d'une longueur et d'un coefficient de transmission thermique linéique (valeur Ψ).

10.4.2 Détermination générale de U_{cw}

Figure [29] : Divisions du module en sous-composants ayant des surfaces propres et des valeurs U propres



1 : intérieur
2 : extérieur
3 : encadrement (fixe)
4 : ouvrant (mobile)
5 : meneau/traverse

Le coefficient de transmission thermique d'un module d'une façade légère (U_{cw}) est calculé suivant :

Eq. 30

$$U_{cw} = \frac{\left(\begin{array}{c} \sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum A_{m(t)} U_{m(t)} \\ + \sum l_g . \Psi_{f,g} + \sum l_p . \Psi_p + \sum l_{m(t),g} . \Psi_{m(t),g} + \sum l_{m(t),f} . \Psi_{m(t),f} \end{array} \right)}{A_{cw}} \quad W/(m^2.K)$$

où :

U_g, U_p les coefficients de transmission thermique respectivement du vitrage et du panneau opaque, en W/(m².K), déterminés suivant le § 10.4.3 ;

U_f, U_m, U_t les coefficients de transmission thermique respectivement de l'encadrement, du meneau et de la traverse, en W/(m².K), déterminés suivant le § 10.4.4 ;

A_g, A_p, A_f, A_m, A_t les surfaces projetées respectivement du vitrage, des panneaux opaques, des encadrements, des meneaux et des traverses, en m², déterminées suivant le § 10.2.2 ;

A_{cw} la surface totale du module de la façade légère, en m², déterminée comme la somme de celles des parties composantes du module : $A_{cw} = A_g + A_p + A_f + A_m + A_t$;

$\Psi_{f,g}$ les coefficients de transmission thermique linéique résultant des effets de bord (ponts thermiques linéaires) à la liaison entre les vitrages et les encadrements, en W/(m.K), déterminés suivant le § 10.4.5 ;

$\Psi_{f,p}$ les coefficients de transmission thermique linéique résultant des effets de bord (ponts thermiques linéaires) à la liaison entre les panneaux et les encadrements ou les meneaux, en W/(m.K), déterminés suivant le § 10.4.5 ;

$\Psi_{m,f}$, $\Psi_{t,f}$ les coefficients de transmission thermique linéique résultants des effets de bord (ponts thermiques linéaires) entre les encadrements (cadre dormant) et les meneaux et/ou traverses, en W/(m.K), déterminés suivant le § 10.4.5 ;

$\Psi_{m,g}$, $\Psi_{t,g}$ les coefficients de transmission thermique linéique résultant des effets de bord (ponts thermiques linéaires) entre les vitrages et les meneaux et/ou les traverses, en W/(m.K), déterminés suivant le § 10.4.5 ;

l_g, l_p, $l_{m,f}$, $l_{t,f}$, $l_{m,g}$, $l_{t,g}$ les périmètres des ponts thermiques linéaires des jonctions mutuelles des vitrages, panneaux opaques, encadrements, meneaux et traverses, en m.

10.4.3 Valeur U du vitrage et du panneau de remplissage

10.4.3.1 Vitrage

Voir le § 9.1.

10.4.3.2 Panneau opaque

Voir le § 9.3.

10.4.4 Valeur U des encadrements, meneaux et traverses

Le coefficient de transmission thermique des encadrements (U_f) est déterminé suivant les principes du § 9.2.

Les coefficients de transmission thermique des traverses (U_t) et des meneaux (U_m) sont déterminés comme suit :

- détermination expérimentale conformément à la NBN EN 12412-2 ;
- méthode de calcul numérique suivant la NBN EN ISO 10077-2.

NOTE Le calcul numérique de la NBN EN ISO 10077-2 ne tient pas compte des effets de bord des liaisons métalliques (vis) dans les traverses et meneaux. Les ponts thermiques ponctuels (valeurs χ) qui sont provoqués par ces liaisons peuvent être calculés précisément par un calcul numérique en 3D suivant la NBN EN ISO 10211 ou par un essais comparatif (un premier essai avec vis métallique et un deuxième essai avec vis plastiques) suivant la NBN EN 12412-2.

Dans l'annexe C de la NBN EN 13947 une méthode de calcul spéciale est donnée pour les systèmes de profilés qui permet d'évaluer l'effet des liaisons par vis sur base d'un calcul numérique 2D avec modélisation et effets de bord adaptés. De manière simplifiée, l'effet de ces liaisons peut être évalué en ajoutant à la valeur U de l'encadrement (U_{mo} ou U_{to} , calculé numériquement suivant la norme NBN EN ISO 10077-2, sans tenir compte de l'effet des vis) un facteur de correction ΔU :

Eq. 31 $U_{m(t)} = U_{m(t)o} + \Delta U$ W/(m².K)

Dans le cas de vis en acier inoxydable, une valeur par défaut pour ce facteur de correction ΔU est donnée au Tableau [5], pour autant que les conditions mentionnées soient remplies.

Tableau [5] : Valeurs ΔU pour des traverses et meneaux

Diamètre de la liaison en acier inoxydable (vis)	Inter-distance entre les liaisons	ΔU (W/(m².K))
≤ 6 mm	200 – 300 mm	0,3

10.4.5 Coefficients de transmission thermique linéique (vitrages, encadrements, meneaux et traverses)

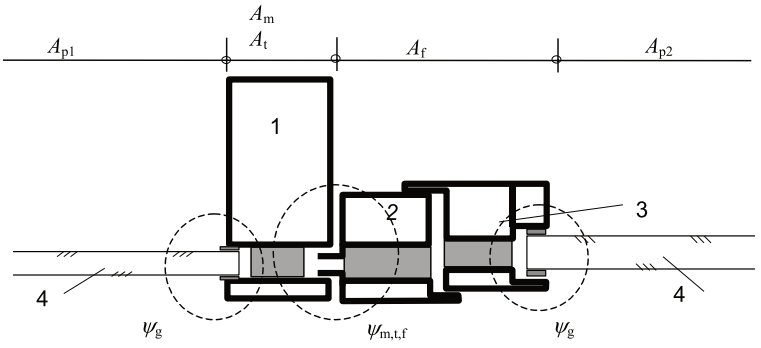
Les coefficients de transmission thermique linéique des jonctions mutuelles (intercalaires) entre vitrages, et encadrements ($\Psi_{f,g}$) ou panneaux et encadrements ($\Psi_{f,p}$), peuvent être déterminés à partir de :

- un calcul numérique suivant la norme NBN EN ISO 10077-2 (calcul précis) ;
- les valeurs par défaut mentionnées dans le tableau E.2 et le tableau E.4 de l'annexe E.

L'interaction ou la déperdition thermique supplémentaire qui est provoquée par les jonctions entre un vitrage ou un panneau opaque et les meneaux et le traverses, comme montré à la Figure [30], peut être évaluée au moyen de coefficients de transmission thermique linéique spécifiques ($\Psi_{m,f}$ et $\Psi_{t,f}$ ou $\Psi_{m,g}$ et $\Psi_{t,g}$). Cette valeur peut être déterminée à partir de :

- un calcul numérique suivant la NBN EN ISO 10077-2 (calcul précis) ;
- les valeurs par défaut mentionnées dans le tableau E.3, le tableau E.5 et le tableau E.6 de l'annexe E.

Figure [30] : Jonction d'un module de façade légère à un meneau ou une traverse



1 : traverse ou meneau
2 : encadrement (fixe)
3 : ouvrant (mobile)
4 : vitrage ou panneau

10.5 Détermination de la valeur U_{cw} pour une façade légère composée de différents modules

La calcul du coefficient de transmission thermique total ($U_{cw,tot}$) d'une façade légère, construite à partir de différents modules de formes et dimensions différentes peut être calculé suivant :

Eq. 32 $$U_{cw,tot} = \frac{\sum (U_{cw,i} . A_{cw,i})}{\sum A_{cw,i}}$$ W/(m².K)

avec :

$U_{cw,i}$ les valeurs U des différents modules, en W/(m².K) ;

$A_{cw,i}$ les surfaces des différents modules, en m².

11 Coefficient de transmission thermique d'autres parois translucides

11.1 Briques de construction en verre

11.1.1 Procédure générale

Lors du calcul du coefficient de transmission thermique d'une paroi en brique de verre, l'élément de construction tout entier doit être considéré. Le cas échéant, l'effet des joints (comme pour la maçonnerie, voir § G.3.1), des encadrements (comme pour les fenêtres) ou d'autres éléments doit aussi être pris en considération.

Le coefficient de transmission thermique d'une brique de construction en verre en elle-même est déterminé d'une des manières suivantes :

- à partir d'essais d'après NBN EN ISO 12567-1 ;
- à partir de calculs numériques d'après la NBN EN ISO 10211 et/ou NBN EN 673 ;
- à partir de calculs simplifiés suivant la norme NBN EN 1051-2.

On peut aussi toujours effectuer les calculs avec la valeur par défaut qui est égale à 5,7 W/(m².K).

12 Coefficient de transfert thermique par transmission dans les bâtiments[3]

12.1 Coefficient de transfert thermique total par transmission

Le coefficient de transfert thermique total par transmission (H_T) est déterminé par :

Eq. 33 $H_T = H_D + H_g + H_U$ W/K

avec :

H_D le coefficient de transfert thermique par transmission directe vers l'environnement extérieur, en W/K, déterminé suivant le § 13 ;

H_g le coefficient de transfert thermique par transmission à travers le sol et à travers des caves non chauffées et des vides sanitaires, en W/K, déterminé suivant le § 15 ;

H_U le coefficient de transfert thermique par transmission à travers des espaces adjacents non chauffés, en W/K, déterminé suivant le § 14.

12.2 Conventions générales

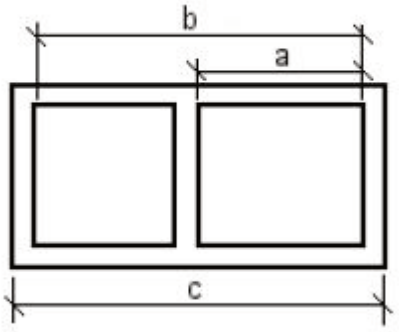
12.2.1 Délimitation des parties de la construction

La partie du bâtiment (volume protégé, espace adjacent non chauffé, secteur énergétique,…) pour laquelle le coefficient de transfert thermique doit être calculé, doit être définie univoquement.

12.2.2 Détermination des surfaces

12.2.2.1 Calcul des surfaces des parois extérieures

Figure [31] : Système de calcul des surfaces



Légende :

a dimension intérieure

b dimension intérieure complète

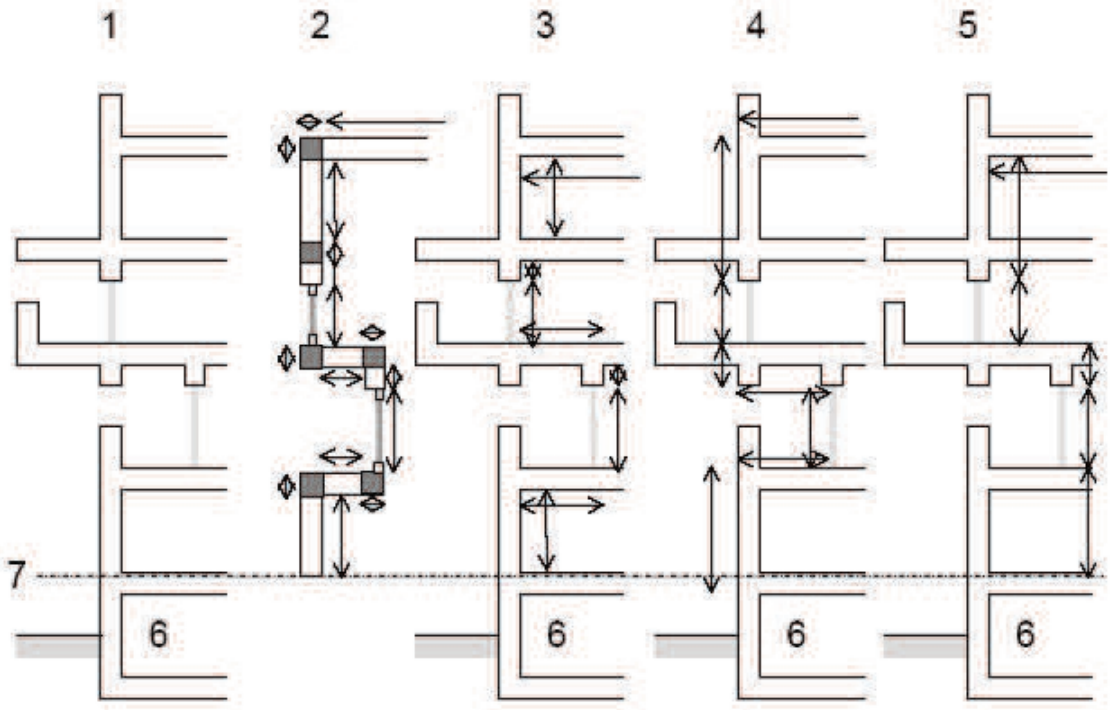
c dimension extérieure

Pour le calcul des surfaces des éléments de l'enveloppe d'un bâtiment (c.-à-d. les éléments de construction qui séparent le volume protégé d'un bâtiment de l'environnement extérieur, du sol et des espaces adjacents non chauffés), il faut utiliser les dimensions extérieures (dimension c de la Figure [31] et illustrée à la Figure [32]), de sorte que l'enveloppe complète du bâtiment puisse être considérée comme une surface enveloppante fermée. Pour les fenêtres et les portes, les dimensions des ouvertures de jour (vues de l'extérieur) sont prises comme dimensions.

[3] Par "bâtiment", on comprend aussi "partie d'un bâtiment" si le calcul ci-dessus y est d'application.

Cette méthode doit être utilisée systématiquement pour tous les calculs qui touchent aux prestations thermiques des bâtiments concernés (pertes de chaleur, besoins en énergie,…).

Figure [32] : Systèmes de mesures



1 : réalité – 2 : éléments de construction – 3 : dimensions intérieures – 4 : dimensions extérieures – 5 : dimensions intérieures complètes – 6 : cave non chauffée – 7 : délimitation des déperditions pas le sol

12.2.2.2 Calcul des surfaces des parois dans un volume protégé ou entre 2 volumes protégés

Lors de la détermination des surfaces des parois à l'intérieur d'un volume protégé ou entre deux volumes protégés les dimensions sont déterminées en prenant l'axe des parois intermédiaires comme limite.

12.2.2.3 Calcul des surfaces des éléments de constructions non plans

Pour les éléments de construction cintrés (toits courbés, murs courbés, ...) la surface réelle (= développée) est prise en compte, sauf si d'autres conditions spécifiques sont d'application.

12.2.3 Détermination des volumes

Le volume d'un bâtiment ou d'une partie de celui-ci est déterminé sur base des dimensions extérieures, avec le volume des parois intérieures compris. Les parois mitoyennes entre deux volumes protégés appartiennent pour moitié à l'un et pour l'autre moitié à l'autre volume protégé.

13 Coefficient de transfert thermique par transmission directe vers l'environnement extérieur (H_D)

Le coefficient de transfert thermique par transmission à travers les parois de la surface de déperdition et les nœuds constructifs directement vers l'environnement extérieur (H_D) est déterminé par :

Eq. 34 $$H_D = H_D^{constructions} + H_D^{junctions} = \sum_i U_i.A_i + H_D^{junctions}$$ W/K

avec :

$H_D^{constructions}$ le coefficient de transfert thermique par transmission à travers les parois de la surface de déperdition en contact direct avec l'environnement extérieur, en W/K ;

A_i la surface de la paroi i, en m², déterminée à partir des dimensions extérieures ;

U_i la valeur U de la paroi i, en W/(m².K) ;

$H_D^{junctions}$ le coefficient de transfert thermique par transmission à travers les nœuds constructifs en contact direct avec l'environnement extérieur, en W/K, (voir le § 16).

Pour le calcul de $H_D^{constructions}$ il faut faire la somme de toutes les parois i de la surface de déperdition en contact direct avec l'environnement extérieur.

14 Coefficient de transfert thermique par transmission via des espaces adjacents non chauffés (H_U)

Le coefficient de transfert thermique par transmission à travers les parois de la surface de déperdition et les nœuds constructifs en contact avec des espaces adjacents non chauffés (H_U) est déterminé par :

Eq. 35 $$H_U = H_U^{constructions} + H_U^{junctions}$$ W/K

avec :

$H_U^{constructions}$ le coefficient de transfert thermique par transmission à travers les parois de la surface de déperdition en contact avec des espaces adjacents non chauffés, en W/K ;

$H_U^{junctions}$ le coefficient de transfert thermique par transmission à travers les nœuds constructifs en contact avec des espaces adjacents non chauffés, en W/K, (voir le § 16).

La méthode de calcul pour $H_U^{constructions}$ est d'application pour les espaces au-dessus du sol. Pour les vides sanitaires et les caves non chauffées, il faut se référer au § 15.

Le terme $H_U^{constructions}$ peut être calculé avec précision en effectuant un équilibre thermique entre d'une part les déperditions entre les espaces chauffés et les espaces non chauffés et d'autre part entre les espaces non chauffés et l'environnement extérieur. (Par espaces non chauffés on entend les espaces dont la couche d'air est supérieure à 0,3 m).

Les pertes à travers les nœuds constructifs situés entre les espaces chauffés et non chauffés peuvent être négligées dans l'équilibre thermique.

$H_U^{constructions}$ est déterminé par :

Eq. 36 $$H_U^{constructions} = H_{T,iu}^{constructions} . b$$ W/K

avec :

Eq. 37 $$b = \frac{H_{ue}}{H_{T,iu}^{constructions} + H_{ue}}$$ (-)

et :

Eq. 38 $$H_{ue} = H_{T,ue} + H_{V,ue}$$ W/K

avec :

b le facteur de réduction de température de l'espace non chauffé ;

$H_{T,iu}^{constructions}$ le coefficient de transfert thermique par transmission directe à travers les parois entre les espaces chauffés et non chauffés, tel que déterminé ci-dessous, en W/K ;

H_{ue} le coefficient de transfert thermique entre l'espace adjacent non chauffé et l'environnement extérieur, en W/K : :

$H_{T,ue}$ le coefficient de transfert thermique par transmission au travers des parois entre l'espace adjacent non chauffé et

l'environnement extérieur, tel que déterminé ci-dessous, en W/K ;

$H_{V,ue}$ le coefficient de transfert thermique par ventilation de l'espace adjacent non chauffé, tel que déterminé ci-dessous, en W/K.

$H_{T,iu}^{constructions}$ et $H_{T,ue}$ sont déterminés selon :

Eq. 96 $$H_{T,iu}^{constructions} = \sum_i U_i.A_i$$ W/K

Eq. 97 $$H_{T,ue} = \sum_j U_j.A_j$$ W/K

avec :

A_i la surface de la paroi i entre l'espace chauffé et l'espace adjacent non chauffé, en m², déterminé avec les dimensions extérieures ;

U_i la valeur U de la paroi i, en W/(m².K) ;

A_j la surface de la paroi j entre l'espace adjacent non chauffé et l'environnement extérieur, en m², déterminé avec les dimensions extérieures ;

U_j la valeur U de la paroi j, en W/(m².K).

Lors du calcul de $H_{T,iu}^{constructions}$ il faut faire la somme sur toutes les parois i entre l'espace chauffé et l'espace adjacent non chauffé. Lors du calcul de $H_{T,ue}$ il faut faire la somme sur toutes les parois j entre l'espace adjacent non chauffé et l'environnement extérieur, à l'exception des parois en contact avec le sol.

$H_{V,ue}$ est déterminé selon :

Eq. 39 $$H_{V,ue} = \rho.c.V_{ue}$$ W/K

où :

ρ la masse volumique de l'air, en kg/m³ ;

c la chaleur spécifique de l'air, en W.h/(kg.K) ;

V_{ue} le débit de ventilation entre l'espace adjacent non chauffé et l'extérieur, tel que déterminé ci-dessous, en m³/h.

Le produit (ρ.c) est pris de manière conventionnelle comme égal à : $\rho.c = 0,34$ W.h/m³.K

Le débit de ventilation entre l'espace adjacent non chauffé et l'environnement extérieur est calculé de la manière suivante :

Eq. 40 $$V_{ue} = n_{ue}.V_u$$ m³/h

avec :

V_u le volume de l'espace adjacent non chauffé, en m³ ;

n_{ue} le taux conventionnel de ventilation de l'espace adjacent non chauffé, en h^{-1}, à définir d'après la situation la plus adéquate du Tableau [6].

Tableau [6] : Taux conventionnels de ventilation entre un espace adjacent non chauffé et l'environnement extérieur

Type	Description de l'étanchéité à l'air de l'espace adjacent non chauffé	n_{ue} h^{-1}
1	Pas de portes ni de fenêtres, jonctions entre les éléments de construction étanches à l'air, pas d'ouvertures de ventilation	0,1
2	Jonctions entre les éléments de construction étanches à l'air, pas d'ouvertures de ventilation	0,5
3	Jonctions entre les éléments de construction étanches à l'air, petites ouvertures de ventilation prévues	1
4	Absence d'étanchéité à l'air en raison d'inétanchéités locales ou d'ouvertures de ventilation permanentes	3
5	Absence d'étanchéité à l'air en raison de nombreuses inétanchéités ou de grandes ou nombreuses ouvertures de ventilation	10

Pour l'évaluation de l'exigence U_{max} suivant l'annexe C.1 au présent arrêté, il faut considérer la valeur combinée $b.U_i$, où la valeur b est prise pour des conditions hivernales.

15 Coefficient de transfert thermique par transmission via le sol et via les caves non chauffées et vides sanitaires (H_g)

15.1 Généralités

Le coefficient de transfert thermique par transmission via le sol et via les caves non chauffées et vides sanitaires, à travers les parois de la surface de déperdition et les nœuds constructifs de la surface de déperdition (H_g) est déterminé par :

Eq. 41 $$H_g = H_g^{constructions} + H_g^{junctions}$$ W/K

avec :

$H_g^{constructions}$ le coefficient de transfert thermique par transmission à travers les parois de la surface de déperdition en contact avec le sol et avec des caves non chauffées et des vides sanitaires, en W/K ;

$H_g^{junctions}$ le coefficient de transfert thermique par transmission à travers les nœuds constructifs en contact avec le sol et avec des caves non chauffées et des vides sanitaires, en W/K, (voir le § 16).

Les déperditions de chaleur par transmission à travers le massif de sol dépendent de différents facteurs :

- la géométrie tridimensionnelle du bâtiment, les raccords avec les fondations et le sol ;
- la conductivité thermique du sol (dépendant de la composition du sol et du taux d'humidité) ;
- les écoulements d'eau éventuels dans le sol ;
- etc.

Dans le cadre de la réglementation sur la performance énergétique, on considère toujours des déperditions stationnaires. Les normes européennes offrent un certain nombre de méthodes de calcul pour déterminer H_g. Celles-ci sont décrites à l'annexe F. Pour déterminer le terme $H_g^{constructions}$, les coefficients de transmission thermique linéaire Ψ doivent être déterminés en considérant l'isolation périphérique et les raccords mur-plancher de l'annexe F égaux à zéro. L'influence de l'isolation périphérique et des raccords doit être prises en compte dans le terme $H_g^{junctions}$.

En complément à l'annexe F, un certain nombre de méthodes simplifiées pour la détermination de $H_g^{constructions}$ sont décrites au § 15.2.

15.2 Méthode de calcul simplifiée des pertes par le sol

15.2.1 Planchers en contact direct avec le sol

Le coefficient de transfert thermique par transmission vers l'environnement extérieur via le sol ($H_g^{constructions}$), peut être, pour des planchers directement en contact avec le sol, défini de manière simplifiée par :

Eq. 42 $$H_g^{constructions} = \sum_{i=1}^{n} U_{eq,f,i}.A_i.a_i$$ W/K

avec :

$U_{eq,f,i}$ la valeur U équivalente de la partie de plancher i, en W/(m².K), définie selon :

Eq. 43 $$U_{eq,f,i} = \frac{1}{R_{si} + \sum R_{f,i}}$$ W/(m².K)

avec :

R_{si} la résistance thermique d'échange à la surface intérieure, égale à 0,17 m².K/W ;

$\Sigma R_{f,i}$ la résistance thermique totale de toutes les couches de construction de la partie de plancher, en m².K/W, calculée selon § 6 (de la surface intérieure jusqu'à la surface de contact avec le sol, donc sans résistances d'échange aux surfaces).

A_i la surface de la partie de plancher i, en m², déterminée avec les dimensions extérieures ;

a_i le facteur de réduction de la température pour la partie de plancher i, (-), déterminé par :

Eq. 44 $$a_i = \frac{1}{U_{eq,f,i} + 1}$$ (-)

Lors du calcul de $H_g^{constructions}$, il faut faire la somme sur toutes les parties de plancher i ayant des compositions différentes et qui sont en contact direct avec le sol.

Pour l'évaluation de l'exigence U_{max} suivant l'annexe C.1 au présent arrêté, on doit considérer la valeur combinée $a_i.U_{eq,f,i}$.

15.2.2 Eléments de construction en contact avec des vides sanitaires et des caves non chauffés (planchers, murs, portes,…)

Le coefficient de transfert thermique par transmission vers l'environnement extérieur via les caves non chauffées et les vides sanitaires ($H_g^{constructions}$), peut, pour les planchers qui se trouvent au-dessus de ces espaces, être déterminé de manière simplifiée grâce à un facteur de réduction de température (b_U) :

Eq. 45 $$H_g^{constructions} = \sum_{i=1}^{n} U_{eq,f,i}.A_i.b_{u,i}$$ W/K

avec :

$U_{eq,f,i}$ la valeur U équivalente de la partie de plancher i, en W/(m².K), déterminée selon :

Eq. 46 $$U_{eq,f,i} = \frac{1}{R_{si} + \sum R_{f,i} + R_{si}}$$ W/(m².K)

avec :

R_{si} la résistance thermique d'échange à la surface intérieure, égale à 0,17 m².K/W ;

$\Sigma R_{f,i}$ la résistance thermique totale de toutes les couches de construction de la partie de plancher i, en m².K/W, calculée comme présenté au § 6 (de la surface intérieure à la surface de contact avec le vide sanitaire ou la cave, donc sans résistances d'échange aux surfaces) ;

A_i la surface de la partie de plancher i, en m², déterminée avec les dimensions extérieures ;

$b_{U,i}$ le facteur de réduction de température de la partie de plancher i, (-), comme déterminé au Tableau [7].

Tableau [7] : Valeurs par défaut du facteur de réduction de température b_U

Cave ou vide sanitaire non chauffés	**b_U (-)**
Espace de cave (au moins 70% des parois extérieures en contact avec le sol)	
• sans fenêtre ou porte extérieure	0,5
• avec fenêtre ou porte extérieure	0,8
Vides sanitaires (1)	
• très ventilés ($n_{ue} \geq 1\ h^{-1}$)	1,0
• pas ou peu ventilés ($n_{ue} < 1\ h^{-1}$)	0,8
(1) valeurs conventionnelles du taux de ventilation (n_{ue}) d'après le Tableau [6].	

Pour l'évaluation de l'exigence U_{max} suivant l'annexe C.1 au présent arrêté, il faut considérer la valeur combinée $b_{U,i}.U_{eq,f,i}$.

15.2.3 Murs enterrés

La méthode simplifiée suit la procédure pour les "murs de caves" du § F.2.4, où par convention et pour simplifier on peut considérer que R_f = 1 m².K/W.

16 Coefficient de transfert thermique par transmission à travers les nœuds constructifs ($H_T^{junctions}$)

Les coefficients de transfert thermique par transmission à travers les nœuds constructifs ($H_D^{junctions}$, $H_g^{junctions}$ et $H_U^{junctions}$) sont réunis dans $H_T^{junctions}$:

Eq. 47 $$H_T^{junctions} = H_D^{junctions} + H_g^{junctions} + H_U^{junctions}$$ W/K

Cela signifie que le coefficient de transfert thermique total par transmission H_T peut aussi être formulé de la manière suivante :

Eq. 48 $$\begin{aligned} H_T &= \left(H_D^{constructions} + H_g^{constructions} + H_U^{constructions}\right) + H_T^{junctions} \\ &= H_T^{constructions} + H_T^{junctions} \end{aligned}$$ W/K

Le terme $H_T^{junctions}$ doit être déterminé suivant l'annexe B.2 au présent arrêté.

16.1 Facteur de réduction de température pour les EANC, vides sanitaires et caves non chauffées

Les coefficients de réduction de température qui sont appliqués dans l'annexe B.2 au présent arrêté sur les coefficients de transmission thermique des nœuds constructifs linéaires et ponctuels sont rassemblés dans le Tableau [8]. La valeur du facteur de réduction de température dépend de la méthode de calcul choisie. Pour un même environnement une seule méthode de calcul peut être choisie, soit simplifiée, soit détaillée. Le facteur de réduction qui a été déterminé de cette manière doit par conséquent être utilisé dans les calculs suivants.

Tableau [8] : Facteur de réduction de température pour les espaces adjacents non chauffés, les caves non chauffées et les vides sanitaires (-)

	Méthode de calcul simplifiée	**Méthode de calcul détaillée**
Espace adjacent non chauffé	$b = 1$	$b = \frac{H_{ue}}{H_{ue} + H_{iu}}$ voir § 14
Vide sanitaire	$b = b_U$ Tableau [7] du § 15.2.2	$b = \frac{U_i}{U_{eq,f,i}}$ avec $U_{eq,f,i}$ la valeur U équivalente de l'élément de construction i entre l'environnement intérieur et le vide sanitaire non chauffé, déterminée suivant l'Eq. 43 du § 15.2.1 et avec U_i = U suivant le § F.2.3 (étape 7)
Cave non chauffée	$b = b_U$ Tableau [7] du § 15.2.2	$b = \frac{U_i}{U_{eq,f,i}}$ avec $U_{eq,f,i}$ la valeur U équivalente de l'élément de construction i entre l'environnement intérieur et la cave non chauffée, déterminée suivant la suivant l'Eq. 43 du § 15.2.1 et avec U_i = U suivant le § F.2.4 (étape 6)

17 Niveau d'isolation thermique globale (niveau K)

Dans ce paragraphe, le terme "bâtiment" peut aussi bien désigner le "bâtiment dans son ensemble", que "une partie d'un bâtiment".

17.1 Compacité d'un bâtiment

La compacité d'un bâtiment est donnée par le rapport du volume sur la surface totale de déperdition :

Eq. 49 $$C = \frac{V}{A_T}$$ m

avec :

V le volume du bâtiment sur base des dimensions extérieures, en m³, déterminé suivant le § 12.2.3 ;

A_T la surface de déperdition du bâtiment sur base des dimensions extérieures, en m², déterminée suivant le § 12.2.2.

17.2 Coefficient de transfert de chaleur moyen d'un bâtiment

Le coefficient de transfert thermique moyen U_m d'un bâtiment est le rapport entre le coefficient de transfert thermique total et la surface de déperdition :

Eq. 50 $$U_m = \frac{H_T}{A_T}$$ W/(m².K)

avec :

H_T le coefficient de transfert thermique du bâtiment, en W/K, calculé suivant le § 12.1 ;

A_T la surface de déperdition totale du bâtiment sur base des dimensions extérieures, en m², déterminée suivant le § 12.2.2.

Pour H_T, la valeur correspondant à des conditions hivernales est considérée.

17.3 Niveau de l'isolation thermique globale (niveau K)

Le niveau de l'isolation thermique globale d'un bâtiment est le rapport entre le coefficient de transfert thermique moyen et une valeur de référence, multiplié par 100 :

Eq. 51 $$K = 100 . \frac{U_m}{U_{m,ref}}$$ (-)

avec :

U_m le coefficient de transfert thermique moyen du bâtiment, en W/(m².K), calculé au § 17.2 ;

$U_{m,ref}$ la valeur de référence du coefficient de transfert thermique moyen, en W/(m².K), telle qu'établie ci-dessous.

La valeur déterminée selon l'Eq. 51 doit être arrondie à un nombre entier, et lorsque la partie derrière la virgule de la valeur déterminée selon l'Eq. 51 est

exactement égale à un demi (...,5000...), on arrondi vers le haut. Dans le rapportage, il faut placer la lettre K avant l'entier ainsi obtenu.

La valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique moyen $U_{m,ref}$ est déterminée comme suit :

Eq. 52

Si $C \leq 1$: $U_{m,ref} = 1$

Si $1 < C < 4$: $U_{m,ref} = (C + 2)/3$

Si $4 \leq C$: $U_{m,ref} = 2$ W/(m².K)

où :

C la compacité, en m, définie au § 17.1.

Annexe A Détermination de la conductivité thermique (valeur λ) et de la résistance thermique (valeur R) des matériaux de construction

A.1 Généralités

Les principes du présent paragraphe sont valables pour la détermination aussi bien de la conductivité thermique que de la résistance thermique. Mais, afin de faciliter la lecture du texte, la formulation du présent paragraphe est limitée à la conductivité thermique. Pour la détermination de la résistance thermique, il suffit de lire partout "résistance thermique" au lieu de "conductivité thermique" et "R" au lieu de "λ".

On utilise, comme valeur de calcul de la conductivité thermique, la valeur qui tient compte à la fois de la température et de la teneur en humidité attendue dans le matériau. On définit ainsi, en fonction des conditions intérieures et extérieures, les valeurs de calcul suivantes :

- la **valeur λ_{Ui}** correspond aux conditions intérieures et doit être utilisée pour les matériaux des parois internes ou externes pour autant qu'ils ne puissent pas être mouillés ni par pénétration d'eau de pluie, ni par condensation interne ou superficielle permanente, ni par l'humidité ascensionnelle. La valeur λ_{Ui} ne peut pas être utilisée pour des matériaux incorporés dans la construction de manière étanche à la vapeur d'eau et pouvant contenir de l'humidité (ex. humidité de construction ou eau de pluie) ;
- la **valeur λ_{Ue}** correspond aux conditions extérieures et doit être utilisée pour tous les matériaux des parois externes, qui peuvent être mouillés par l'eau de pluie, par condensation interne ou superficielle, ou par l'humidité ascensionnelle. La valeur λ_{Ue} doit également être utilisée pour des matériaux incorporés dans la construction de manière étanche à la vapeur d'eau et qui ont été mouillés pendant la réalisation des travaux.

Pour les produits d'isolation et autres produits pour lesquels la valeur λ est une propriété importante, la valeur de calcul λ_U est déterminée comme suit. Dans une première étape, une valeur λ_{STEP1} est déterminée conformément aux conditions mentionnées ci-dessous. Ensuite, sur base de cette valeur, en seconde étape, la valeur de calcul λ_U est déterminée.

1ère étape :

La valeur de conductivité thermique nommée dans ce texte λ_{STEP1} est déterminée selon les principes donnés dans la norme NBN EN ISO 10456 en appliquant les conditions suivantes :

- valeurs mesurées dans les conditions de référence données de température et d'humidité, d'après les méthodes de mesure de la NBN EN 1934, la NBN EN ISO 8990, la NBN EN 12664, la NBN EN 12667 ou la NBN EN 12939 (ISO 8301, ISO 8302). La température est fixée dans ce texte à 10°C ;
- donnée par un fractile avec un niveau de confiance défini dans ce texte à 90/90 (autrement dit avec une fiabilité de 90%, il est défini que 90% de la production a une valeur λ inférieure ou égale à la valeur λ_{STEP1}) ;
- correspondant à une durée de vie raisonnable dans des conditions normales, le vieillissement possible du matériau devant donc être pris en compte, celui-ci étant défini dans la norme produit, ou l'ETAG (European Technical Approval Guideline, selon directive 89/106/CEE), ou l'EAD (European Assessment Document, selon régulation (UE) n°305/2011), du produit en question pour autant que l'un de ceux-ci existe. Dans les autres cas, les autorités peuvent définir la méthode de vieillissement à appliquer.

NOTE La valeur λ_{STEP1} définie ci-dessus correspond généralement, sauf pour certains cas spécifiques (par exemple les éléments de maçonnerie), à la

valeur déclarée λ_D dans le cadre du marquage CE pour autant que celui-ci existe.

2ème étape :

La valeur de calcul de la conductivité thermique λ_U est déterminée selon la méthodologie décrite dans la norme NBN EN ISO 10456. Sur base de la valeur λ_{STEP1} déterminée conformément aux conditions mentionnées ci-dessus, elle est calculée comme suit :

Eq. 53 $\lambda_U = \lambda_{STEP1} * e^{fu\ (u2-u1)}$ ou $\lambda_U = \lambda_{STEP1} * e^{f\Psi\ (\Psi 2-\Psi 1)}$ W/(m.K)

où :

f_u ou f_Ψ des coefficients de conversion pour l'humidité, en kg/kg (f_u) ou m^3/m^3 (f_Ψ) ;

u_1 ou Ψ_1 la teneur en humidité du premier ensemble de conditions (1ère étape), en kg/kg (u_1) ou m^3/m^3 (Ψ_1) ;

u_2 ou Ψ_2 la teneur en humidité du second ensemble de conditions (2ème étape), en kg/kg (u_2) ou m^3/m^3 (Ψ_2).

Pour les conditions de la 2ème étape, on distingue :

- λ_{Ui} = application intérieure : correspondant à un taux d'humidité $u_{23,50}$ (= teneur en humidité à l'équilibre à une température de 23°C et une humidité relative de 50%) ;
- λ_{Ue} = application extérieure : correspondant à un taux d'humidité correspondant à 75% du taux de saturation critique à 20°C.

Les valeurs des teneurs en humidité (u, en kg/kg, ou Ψ, en m^3/m^3) et des coefficients de conversion pour l'humidité (f_u et f_Ψ) sont déterminées conformément à la méthodologie de la norme NBN EN ISO 10456 :

- soit il est fait usage des données de produit réelles, déterminées conformément à la norme ;
- soit il est fait usage des valeurs par défaut : soit provenant de la norme (NBN EN ISO 10456), soit (pour un nombre de matériaux pierreux) provenant de l'annexe C du présent texte.

La valeur de calcul λ_U des éléments de maçonnerie doit être déterminée suivant les dispositions de la norme NBN EN 1745, tout en respectant toutes les conditions mentionnées ci-dessus.

Des valeurs de calcul par défaut de la conductivité thermique pour divers matériaux sont mentionnées dans les tableaux du paragraphe A.2.

NOTE 1 Pour les produits isolants faits des mêmes matériaux que ceux qui sont mentionnés au tableau A.14a, l'application des règles mentionnées ci-dessus mène au résultat que la valeur λ_{Ui} (pour une application à l'intérieur) est identique à la valeur λ_D déclarée dans le cadre du marquage CE.

NOTE 2 Pour des éléments de maçonnerie (briques, blocs de béton,…) des valeurs par défaut sont données pour la conductivité λ_U dans les tableaux A.3 à A.8 et pour la résistance R_U dans le Tableau B.1 (2 premières catégories). Pour la maçonnerie complète (blocs de construction avec joints en mortier), il faut aussi tenir compte de l'influence des joints, celle-ci étant non négligeable surtout si des blocs légers sont utilisés (voir annexe G.3.1).

NOTE 3 Les tableaux A.3 à A.8 sont applicables aussi bien aux éléments de maçonnerie pleins qu'aux éléments de maçonnerie perforés. Dans le cas des éléments de maçonnerie perforés, la masse volumique se détermine sur les blocs (ou briques) entiers et comprend donc les perforations, cf. exemples dans l'annexe G.3.2.

A.2 Tableaux de valeurs par défaut des conductivités thermiques de matériaux de construction homogènes ou assimilés

Les tableaux dans ce paragraphe donnent des valeurs par défaut qui peuvent toujours être utilisées pour les calculs de transmission thermique dans le cadre de la réglementation PEB. Elles ne sont cependant pas utilisables telles quelles pour les calculs de l'isolation d'installations techniques.

Dans les tableaux ci-dessous, quand la masse volumique est mentionnée dans une colonne précédant celle de la conductivité thermique, elle constitue une condition qui doit être satisfaite pour que la valeur par défaut de la conductivité thermique soit valable. Quand la masse volumique est mentionnée dans une colonne se trouvant après celle de la conductivité thermique, elle constitue une information utile pour la détermination de la masse thermique des éléments de construction.

A.2.1 Métaux

Tableau A.1 : Métaux

Matériau	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	Chaleur massique c J/(kg.K)	Masse volumique ρ kg/m³
Plomb	35	35	130	11300
Cuivre	380	380	380	8900
Cuivre jaune (laiton)	120	120	380	8400
Acier	50	50	450	7800
Acier inoxydable (1)	17	17	460	7900
Aluminium 99%	160	160	880	2800
Fonte	50	50	450	7500
Zinc	110	110	380	7200
Bronze	65	65	380	8700
(1) Acier austénitique ou ferritique				

A.2.2 Pierres naturelles

Tableau A.2 : Pierres naturelles

Matériau	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	Masse volumique ρ kg/m³
Pierres lourdes (granit, gneiss, basalte, porphyre)	3,50	3,50	2700≤ ρ ≤3000
"Petit granit" (pierre bleue), pierre calcaire	2,91	3,50	2700
Marbres	2,91	3,50	2800
Ardoises	2,20	2,20	2000≤ ρ ≤2800
Pierres dures	2,21	2,68	2550
Pierres fermes	1,74	2,09	2350
Pierres silico-calcaires	2,30	2,30	2600
Pierres demi-fermes (o.a. moellon)	1,40	1,69	2200
La chaleur massique c vaut 1000 J/(kg.K)			

A.2.3 Éléments de maçonnerie

Tableau A.3 : Briques en terre cuite

Masse volumique ρ kg/m³	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)
ρ ≤ 700	0,22	0,43
700 < ρ ≤ 800	0,25	0,49
800 < ρ ≤ 900	0,28	0,56
900 < ρ ≤ 1000	0,32	0,63
1000 < ρ ≤ 1100	0,35	0,70
1100 < ρ ≤ 1200	0,39	0,77
1200 < ρ ≤ 1300	0,42	0,84
1300 < ρ ≤ 1400	0,47	0,93
1400 < ρ ≤ 1500	0,51	1,00
1500 < ρ ≤ 1600	0,55	1,09
1600 < ρ ≤ 1700	0,60	1,19
1700 < ρ ≤ 1800	0,65	1,28
1800 < ρ ≤ 1900	0,71	1,40
1900 < ρ ≤ 2000	0,76	1,49
2000 < ρ ≤ 2100	0,81	1,61
La chaleur massique c vaut 1000 J/(kg.K)		

Tableau A.4 : Briques/blocs silico-calcaires

Masse volumique ρ kg/m³	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)
ρ ≤ 900	0,36	0,78
900 < ρ ≤ 1000	0,37	0,81
1000 < ρ ≤ 1100	0,40	0,87
1100 < ρ ≤ 1200	0,45	0,97
1200 < ρ ≤ 1300	0,51	1,11
1300 < ρ ≤ 1400	0,57	1,24
1400 < ρ ≤ 1500	0,66	1,43
1500 < ρ ≤ 1600	0,76	1,65
1600 < ρ ≤ 1700	0,87	1,89
1700 < ρ ≤ 1800	1,00	2,19
1800 < ρ ≤ 1900	1,14	2,49
1900 < ρ ≤ 2000	1,30	2,84
2000 < ρ ≤ 2100	1,49	3,25
2100 < ρ ≤ 2200	1,70	3,71
La chaleur massique c vaut 1000 J/(kg.K)		

Tableau A.5 : Blocs de béton avec granulats ordinaires

Masse volumique ρ kg/m³	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)
ρ ≤ 1600	1,07	1,39
1600 < ρ ≤ 1700	1,13	1,47
1700 < ρ ≤ 1800	1,23	1,59
1800 < ρ ≤ 1900	1,33	1,72
1900 < ρ ≤ 2000	1,45	1,88
2000 < ρ ≤ 2100	1,58	2,05
2100 < ρ ≤ 2200	1,73	2,24
2200 < ρ ≤ 2300	1,90	2,46
2300 < ρ ≤ 2400	2,09	2,71
La chaleur massique c vaut 1000 J/(kg.K)		

Tableau A.6 : Blocs de béton d'argile expansé

Masse volumique ρ kg/m³	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)
ρ ≤ 400	0,14	(1)
400 < ρ ≤ 500	0,18	(1)
500 < ρ ≤ 600	0,21	0,28
600 < ρ ≤ 700	0,25	0,33
700 < ρ ≤ 800	0,30	0,39
800 < ρ ≤ 900	0,33	0,44
900 < ρ ≤ 1000	0,38	0,50
1000 < ρ ≤ 1100	0,43	0,57
1100 < ρ ≤ 1200	0,49	0,65
1200 < ρ ≤ 1300	0,55	0,73
1300 < ρ ≤ 1400	0,61	0,80
1400 < ρ ≤ 1500	0,67	0,88
1500 < ρ ≤ 1600	0,75	0,99
1600 < ρ ≤ 1700	0,83	1,10

La chaleur massique c vaut 1000 J/(kg.K)

(1) L'exposition directe de ces matériaux aux conditions climatiques extérieures n'est en règle générale pas recommandée.

Tableau A.7 : Blocs de béton avec d'autres granulats légers

Masse volumique ρ kg/m³	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)
ρ ≤ 500	0,30	(1)
600 < ρ ≤ 700	0,37	0,47
700 < ρ ≤ 800	0,41	0,52
800 < ρ ≤ 900	0,46	0,58
900 < ρ ≤ 1000	0,51	0,65
1000 < ρ ≤ 1100	0,57	0,73
1100 < ρ ≤ 1200	0,64	0,82
1200 < ρ ≤ 1300	0,72	0,91
1300 < ρ ≤ 1400	0,82	1,04
1400 < ρ ≤ 1500	0,92	1,17
1500 < ρ ≤ 1600	1,03	1,31
1600 < ρ ≤ 1800	1,34	1,70

La chaleur massique c vaut 1000 J/(kg.K)

(1) L'exposition directe de ces matériaux aux conditions climatiques extérieures n'est en règle générale pas recommandée.

Tableau A.8 : Blocs de béton cellulaire autoclavés

Masse volumique ρ kg/m³	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)
ρ ≤ 300	0,10	(1)
300 < ρ ≤ 400	0,13	(1)
400 < ρ ≤ 500	0,16	(1)
500 < ρ ≤ 600	0,20	0,32
600 < ρ ≤ 700	0,22	0,36
700 < ρ ≤ 800	0,26	0,42
800 < ρ ≤ 900	0,29	0,48
900 < ρ ≤ 1000	0,32	0,52
La chaleur massique c vaut 1000 J/(kg.K)		
(1) L'exposition directe de ces matériaux aux conditions climatiques extérieures n'est en règle générale pas recommandée.		

A.2.4 Éléments de construction pierreux sans joints (parois pleines, planchers,…)

Tableau A.9 : Béton lourd normal

Matériau	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	Masse volumique ρ kg/m³
Béton lourd normal, armé	1,70	2,20	2400
Béton lourd normal, non armé	1,30	1,70	2200
La chaleur massique c vaut 1000 J/(kg.K)			

Tableau A.10 : Béton léger en dalles (2) ou panneaux pleins ou en chape (béton d'argile expansé, béton cellulaire, béton de laitier, de vermiculite, de liège, de perlite, de polystyrène, etc.)

Si des valeurs λ sont mentionnées dans les tableaux A.3 à A.8 pour ces produits, ces dernières seront utilisées. Les valeurs ci-dessous ne sont alors pas d'application.

Masse volumique ρ kg/m³	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)
ρ < 350	0,12	(1)
350 ≤ ρ < 400	0,14	(1)
400 ≤ ρ < 450	0,15	(1)
450 ≤ ρ < 500	0,16	(1)
500 ≤ ρ < 550	0,17	(1)
550 ≤ ρ < 600	0,18	(1)
600 ≤ ρ <650	0,20	0,31
650 ≤ ρ < 700	0,21	0,34
700 ≤ ρ < 750	0,22	0,36
750 ≤ ρ < 800	0,23	0,38
800 ≤ ρ < 850	0,24	0,40
850 ≤ ρ < 900	0,25	0,43
900 ≤ ρ < 950	0,27	0,45
950 ≤ ρ < 1 000	0,29	0,47
1 000 ≤ ρ < 1 100	0,32	0,52
1 100 ≤ ρ < 1 200	0,37	0,58
1 200 ≤ ρ < 1 500	0,60	0,90
1 500 ≤ ρ < 1 600	0,85	1,20
1 600 ≤ ρ	1,30	1,70

La chaleur massique c vaut 1000 J/(kg.K)

(1) L'exposition directe de ces matériaux aux conditions climatiques extérieures n'est en règle générale pas recommandée.

(2) Dans le cas où les dalles ou les panneaux sont pourvus d'une armature parallèle au sens du flux thermique (ex. colliers, treillis d'armature), le transfert thermique sera pris en compte dans la détermination de la valeur U selon la NBN EN 10211.

A.2.5 Plâtre, mortiers et enduits

Tableau A.11 : Plâtre avec ou sans granulats légers

Masse volumique ρ kg/m³	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)
ρ ≤ 800	0,22	(1)
800 < ρ ≤ 1 100	0,35	(1)
1 100 < ρ	0,52	(1)

La chaleur massique c vaut 1000 J/(kg.K)

(1) L'exposition directe de ces matériaux aux conditions climatiques extérieures n'est en règle générale pas recommandée.

Tableau A.12 : Mortiers et enduits

Matériau	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	*Masse volumique ρ kg/m³*
Mortier de ciment	0,93	1,50	*1900*
Mortier de chaux	0,70	1,20	*1600*
Enduit de plâtre	0,52	(1)	*1300*

La chaleur massique c vaut 1000 J/(kg.K)

(1) L'exposition directe de ces matériaux aux conditions climatiques extérieures, avec entre autre un risque d'humidification par la pluie, n'est en règle générale pas recommandée.

A.2.6 Bois et dérivés de bois

Tableau A.13 : Bois et dérivés de bois

Matériau	**Masse volumique ρ kg/m³**	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**	***Chaleur massique c J/(kg.K)***
Bois de charpente en bois feuillus durs et bois résineux	ρ ≤ 600	0,13	0,15	*1880*
	ρ > 600	0,18	0,20	
Panneau de contreplaqué	ρ < 400	0,09	0,11	*1880*
	400 ≤ ρ < 600	0,13	0,15	
	600 ≤ ρ < 850	0,17	0,20	
	ρ ≥ 850	0,24	0,28	
Panneau de particules ou d'aggloméré	ρ < 450	0,10	(1)	*1880*
	450 ≤ ρ < 750	0,14	(1)	
	ρ ≥ 750	0,18	(1)	
Panneau de fibres liées au ciment	ρ ≤ 1200	0,23	(1)	*1470*
Panneau d'OSB (oriented strand board)	ρ ≤ 650	0,13	(1)	*1880*
Panneau de fibres de bois (y compris MDF)	< 375	0,07	(1)	*1880*
	375 ≤ ρ < 500	0,10	(1)	
	500 ≤ ρ < 700	0,14	(1)	
	ρ ≥ 700	0,18	(1)	
(1) L'exposition directe de ces matériaux aux conditions climatiques extérieures n'est en règle générale pas recommandée.				

A.2.7 Matériaux d'isolation thermique

Tableau A.14a : Matériaux d'isolation thermique fabriqués en usine

Matériau	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	*Chaleur massique c J/(kg.K)*
Liège (ICB) – panneaux	0,050	(1)	*1560*
Laine minérale (MW) – panneaux ou rouleaux	0,050	(1)	*1030*
Polystyrène expansé (EPS) – panneaux	0,050	(1)	*1450*
Polyéthylène extrudé (PEF) – panneaux	0,050	(1)	*1450*
Mousse phénolique (PF) – panneaux revêtus	0,045 (2)	(1)	*1400*
Polyuréthane (PUR/PIR) – panneaux revêtus	0,035	(1)	*1400*
Polystyrène extrudé (XPS) – panneaux	0,045	(1)	*1450*
Verre cellulaire (CG) – panneaux	0,055	(1)	*1000*
Perlite expansée (EPB) – panneaux	0,060	(1)	*900*
Vermiculite expansée – panneaux	0,090	(1)	*900*
Panneaux de cellulose, fabriqués en usine, avec $50 \leq \rho \leq 150$ kg/m³	0,060	(1)	*1100*
Panneaux ou rouleaux d'isolant à base de fibres végétales ou animales, fabriqués en usine, autre que la cellulose, avec $50 \leq \rho \leq 150$ kg/m³ (3)(4)	0,060	(1)	*1100*

(1) L'exposition directe de ces matériaux aux conditions climatiques extérieures n'est en règle générale pas recommandée.

(2) Pour les panneaux d'isolation revêtus en mousse phénolique à cellules fermées, cette valeur est ramenée à 0,030 W/(m.K).

(3) Par exemple : chanvre, lin, plume, paille, laine de mouton,…

(4) Pour des densités plus élevées, voir tableau A.15.

Par dérogation aux valeurs mentionnées dans le tableau 14.a, pour les bâtiments dont la demande de permis a été déposée avant le 1er juin 2012, les valeurs suivantes sont d'application :

Tableau A.14a bis : Matériaux d'isolation thermique fabriqués en usine : valeurs valables pour les demandes de permis déposées avant le 1er Juin 2012

Matériau	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	*Chaleur massique c J/(kg.K)*
Laine minérale (MW)	0,045	(1)	*1030*
Polystyrène expansé (EPS)	0,045	(1)	*1450*
Polyéthylène extrudé (PEF)	0,045	(1)	*1450*
Polystyrène extrudé (XPS)	0,040	(1)	*1450*
(1) L'exposition directe de ces matériaux aux conditions climatiques extérieures n'est en règle générale pas recommandée.			

Tableau A.14b : Matériaux d'isolation thermique non fabriqués en usine et matériaux d'isolation thermique prenant leur forme finale in situ (1)

Matériau	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	*Chaleur massique c J/(kg.K)*
Laine minérale (MW)	0,070	(2)	*1030*
Polystyrène expansé (EPS)	0,070	(2)	*1450*
Mousse phénolique (PF)	0,065	(2)	*1400*
Polyuréthane (PUR/PIR) (3)	0,055	(2)	*1400*
Granulats de perlite expansée (EPB)	0,080	(2)	-
Granulats de vermiculite expansée	0,110	(2)	*1080*
Cellulose	0,080	(2)	*1100*
Isolant à base de fibres végétales ou animales, non fabriqués en usine, autre que la cellulose (4)	0,080	(2)	*1100*
Mousse d'urée-formaldéhyde (UF)	0,075	(2)	*1400*
Granulats d'argile expansée	0,150	(2)	*1000*
(1) Ces matériaux peuvent être mis en œuvre de différentes façons, par exemple (selon le cas) insufflé, soufflé, injecté, projeté, déversé, ...			
(2) L'exposition directe de ces matériaux aux conditions climatiques extérieures n'est en règle générale pas recommandée.			
(3) Pour le matériau d'isolation PUR injecté ou projeté in situ, la résistance thermique de la couche d'isolation PUR doit être corrigée selon les règles du § 7.3.			
(4) Par exemple : chanvre, lin, plume, paille, laine de mouton,…			

A.2.8 Matériaux divers

Tableau A.15 : Matériaux divers

Matériau	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**	***Chaleur massique c J/(kg.K)***	***Masse volumique ρ kg/m³***
Verre	1,00	1,00	*750*	*2500*
Carreaux de terre cuite	0,81	1,00	*1000*	*1700*
Carreaux de grès	1,20	1,30	*1000*	*2000*
Caoutchouc	0,17	0,17	*1400*	*1500*
Linoléum, carreaux de PVC	0,19	-	*1400*	*1200*
Tapis (textile)	0,06	-	*1300*	*200*
Panneaux en ciment renforcé de fibres minérales naturelles	0,35	0,50	*1000*	*1400 ≤ ρ ≤ 1900*
Asphalte coulé	0,70	0,70	*1000*	*2100*
Plaques de ciment, plaques de magnésie, avec 300 ≤ ρ ≤ 900 kg/m³	0,20	-	*1500*	*300 ≤ ρ ≤ 900*
Panneaux ou rouleaux d'isolant à base de fibres végétales ou animales, fabriqués en usine, avec 150 ≤ ρ ≤ 500 kg/m³ (1)	0,20	-	*1500*	*150 ≤ ρ ≤ 500*
Membrane bitumeuse	0,23	0,23	*1000*	*1 100*
(1) Par exemple : chanvre, lin, plume, paille, laine de mouton,…				

Annexe B Résistance thermique (valeur R) des matériaux de construction non homogènes

Certaines parois sont construites à l'aide d'éléments à parties creuses (ex. des blocs de béton creux, des briques creuses, des matériaux mixtes,…). Ces matériaux ne peuvent pas être caractérisés par une conductivité thermique donnée. Pour de tels matériaux, c'est la résistance thermique qui est indiquée, dont le calcul doit tenir compte des conditions intérieures ou extérieures comme défini à l'annexe A. La valeur R qu'il faut utiliser pour le calcul est tirée de mesures de la valeur U conformément aux dispositions de la NBN EN 8990. Alternativement, les valeurs R peuvent être calculées numériquement en suivant les conventions de la NBN EN ISO 10211.

Dans le tableau B.1, un certain nombre de valeurs par défaut de la résistance thermique pour conditions intérieures sont aussi données.

Tableau B.1 - Résistance thermique des matériaux non homogènes

Matériau		**Epaisseur/hauteur des éléments**	**R_{Ui} m².K/W**
Blocs creux de béton	Blocs creux de béton lourd avec ρ > 1200 kg/m³	d = 14 cm	0,11
		d = 19 cm	0,14
		d = 29 cm	0,20
	Blocs creux de béton léger avec ρ ≤ 1200 kg/m³	d = 14 cm	0,30
		d = 19 cm	0,35
		d = 29 cm	0,45
Planchers bruts préfabriqués en éléments creux de terre cuite	1 creux dans le sens du flux	d = 8 cm	0.08
		d = 12 cm	0.11
	2 creux dans le sens du flux	d = 12 cm	0.13
		d = 16 cm	0.16
		d = 20 cm	0.19
Planchers bruts préfabriqués en béton lourd (avec éléments creux)		d = 12 cm	0,11
		d = 16 cm	0,13
		d = 20 cm	0,15
Plaques de plâtre entre deux couches de carton		d < 1,4 cm	0,05
		d ≥ 1,4 cm	0,08
La chaleur massique c vaut 1000 J/(kg.K)			

Annexe C Valeurs par défaut des teneurs en humidité et coefficients de conversion pour les matériaux pierreux

Tableau C.1 : Valeurs par défaut des teneurs en humidité et coefficients de conversion pour les matériaux pierreux

Matériau	Masse Volumique ρ kg/m³	Teneur en humidité à 23°C et 50% HR (NBN EN ISO 10456:2008)		Teneur en humidité correspondant à 75% du taux de saturation critique à 20°C		Coefficient de conversion pour l'humidité (NBN EN ISO 10456:2008)	
		u_{2i} kg/kg	Ψ_{2i} m³/m³	u_{2e} kg/kg	Ψ_{2e} m³/m³	f_u kg/kg	f_Ψ m³/m³
Terre cuite	700-2100	-	0,007	-	0,075	-	10
Silico-calcaire	900-2200	-	0,012	-	0,090	-	10
Béton avec granulats normaux	1600-2400	-	0,025	-	0,090	-	4
Béton avec argile expansée	400-1700	0,020	-	0,090	-	4	-
Béton avec autres granulats légers	500-1800	-	0,030	-	0,090	-	4
Béton cellulaire	300-1000	0,026	-	0,150	-	4	-
Béton de polystyrène	500-800	-	0,015	-	0,090	-	5
Mortier	250-2000	-	0,040	-	0,150	-	4

Annexe D Coefficients de transmission thermique des profilés d'encadrements (valeurs U_f) : valeurs par défaut

Cette annexe s'applique aux profilés d'encadrements posés à la verticale qui satisfont aux critères ou aux conditions indiquées. Pour tous les autres profilés d'encadrement, il faut déterminer les valeurs U_f tel qu'expliqué au § 9.2.1.

D.1 Profilés d'encadrements en bois

Pour les profilés d'encadrement en bois, on peut prendre les valeurs U_f simplifiées du Tableau D.1. Pour les épaisseurs qui ne sont pas reprises dans le Tableau D.1, la valeur U_f correspondant à l'épaisseur inférieure la plus proche est considérée.

Pour déterminer à quel type de bois une espèce appartient, le Tableau D.4 est utilisé.

Tableau D.1 : Coefficients de transmission thermique des profilés d'encadrement en bois, U_f en W/(m².K)

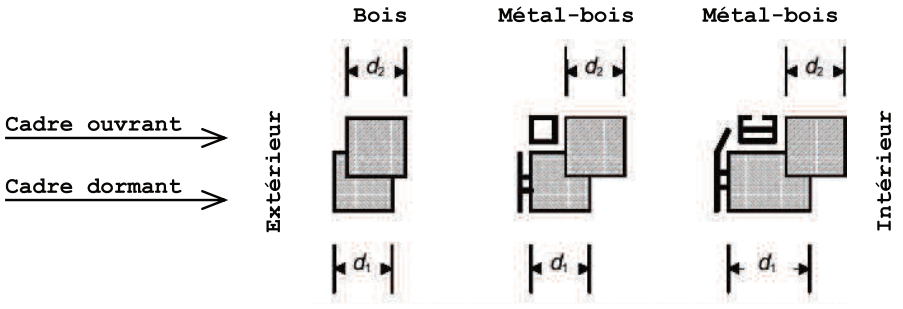
Épaisseur du profilé d'encadrement d_f (en mm) (voir Figure [33])	**U_f W/(m².K) (1)**		
	Type 1 λ_U = 0,18 W/(m.K)	**Type 2 λ_U = 0,16 W/(m.K)**	**Type 3 λ_U = 0,13 W/(m.K)**
50	2,36	2,22	2,00
60	2,20	2,10	1,93
70	2,08	1,96	1,78
80	1,96	1,85	1,67
90	1,86	1,75	1,58
100	1,75	1,65	1,48
110	1,68	1,57	1,40
120	1,58	1,48	1,32
130	1,50	1,40	1,25
140	1,40	1,32	1,18
150	1,34	1,26	1,12

(1) Conventions pour les profilés d'encadrement en bois :

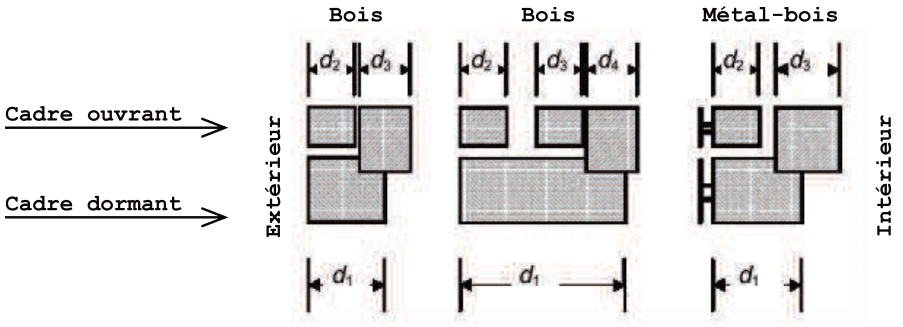
- *comme valeur par défaut pour l'épaisseur du profilé d'encadrement, on considère 50 mm ;*
- *comme valeur par défaut pour le type de bois, on considère qu'il s'agit de bois de Type 1.*

On détermine l'épaisseur (d_f) des profilés d'encadrement en bois comme étant l'épaisseur moyenne des profilés d'encadrement constitutifs (dormant et ouvrant), tel qu'illustré à la Figure [33].

Figure [33] : Définition de l'épaisseur d_f des différents encadrements en bois



$$d_f = \frac{d_1 + d_2}{2}$$



$$d_f = \frac{\sum_j d_{j,s} + \sum_j d_{j,f}}{2}$$

$d_{j,s}$ = épaisseur ouvrant

$d_{j,f}$ = épaisseur dormant

Tableau D.4 : Types de bois

Type 1 **λ_U = 0,18 W/(m.K)**	**Type 2** **λ_U = 0,16 W/(m.K)**	**Type 3** **λ_U = 0,13 W/(m.K)**
Afzelia	Sapelli	Acajou d'Afrique
Bintangor	Sipo	Mélèze
Eucalyptus bleu	Chêne de Tasmanie	Eastern Spruce
Eucalyptus	Mengkulang	White Seraya
Merbau	Niangon	Pin sylvestre
Gerutu	Iroko	Douglas (pin d'Oregon)
Kasai	Louro Vermelho	Light Red Meranti
Chêne	Dark Red Meranti	Acajou d'Amérique
Robinier	Teck	Framiré
Feuillu non mentionné dans le reste du tableau	Makoré	Western hemlock
		Résineux non mentionné dans le reste du tableau

D.2 Profilés d'encadrement métalliques

D.2.1 Définitions

La résistance thermique R_f d'un profilé d'encadrement métallique est donnée par :

Eq. 54 $$R_f = \frac{1}{U_{f0}} - 0,17 \quad \text{m}^2.\text{K/W}$$

où :

U_{f0} la valeur U du profilé d'encadrement, en W/(m².K), calculée comme si la surface développée était égale à la surface projetée (voir tableau D.2)

La valeur U_f du profilé d'encadrement métallique est donnée par :

Eq. 55 $$U_f = \frac{1}{\left(\frac{R_{si}.A_{f,i}}{A_{d,i}} + R_f + \frac{R_{se}.A_{f,e}}{A_{d,e}} \right)} \quad \text{W/(m}^2.\text{K)}$$

où :

$A_{d,i}$, $A_{d,e}$, les surfaces des profilés d'encadrement, en m², définies au § 8.1.3 ;

$A_{f,i}$, $A_{f,e}$

R_{si} la résistance thermique d'échange à la surface intérieure du profilé d'encadrement, en m².K/W, selon le § 8.4.3 (ou voir Tableau [1]) ;

R_{se} la résistance thermique d'échange à la surface extérieure du profilé d'encadrement, en m².K/W, selon le § 8.4.3 (ou voir Tableau [1]) ;

R_f la résistance thermique du profilé d'encadrement, en m².K/W, calculée selon l'Eq. 54.

D.2.2 Profilés d'encadrement métalliques à coupure thermique

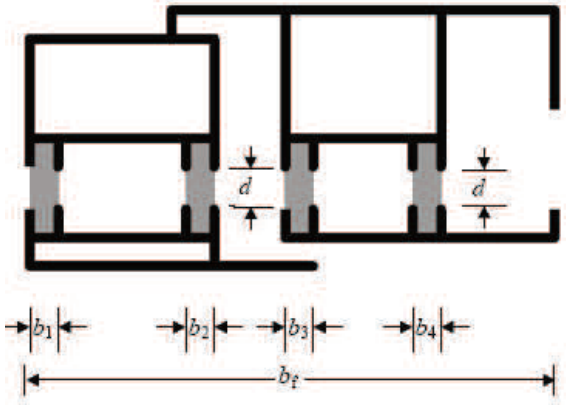
Une coupure thermique a pour but de séparer complètement les parties des profilés d'encadrement métalliques situées du côté chaud de la fenêtre des parties de ces profilés d'encadrement situées du côté froid.

Dans le cas de profilés d'encadrement métalliques à coupure thermique, la valeur U_f est influencée par les caractéristiques constructives telles que :

- la plus petite distance d entre les sections métalliques interrompues ;
- la largeur totale b des coupures thermiques proprement dites ;
- la conductivité thermique λ du matériau de la coupure thermique ;
- le rapport entre la largeur totale de la coupure thermique et la largeur projetée totale du profilé d'encadrement.

Le Tableau D.2 donne des valeurs U_f à utiliser pour les deux types de profilés d'encadrement métalliques illustrés à la Figure [34] et à la Figure [35], et pour lesquels les conditions suivantes sont d'application :

Figure [34] : Section de type 1 : coupure thermique avec 0,2 < λ ≤ 0,3 W/(m.K)

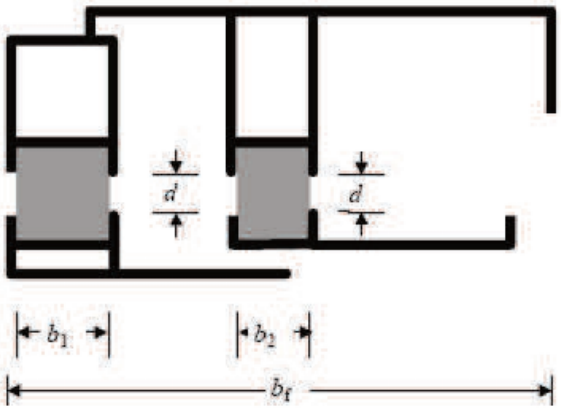


La conductivité thermique du matériau de la coupure thermique est telle que :

$0,2 < \lambda \leq 0,3$ W/(m.K)

- d est la plus petite distance entre les profilés métalliques séparés par la coupure
- b_j est la largeur de la coupure j
- b_f est la largeur du profilé
- $\sum_j b_j \leq 0,2.b_f$

Figure [35] : Section de type 2 : coupure thermique avec 0,1 < λ ≤ 0,2 W/(m.K)



La conductivité thermique du matériau de la coupure thermique est telle que :

$0,1 < \lambda \leq 0,2$ W/(m.K)

- d est la plus petite distance entre les profilés métalliques séparés par la coupure
- bj est la largeur de la coupure j
- bf est la largeur du profilé
- $\sum_j b_j \leq 0,3.b_f$

Tableau D.2 : Coefficients de transmission thermique de profilés d'encadrement métalliques à coupure thermique, U_f en W/(m².K)

d (en mm) : plus petite distance entre les profilés d'encadrement métalliques à coupure thermique	U_{fo} W/(m².K) (1)	R_f m².K/W	U_f W/(m².K) (2)
8	3,56	0,11	4,51
10	3,36	0,13	4,19
12	3,18	0,14	3,91
14	3,08	0,15	3,76
16	2,96	0,17	3,59
18	2,85	0,18	3,43
20	2,75	0,19	3,28
22	2,70	0,20	3,21
24	2,60	0,21	3,07
26	2,58	0,22	3,04
28	2,55	0,22	3,00
30	2,53	0,23	2,97
32	2,52	0,23	2,96
34	2,51	0,23	2,95
36	2,50	0,23	2,93

(1) U_{fo} est la valeur U_f théorique du profilé d'encadrement si les surfaces projetées et développées du profilé sont égales tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, c.-à-d. si $A_{f,i}/A_{d,i} = 1$ et $A_{f,e}/A_{d,e} = 1$

(2) Comme valeur simplifiée pour la plus petite distance d entre les profilés à coupure thermique, on prend d = 10 mm. Les valeurs U_f ne sont valables que si le rapport $A_{f,i}/A_{d,i} \geq 0,50$, sinon il faut effectuer un calcul précis en suivant la NBN EN ISO 10077-2

D.2.3 Profilés d'encadrement métalliques sans coupure thermique

La règle générale qui s'applique pour les profilés d'encadrement sans coupure thermique est $R_f = 0$ m²K/W et $U_{f0} = 5,90$ W/(m².K).

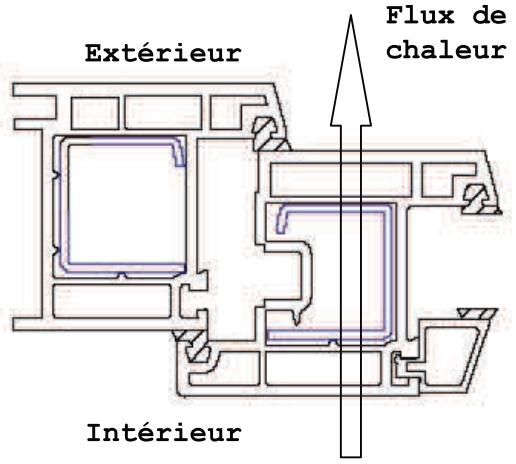
Selon les proportions de surface $A_{f,i}/A_{d,i}$ et $A_{f,e}/A_{d,e}$, la valeur U_f correspondante des profilés d'encadrement métalliques sans coupure thermique, calculée selon l'Eq. 55, varie entre :

- $U_f = 5,9$ W/(m².K) (pour $A_{f,i}/A_{d,i} = 1$ et $A_{f,e}/A_{d,e} = 1$) ;
- $U_f = 9,0$ W/(m².K) (pour les valeurs limites inférieures forfaitaires : $A_{f,i}/A_{d,i} = 0,60$ en $A_{f,e}/A_{d,e} = 0,82$).

D.3 Profilés d'encadrement en plastique

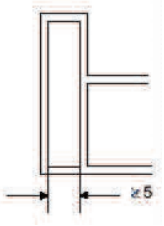
La Figure [36] présente un exemple de profilé d'encadrement en plastique où trois chambres sont placées en série avec le flux thermique et dont la chambre centrale est équipée d'un renfort métallique.

Figure [36] : Profilé d'encadrement en plastique avec renfort et 3 chambres en série avec le flux thermique



Le tableau D.3 donne des valeurs U_f simplifiées pour des profilés d'encadrement en plastique avec renforts métalliques. Si on ne connaît pas d'autres données, on peut aussi utiliser ces valeurs pour les profilés sans renforts.

Tableau D.3 : Coefficients de transmission thermique des profilés d'encadrement en plastique, U_f en W/(m².K)

Matériau et type de profilé d'encadrement		U_f W/(m².K) (1)
Profilé d'encadrement PVC minimum 5 mm entre les parois des chambres(2), ex. : 	2 chambres (en série avec le flux thermique) avec ou sans renfort 	2,20
	3 chambres (en série avec le flux thermique) avec ou sans renfort 	2,00
	4 chambres (en série avec le flux thermique) avec ou sans renfort	1,80
	5 chambres (en série avec le flux thermique) avec ou sans renfort	1,60
Profilé d'encadrement PUR	Avec noyau métallique et épaisseur minimum de 5 mm de PUR	2,80

(1) Valeurs par défaut pour les profilés d'encadrement en plastique :

- matériau inconnu : prendre comme valeur U_f celle du profilé d'encadrement PUR
- nombre de chambres inconnu : prendre comme valeurs U_f celle des profilés d'encadrement à 2 chambres

(2) Pour les distances inférieures à 5 mm, il faut déterminer la valeur U_f suivant le calcul de la NBN EN ISO 10077-2 ou la mesure de la NBN EN 12412-2

Annexe E Coefficient de transmission thermique linéique (valeurs Ψ) des jonctions entre profilés d'encadrement, vitrages, panneaux de remplissage et traverses.

E.1 Généralités

La valeur U_g pour le vitrage et la valeur U_p des panneaux de remplissage s'appliquent à la partie centrale du vitrage ou du panneau de remplissage et ne comprennent pas l'effet des intercalaires sur les bords du verre ou du panneau. Par ailleurs, on détermine la valeur U_f du profilé d'encadrement pour les profilés qui ne sont pas équipés d'un vitrage.

Le coefficient de transmission thermique linéique (valeur Ψ) décrit la transmission thermique supplémentaire qui se produit entre l'encadrement, le vitrage (ou le panneau) et l'intercalaire. La valeur Ψ est principalement influencée par la conductivité thermique du matériau dont se compose l'intercalaire, ainsi que par la conception de l'encadrement.

La présente annexe donne les valeurs par défaut Ψ relatives à des combinaisons typiques de profilés d'encadrement, vitrages (ou panneaux) et intercalaires. De plus, les jonctions qui se produisent dans les façades légères sont également traitées, par exemple pour des combinaisons de vitrages (ou panneaux), profilés et traverses.

Toutes les valeurs qui ne sont pas couvertes par les différents tableaux doivent être déterminées à l'aide d'un calcul numérique, conformément aux directives de la NBN EN ISO 10077-2.

NOTE Pour du simple vitrage on prend généralement Ψ = 0.

E.2 Jonction entre profilé d'encadrement et vitrage

On établit une différence entre les intercalaires normaux (en aluminium ou en acier) et les intercalaires thermiquement améliorés, qui répondent au critère en matière de coupure thermique suivant :

Eq. 56 $$\sum (d.\lambda)_f \leq 0,007 \quad \text{W/K}$$

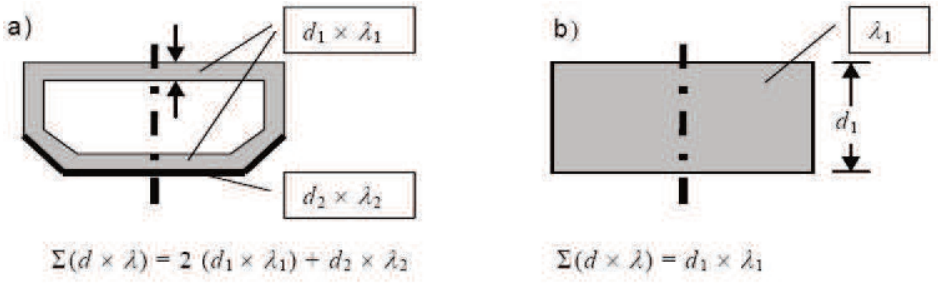
où :

d l'épaisseur de la paroi de l'intercalaire, en m ;

λ la conductivité thermique du matériau de l'intercalaire, en W/(m.K), (voir le tableau A.16)

Le critère est valable pour tous les flux thermiques qui s'écoulent parallèlement au flux thermique principal, l'épaisseur d étant mesurée perpendiculairement au flux thermique principal (voir Figure [37]).

Figure [37] : Exemples de détermination du critère d'un intercalaire amélioré du point de vue thermique



a) intercalaire creux **b) intercalaire plein**

Le tableau E.1 donne des valeurs par défaut Ψ_g pour des intercalaires normaux et thermiquement améliorés en fonction du coefficient de transmission thermique du vitrage et du profilé. Alternativement, on peut aussi utiliser les valeurs du tableau E.2.

Tableau E.1 : Valeurs Ψ_g W/(m.K) pour les jonctions entre les profilés et les vitrages qui sont pourvues d'intercalaires normaux et thermiquement améliorés, variante 1.

Type d'encadrement	Vitrage multiple			
	Vitrage sans coating		Vitrage avec coating	
	Intercalaire normal	Intercalaire isolant	Intercalaire normal	Intercalaire isolant
Bois ou PVC	0,06	0,05	0,08	0,06
Métal avec coupure thermique	0,08	0,06	0,11	0,08
Métal sans coupure thermique	0,02	0,01	0,05	0,04

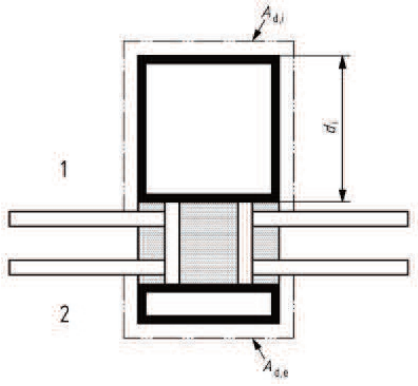
Tableau E.2 : Valeurs Ψ_g W/(m.K) pour les jonctions entre les profilés et les vitrages qui sont pourvues d'intercalaires normaux et thermiquement améliorés, variante 2.

Profilé d'encadrement	Simple vitrage	Vitrage multiple			
		U_g > 2,0 W/(m².K)		$U_g \leq$ 2,0 W/(m².K)	
		Intercalaire normal	Intercalaire isolant	Intercalaire normal	Intercalaire isolant
$U_f \geq$ 5,9 W/(m².K)	0	0,02	0,01	0,05	0,04
$U_f <$ 5,9 W/(m².K)	0	0,06	0,05	0,11	0,07

E.3 Jonction entre traverse et vitrage

Dans le tableau E.3 les valeurs $\Psi_{m,g}$ ou $\Psi_{t,g}$ par défaut sont données pour la jonction entre des traverses horizontales ou verticales et les vitrages qui sont pourvus d'intercalaires normaux et thermiquement améliorés.

Figure [38] : Profondeur intérieure des traverses



1 : environnement intérieur

2 : environnement extérieur

d_i : profondeur de la traverse verticale ou horizontale (mesurée du côté intérieur)

Tableau E.3 –Valeurs $\Psi_{m(t),g}$ W/(m.K) pour la jonction entre traverses et vitrages qui sont pourvus d'intercalaires normaux et thermiquement améliorés

Type de traverse (matériaux)	d_i (mm) (1)	Vitrage multiple (vitre 6 mm)			
		Vitrage sans coating		Vitrage avec coating	
		intercalaire normal	intercalaire isolé	intercalaire normal	intercalaire isolé
Aluminium-bois	-	0,08	0,06	0,11	0,08
Metal avec coupure thermique	$d_i \leq 100$	0,13	0,09	0,17	0,11
	$100 < d_i \leq 200$	0,15	0,10	0,19	0,12
(1) d_i est la profondeur intérieur de la traverse (voir Figure [38])					

E.4 Jonction entre profilé et panneau de remplissage

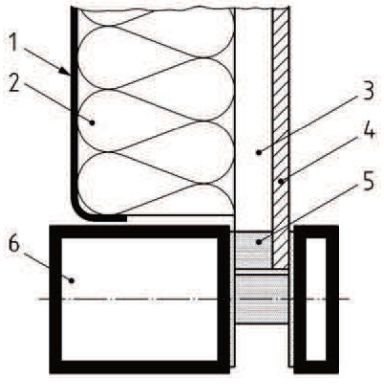
Dans le Tableau E.4 des valeurs par défaut sont données pour la jonction entre profilé, intercalaire et panneau de remplissage ($\Psi_{f,p}$).

Tableau E.4 : Valeurs $\Psi_{f,p}$ pour la jonction entre des profilés et des panneaux de remplissage

Type d'élément plein		Conductivité thermique de l'intercalaire W/(m.K)	Valeur $\Psi_{f,p}$ W/(m.K)
Type 1 (voir Figure [39])	(aluminium/aluminium) – (aluminium/verre) – (acier/verre)	-	0,13
Type 2 (voir Figure [39])	aluminium / aluminium (avec revêtement)	0,2 0,4	0,20 0,29
	aluminium / verre (avec revêtement)	0,2 0,4	0,18 0,20
	acier / verre (avec revêtement)	0,2 0,4	0,14 0,18

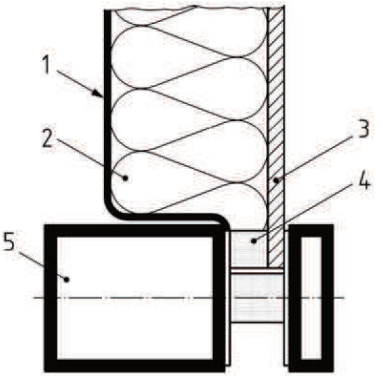
Figure [39] : Types de panneaux de remplissage : Types 1 et 2

Type 1



1 aluminium 2,5 mm / acier 2,0 mm
2 isolation : λ = 0,025 – 0,04 W/(m K)
3 vide d'air : 0 - 20 mm
4 aluminium 2,5 mm / verre 6 mm
5 intercalaire : λ = 0,2 – 0,4 W/(m K)
6 aluminium

Type 2



1 aluminium 2,5 mm / acier 2,0 mm
2 isolation : λ = 0,025 – 0,04 W/(m K)
3 aluminium : 2,5 mm / verre 6 mm
4 intercalaire : λ = 0,2 – 0,4 W/(m K)
5 aluminium

NOTE Quand le panneau avant et le panneau arrière du panneau de remplissage sont constitués d'un matériau dont la conductivité thermique (valeur λ) est plus petite que 0,5 W/(m.K) et l'intercalaire est constitué d'un matériau avec λ < 0,2 W/(m.K), alors on peut utiliser $\Psi_{f,p} = 0$.

E.5 Jonction entre profilé et traverse

E.5.1 Profilés en aluminium et en acier

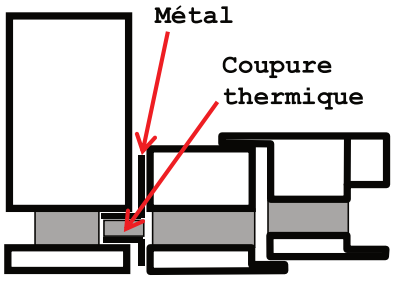
Dans le Tableau E.5 des valeurs par défaut sont données pour la jonction entre traverses et profilés ($\Psi_{m,f}$ ou $\Psi_{t,f}$).

Tableau E.5 : Valeurs $\Psi_{m,f}$ et $\Psi_{t,f}$ pour les jonctions entre profilé et traverses (en aluminium ou acier)

Type (voir figures ci-dessous)	**Description de la jonction entre le profilé et la traverse**	**Valeur $\Psi_{m,f}$ ou $\Psi_{t,f}$ W/(m.K)**
Type A	Profilé métallique supplémentaire avec coupure thermique	0,11
Type B	Profilé supplémentaire à faible conductivité thermique ($\lambda \leq 0,3$ W/(m.K))	0,05
Type C1/C2	Intégrée et utilisant la coupure thermique du profilé	0,07
Type D	Montage du profilé sur la traverse, avec extension du profilé aluminium extérieur. Matériau de remplissage de faible conductivité thermique ($\lambda \leq 0,3$ W/(m.K))	0,07

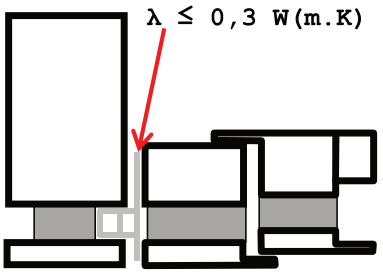
Figure [40] : Jonction profilé-traverse : Types A et B

Type A



Montage du profilé sur la traverse avec profilé métallique supplémentaire avec coupure thermique

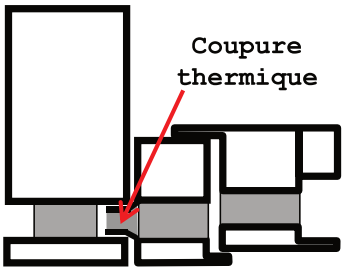
Type B



Montage du profilé sur la traverse avec profilé supplémentaire à faible conductivité thermique

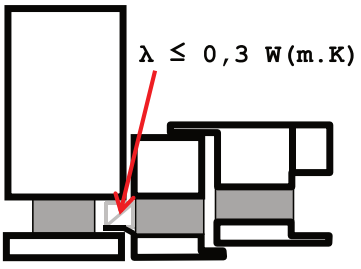
Figure [41] : Jonction profilé-traverse : Types C1 et C2

Type C1



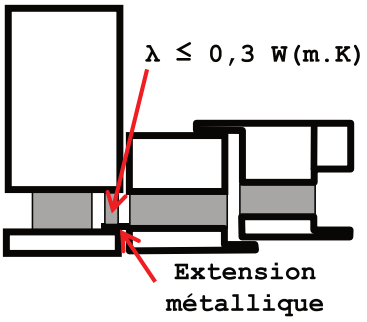
Montage du profilé sur la traverse par usage d'une extension de la coupure thermique du profilé

Type C2



Montage du profilé sur la traverse par usage d'une extension de la coupure thermique du profilé

Figure [42] : Jonction profilé-traverse : Type D



Montage du profilé sur la traverse par usage d'une extension du profilé aluminium extérieur. Matériau de remplissage à faible conductivité thermique (λ ≤ 0,3 W/(m.K))

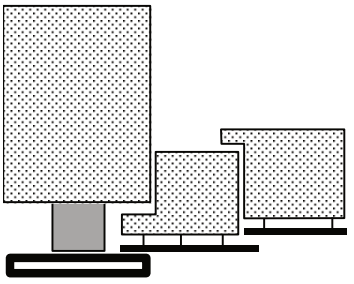
E.5.2 Profilés en bois et profilés bois/aluminium

Dans le Tableau E.6 des valeurs par défaut sont données pour la jonction entre profilés et traverses ($\Psi_{f,m}$ ou $\Psi_{f,t}$).

Tableau E 6 : Valeurs $\Psi_{m,f}$ et $\Psi_{t,f}$ pour les jonctions entre profilés et traverses (en bois ou aluminium/bois)

Type	Conditions pour les valeurs U des traverses horizontales et verticales (U_m et U_t)	Valeur $\Psi_{m,f}$ ou $\Psi_{t,f}$ W/(m.K)
Type A	U_m > 2,0 W/(m².K) et U_t > 2,0 W/(m².K)	0,02
Type B	U_m ≤ 2,0 W/(m².K) et/ou U_t ≤ 2,0 W/(m².K)	0,04

Figure [43] : Jonction profilé-traverse : Type A et Type B



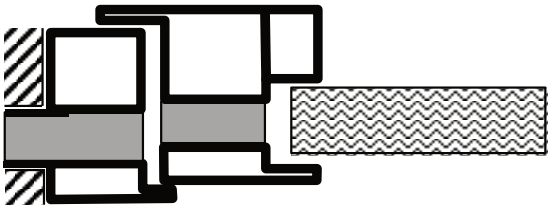
E.6 Calcul de U_f pour des profilés intégrés dans une façade légère

La valeur U_f de profilés qui sont intégrés dans une façade légère au moyen d'un profilé supplémentaire dans la façade (Type A et Type B – voir Figure [40]), est calculée selon la NBN EN ISO 10077-2. Le flux thermique au travers du profilé supplémentaire est pris en compte par des coefficients de transmission thermique linéique des traverses (valeurs $\Psi_{m,f}$ et $\Psi_{t,f}$), qui décrivent l'interaction thermique entre les traverses et le profilé.

Figure [44] : Conditions de bord pour le calcul de la valeur U_f d'un encadrement, qui est directement intégré dans une façade légère (profilé métallique – Type C et Type D)



Adiabatique



La méthode générale de calcul pour la détermination de la valeur U_f des profilés, qui sont directement intégrés dans une façade légère (Type C et Type D – voir Figure [41] et Figure [42]), est décrite dans la NBN EN ISO 10077-2. La surface du profilé qui est intégré dans les traverses doit être considérée comme adiabatique lors du calcul (voir Figure [44]). Le flux de chaleur supplémentaire, qui résulte de l'intégration dans la façade légère, est comptabilisé grâce aux coefficients de transmission thermique linéique des traverses (valeurs $\Psi_{m,f}$ et $\Psi_{t,f}$), qui représentent l'interaction thermique entre les traverses et le profilé.

Annexe F Transmissions thermiques via le sol

F.1 Données spécifiques nécessaires

F.1.1 Caractéristiques thermiques du sol

Dans le cadre de la réglementation PEB, on fait toujours les hypothèses suivantes :

- conductivité thermique du sol : λ_g = 2,0 W/(m.K) ;
- l'effet de la nappe phréatique est négligé, c'est à dire que G_w = 1.

F.1.2 Dimension caractéristique du plancher et épaisseur équivalente

La dimension caractéristique du plancher (B' en m) est définie comme le rapport de la surface totale en contact avec le sol (A en m²) et du demi-périmètre (P en m) :

Eq. 57 $$B' = \frac{A}{0,5.P}$$ m

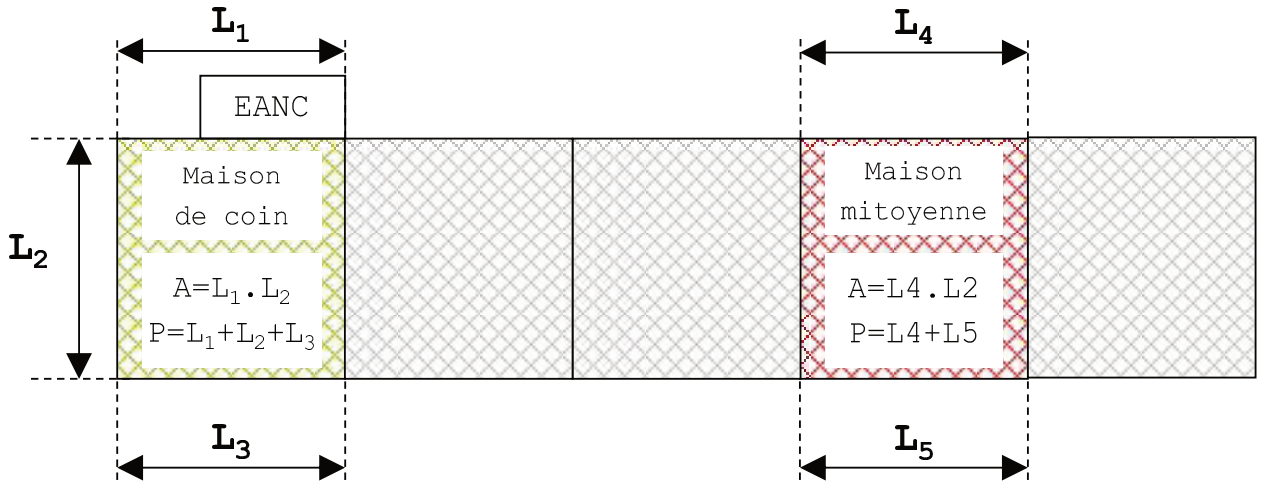
Le périmètre P (ou contour du sol) du plancher inférieur d'un volume protégé est la longueur horizontale totale mesurée par laquelle la surface du sol A pour ce plancher entre en contact avec le milieu extérieur ou un espace adjacent non chauffé (EANC).

D'autres règles pour la détermination de P et/ou A sont :

- pour un bâtiment isolé sur terre-plein, P est égal à l'entièreté du contour du bâtiment et A est égale à la surface de plancher totale sur terre-plein ;
- pour une partie d'un ensemble de bâtiments (ex. : bâtiments en rangée), P est calculé comme la longueur totale de façade avant et arrière exposée à l'environnement extérieur (les façades latérales jouxtant un bâtiment voisin chauffé n'entrent donc pas en ligne de compte) ; A est à nouveau égale à l'entièreté de la surface de plancher sur terre-plein ;
- lors de la détermination de P, un EANC éventuellement présent n'est pas considéré ; la longueur de la frontière entre le volume protégé et l'EANC est donc incluse lors de la détermination de P (voir Figure [45]) ;
- lors de la détermination de P et A, les dimensions extérieures sont utilisées.

NOTE Les hauteurs d'une variation verticale de niveau du sol dans un plancher inférieur ne doivent pas être prises en compte dans P pour déterminer la dimension caractéristique du sol, mais sont bien à considérer en supplément à P pour la détermination de la transmission et du transfert de chaleur lié au bord, de la forme $P.\Psi_g$.

Figure [45] : Exemples de détermination de la surface au sol et du périmètre exposé



Le concept d' "épaisseur équivalente" (d_t pour les planchers et d_g et d_w pour les murs enterrés) est un concept arithmétique qui a été instauré pour simplifier l'écriture des différentes formules pour la valeur U.

Si l'épaisseur des murs varie, il faut prendre pour w la valeur la plus petite.

F.2 Calcul de la valeur U et du transfert de chaleur stationnaire H_g

F.2.1 Généralités

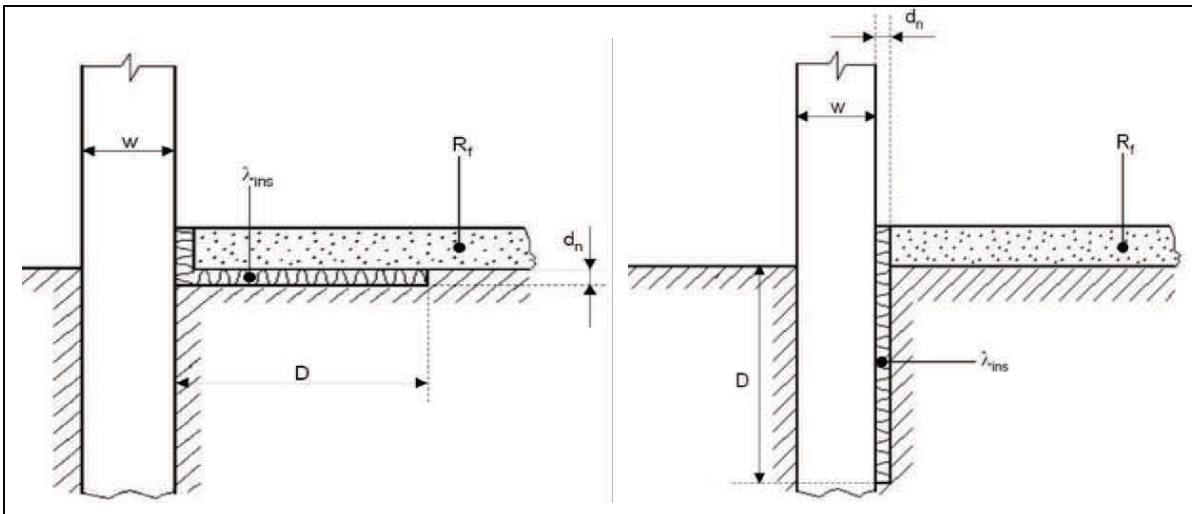
Dans les paragraphes suivants, le calcul détaillé de la valeur U des parois en contact avec le sol et du coefficient de transfert de chaleur H_g est donné pour les différents types de parois en contact avec le sol, notamment :

- planchers directement en contact avec le sol (voir le § F.2.2) ;
- planchers au-dessus d'un vide sanitaire (voir le § F.2.3) ;
- murs de caves (voir le § F.2.4).

F.2.2 Planchers directement en contact avec le sol

Les planchers directement en contact avec le sol sont composés d'une dalle dont la surface totale est directement en contact avec le sol (peu importe que la dalle soit soutenue par le sol sur la totalité de sa surface ou non) et qui se trouve à la même hauteur ou presque que le niveau du sol extérieur. La dalle peut être non isolée, uniformément isolée sur toute sa surface ou isolée en partie (par exemple isolation périphérique horizontale ou verticale).

Figure [46] : Planchers directement en contact avec le sol



Données nécessaires au calcul :

- sol (voir § F.1.1) :
  - λ_g : sa valeur λ, en W/(m.K),
  - G_w : le facteur de nappe phréatique, (-) ;
- mur extérieur :
  - w : son épaisseur totale, en m ;
- plancher :
  - P : son périmètre, en m,
  - A : sa surface, en m²,
  - R_f : sa résistance thermique totale (de la surface interne à la surface de séparation avec le sol), en m².K/W ;
- isolation périphérique :
  - D : sa largeur ou sa profondeur, en m,
  - d_n : son épaisseur, en m,
  - λ_{ins} : sa valeur λ, en W/(m.K).

La procédure de calcul (valeur U et transfert de chaleur stationnaire) se déroule de la manière suivante :

Étapes préliminaires :

- Calculer la dimension caractéristique du plancher B', en m, selon l'Eq. 57.
- Calculer la résistance thermique de l'isolation périphérique, R_n, selon :

Eq. 58 $R_n = d_n/\lambda_{ins}$ m².K/W

Étape 1

Calculez l'épaisseur équivalente totale du plancher, d_t, selon :

Eq. 59 $d_t = w + \lambda_g (R_{si} + R_f + R_{se})$ m

Étape 2

Calculez U_o selon :

Eq. 60 si dt < B' : $U_0 = \frac{2.\lambda}{\pi.B'+d_t} \ln\left(\frac{\pi.B'}{d_t} + 1\right)$

si dt ≥ B' (plancher bien isolé) : $U_0 = \frac{\lambda}{0,457.B'+d_t}$ W/(m².K)

Étape 3

Calculer la valeur U du plancher sur terre-plein selon :

Eq. 61 S'il n'y a pas d'isolation périphérique : $U = U_o$

Si un isolation périphérique est présente : $U = U_o + 2\ \Psi_e/B'$ W/(m².K)

où :

Eq. 62 Pour isolation périphérique horizontale :

$$\Psi_e = -\frac{\lambda_g}{\pi}\left[\ln\left(\frac{D}{d_t} + 1\right) - \ln\left(\frac{D}{d_t + d'} + 1\right)\right]$$

Eq. 63 Pour une isolation périphérique verticale :

$$\Psi_e = -\frac{\lambda_g}{\pi}\left[\ln\left(\frac{2.D}{d_t} + 1\right) - \ln\left(\frac{2.D}{d_t + d'} + 1\right)\right] \quad \text{W/(m.K)}$$

où :

Eq. 64 $d' = R_n .\lambda_g - d_n$ m

Si des isolations périphériques horizontale et verticale sont combinées, il faut prendre la valeur Ψ_e ayant la plus grande influence (réduction) sur U.

Étape 4

Le transfert de chaleur stationnaire est calculé comme suit :

Eq. 65 $H_g = G_w . (A.U + P.\Psi)$ W/K

où :

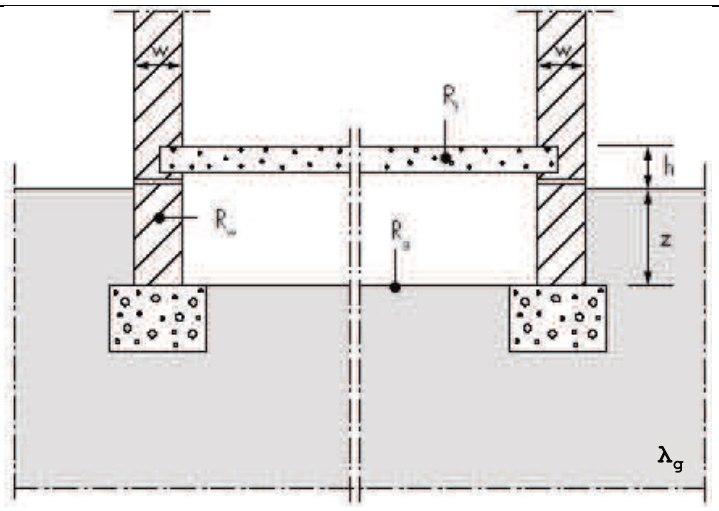
Ψ le coefficient de déperdition thermique linéique de la jonction plancher-mur extérieur-fondation. Si l'effet de l'isolation périphérique est aussi pris en compte dans la valeur Ψ, aucune valeur Ψ_e ne doit être prise en compte ($U = U_o$).

Pour l'évaluation de l'exigence U_{max} suivant l'annexe C.1 au présent arrêté, la valeur U est considérée.

F.2.3 Planchers au-dessus d'un vide sanitaire

Un plancher au-dessus d'un vide sanitaire n'a pas de contact direct avec le sol, mais un flux de déperdition de chaleur s'échappe via ce vide sanitaire et via le sol vers l'environnement extérieur. Un transfert supplémentaire intervient si le vide sanitaire est ventilé avec de l'air extérieur.

Figure [47] : Planchers au-dessus d'un vide sanitaire



Données nécessaires au calcul :

- sol (voir § F.1.1) :
  - λ_g : sa valeur λ du sol, en W/(m.K),
  - G_w : le facteur de nappe phréatique, (-) ;
- mur du vide sanitaire :
  - w : son épaisseur à hauteur du niveau du sol, en m,
  - R_w : sa résistance thermique, en m².K/W,
  - z : sa profondeur moyenne dans le sol, en m ;
- plancher au-dessus du vide sanitaire :
  - P : son périmètre, en m,
  - A : sa surface, en m²,
  - R_f : sa résistance thermique, en m².K/W,
  - h : son hauteur moyenne au-dessus du sol, en m ;
- plancher du vide sanitaire :
  - R_g : sa résistance thermique, en m².K/W ;
- ventilation du vide sanitaire :
  - ε : la surface des ouvertures de ventilation divisée par le périmètre, en m²/m,
  - v : la vitesse du vent, en m/s,
  - f_w : le facteur de protection du vent, (-).

La procédure de calcul est donnée ci-dessous.

Étape préliminaire :

Calculer la dimension caractéristique du plancher B', en m, selon l'Eq. 57.

Étape 1

Calculez la valeur U_f du plancher au-dessus du vide sanitaire, selon :

Eq. 66 $U_f = \frac{1}{R_{si} + R_f + R_{si}}$ avec R_{si} = 0,17 m².K/W W/(m².K)

Étape 2

Calculez la valeur U_w de la partie du mur au-dessus du niveau du sol, selon :

Eq. 67 $U_w = \frac{1}{R_{si} + R_w + R_{se}}$ avec R_{si} = 0,13 m².K/W W/(m².K)

Étape 3

Calculez l'épaisseur équivalente du plancher du vide sanitaire, d_g, selon :

Eq. 68 $d_g = w + \lambda_g \ (R_{si} + R_g + R_{se})$ m

Étape 4

Calculez l'épaisseur équivalente du mur, d_w, selon :

Eq. 69 $d_w = \lambda_g \ (R_{si} + R_w + R_{se})$ m

Étape 5

Calculez la valeur U_g du plancher du vide sanitaire selon :

Eq. 70 si $z \leq 0,5$ m : $U_g = G_w . \frac{2.\lambda_g}{\pi.B'+d_g} \ln\left(\frac{\pi.B'}{d_g} + 1\right)$

si $z > 0,5$ m : $U_g = G_w . \left(U_{bf} + Z.P. \frac{U_{bw}}{A}\right)$ W/(m².K)

où :

Eq. 71 $U_{bf} = \frac{2.\lambda_g}{\pi.B'+d_g + 0,5.z} \ln\left(\frac{\pi.B'}{d_g + 0,5.z} + 1\right)$ W/(m².K)

Eq. 72 $U_{bw} = \frac{2.\lambda_g}{\pi.z}\left(1 + \frac{0,5.d_g}{d_g + z}\right)\ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$ W/(m².K)

Étape 6

Calculez la valeur U_x selon :

Eq. 73 pour un vide sanitaire ventilé : $U_x = 2.h.U_w/B' + 1450.\varepsilon.v.f_w/B'$

pour un vide sanitaire non ventilé : $U_x = 2.h.U_w/B'$ W/(m².K)

avec, dans le cadre de la réglementation PEB, les valeurs fixes suivantes :

- $v = 4$ m/s (vitesse moyenne du vent) ;
- $f_w = 0,05$.

Étape 7

Calculer la valeur U du plancher sur vide sanitaire selon :

Eq. 74 $$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x}$$ W/(m².K)

Étape 8

Le transfert de chaleur stationnaire est calculé comme suit :

Eq. 75 $H_g = (A.U + P.\Psi)$ W/K

où :

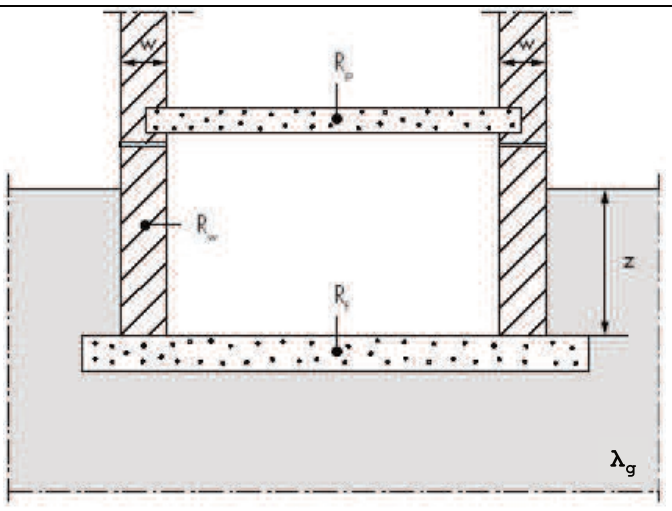
Ψ le coefficient de transmission thermique linéique de la jonction du plancher (au-dessus du vide sanitaire) sur le mur extérieur.

Pour l'évaluation de l'exigence U_{max} selon l'annexe C.1 au présent arrêté, la valeur U est considérée pour le plancher au-dessus du vide sanitaire.

F.2.4 Parois d'une cave

Les caves sont des espaces qui se trouvent en partie ou totalement en dessous du niveau du sol extérieur. Le plancher de la cave se trouve à une profondeur moyenne z en dessous du niveau du sol extérieur et le degré d'isolation du sol et des murs de cave peut être différent. La procédure de calcul décrit le transfert de chaleur commun H_g total qui a lieu aussi bien par le plancher que par les murs de la cave vers l'environnement extérieur, sachant que les deux flux de chaleur dépendent l'un de l'autre.

Figure [48] : Parois d'une cave



Données nécessaires au calcul :

- sol (voir § F.1.1) :
  - λ_g : sa valeur λ du sol, en W/(m.K) ;
- plancher au-dessus de la cave :
  - R_p : sa résistance thermique, en m².K/W,
  - h : sa hauteur moyenne au-dessus du niveau du sol, en m ;
- mur de cave :
  - w : son épaisseur à hauteur du niveau du sol, en m,
  - R_w : sa résistance thermique, en m².K/W,
  - z : sa profondeur moyenne dans le sol, en m ;
- sol de la cave :
  - P : son périmètre, en m,
  - A : sa surface, en m²,
  - R_f : sa résistance thermique, en m².K/W ;
- ventilation de la cave :
  - n : son taux de ventilation, en h^{-1},
  - V : son volume, en m³.

La procédure de calcul est donnée ci-dessous.

Étape préliminaire :

Calculer la dimension caractéristique du plancher B', en m, selon l'Eq. 57.

Étape 1

Calculez l'épaisseur équivalente totale du plancher de la cave, d_t, selon :

Eq. 76 $d_t = w + \lambda_g (R_{si} + R_f + R_{se})$ m

Étape 2

Calculez la valeur U_{bf} pour le plancher de la cave selon :

Eq. 77 si $(d_t + 0,5.z) < B'$: $U_{bf} = \frac{2.\lambda_g}{\pi.B'+d_t+0,5.z} \ln\left(\frac{\pi.B'}{d_t+0,5.z}+1\right)$

si $(d_t + 0,5.z) \geq B'$ (plancher bien isolé) : $U_{bf} = \frac{\lambda_g}{0,457.B'+d_t+0,5.z}$

W/(m².K)

Étape 3

Calculez l'épaisseur équivalente du mur de la cave, d_w, selon :

Eq. 78 $d_w = \lambda_g \ (R_{si} + R_w + R_{se})$ m

Étape 4

Calculez la valeur U_{bw} pour le mur de la cave selon :

Eq. 79 si $d_w \geq d_t$: $U_{bw} = \frac{2.\lambda_g}{\pi.z}\left(1+\frac{0,5.d_t}{d_t+z}\right)\ln\left(\frac{z}{d_w}+1\right)$

si $d_w < d_t$: $U_{bw} = \frac{2.\lambda_g}{\pi.z}\left(1+\frac{0,5.d_w}{d_w+z}\right)\ln\left(\frac{z}{d_w}+1\right)$ W/(m².K)

Étape 5

En cas de cave chauffée :

- Calculez la valeur U' selon :

Eq. 80 $U' = \frac{A.U_{bf}+z.P.U_{bw}}{A+z.P}$ W/(m².K)

- Calculez le transfert de chaleur selon :

Eq. 81 $H_g = A.U_{bf} + z.P.U_{bw} + P.\Psi$ W/K

où :

Ψ le coefficient de transmission thermique linéique de la jonction du sol de la cave avec le mur de la cave.

(Étape 6)

En cas de cave en dehors du volume protégé :

- Calculez la valeur U_f du plancher au-dessus de la cave selon :

Eq. 82 $U_f = \frac{1}{R_{si}+R_p+R_{si}}$ avec R_{si} = 0,17 m².K/W W/(m².K)

- Calculez la valeur U_w de la partie du mur au-dessus du niveau du sol extérieur selon :

Eq. 83 $$U_w = \frac{1}{R_{si} + R_w + R_{se}}$$ avec R_{si} = 0,13 m².K/W W/(m².K)

- Calculez la valeur U selon :

Eq. 84 $$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{A}{A.U_{bf} + z.P.U_{bw} + h.P.U_w + 0,33.n.V}$$ W/(m².K)

avec, dans le cadre de la réglementation PEB, la valeur fixe n de 0,3 h^{-1} comme taux de ventilation.

- Calculez le transfert de chaleur par transmission :

Eq. 85 $H_g = A \cdot U + P.\Psi$ W/K

où :

Ψ le coefficient de transmission thermique linéique de la jonction du plancher de la cave sur le mur extérieur de la cave.

Pour l'évaluation de l'exigence U_{max} suivant l'annexe C.1 au présent arrêté, la valeur U_{bf} doit être considérée pour le plancher de la cave.

Annexe G Conventions pour le calcul des valeurs U

G.1 Introduction

Cette annexe expose les conventions qui peuvent être appliquées pour le calcul des valeurs λ, R ou U des éléments de murs spécifiques, comme les maçonneries, les briques perforées et les murs avec une structure en bois. Toutes les conventions tiennent compte des cas courants qui arrivent dans la construction belge.

G.2 Méthodes de calcul numériques et simplifiées

Le calcul de la valeur U est très simple à exécuter dans le cas d'éléments de construction composés de couches planes, parallèles et homogènes. Dans ces cas, le flux thermique passant à travers les éléments de construction de l'environnement intérieur vers l'environnement extérieur est perpendiculaire aux couches de construction (sans aucune déviation) et la valeur U est obtenue en additionnant toutes les résistances thermiques des couches de construction.

En réalité, les éléments présentent généralement des irrégularités ou sont composés de couches hétérogènes. Dans ce cas, le flux thermique est irrégulier et influence par conséquence la résistance thermique de l'élément de construction.

L'impact sur la valeur U peut être calculé avec précision sur la base d'un calcul numérique ou calculé de manière simplifiée sur la base des formules données dans ce texte.

Les **calculs numériques** sont des calculs informatisés et détaillés permettant de déterminer le flux thermique bi ou tridimensionnel à travers des éléments de construction hétérogènes et pouvant à partir de cela déduire une valeur U précise. Le logiciel utilisé à cet effet doit être validé selon les directives des différentes normes européennes (NBN EN ISO 10211 pour les ponts thermiques en 2D et 3D, NBN EN ISO 10077-2 pour les profilés d'encadrement, NBN EN ISO 13370 pour les pertes par le sol).

Les calculs numériques sont mis en application pour déterminer la valeur U des éléments de constructions présentant éventuellement des pertes de chaleur supplémentaires (ex. des composants qui interrompent une couche d'isolation, des parois munies d'éléments de construction métalliques), des constructions complexes ou des éléments préfabriqués (ex. des profilés d'encadrement, des modules de façades légères), des situations d'angle ou des jonctions dans lesquels un flux thermique tridimensionnel apparaît, etc.

Les calculs numériques donnent les résultats les plus précis et ils sont une alternative toujours applicable. Cependant, dans beaucoup de cas, il n'est pas nécessaire de faire appel à des calculs numériques et des méthodes de calculs simplifiées peuvent être appliquées. Elles donnent via un calcul manuel (formule) une valeur U suffisamment précise.

Les **calculs simplifiés** repris dans le présent texte peuvent toujours être appliqués comme alternative aux méthodes numériques pour autant que le domaine d'application décrit dans les différents cas soit respecté.

G.3 Conventions relatives aux maçonneries et aux briques creuses

G.3.1 Valeur λ_U de la maçonnerie

Une couche (maçonnée ou collée) qui contient des joints est un cas spécifique de couche non homogène, voir § 6.2. Les éléments de construction qui contiennent une ou plusieurs couches avec des joints peuvent être calculés de manière générale en suivant les méthodes décrites au § 6.2.

Une méthode simplifiée consiste à déterminer uniquement la valeur la plus faible R''_T de la résistance de l'élément de construction. Le coefficient de déperdition thermique U est donc calculé uniquement sur base de cette valeur (voir la note au § 6.2.3)

Dans ce cas, la méthode de calcul peut être formulée de la manière alternative suivante. Les formules nous conduisent au même résultat pour R''_T que les formules du § 6.2.

La résistance de la couche avec joints est donnée par :

Eq. 86 $R = d/\lambda_U$ m².K/W

où =

λ_U la conductivité thermique équivalente (homogène) de la couche, en W/(m.K), calculée comme la moyenne de la conductivité thermique du matériau de construction et du joint, pondérée par leurs surfaces :

Eq. 87 $$\lambda_U = \frac{\lambda_{U,mat}.A_{mat} + \lambda_{U,joint}.A_{joint}}{A_{mat} + A_{joint}}$$ W/(m.K)

avec :

d l'épaisseur de la couche, en m ;

$\lambda_{U,mat}$ la conductivité thermique du matériau de construction sans joint, en W/(m.K) ;

$\lambda_{U,joint}$ la conductivité thermique du joint, en W/(m.K) ;

A_{mat} la surface visible du matériau de construction sans joint, en m² ;

A_{joint} la surface visible du joint, en m².

L'Eq. 87 pour la conductivité thermique équivalente peut aussi être écrite comme suit :

Eq. 88 $$\lambda_U = \lambda_{U,mat}.(1 - f_{joint}) + \lambda_{U,joint}.f_{joint}$$ W/(m.K)

avec :

f_{joint} la fraction de joint, (-).

Pour une géométrie rectangulaire répétitive, pour laquelle les joints de boutisse et de panneresse ont la même épaisseur (voir Figure [49]), comme généralement dans les maçonneries, la fraction de joint peut être calculée comme suit :

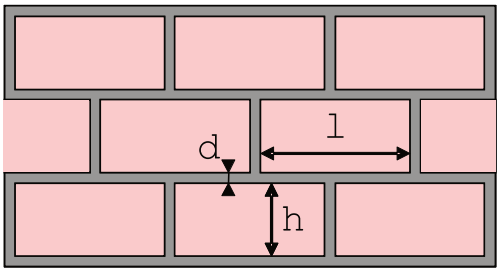
Eq. 89 $$f_{joint} = \frac{A_{joint}}{A_{mat} + A_{joint}} = 1 - \frac{l.h}{(l + d).(h + d)}$$ (-)

avec (voir Figure [49]) :

l et h la longueur et la hauteur pour un matériau de construction rectangulaire, en mm ;

d l'épaisseur du joint, en mm (souvent 6 ou 12 mm).

Figure [49] : Paramètres pour la détermination de la fraction de mortier de la maçonnerie



$A_{joint} = (l+h+d).d$

$A_{mat} = l.h$

Pour d'autres configurations géométriques, (par exemple pas de joints de boutisse), la proportion doit être calculée d'une manière appropriée, et doit être introduite dans l'Eq. 88.

Les conventions suivantes doivent être utilisées :

- si la largeur du joint ne s'élève jamais à plus de 3 mm, il est permis de ne pas compter l'influence du joint (quel que soit le matériau du joint). Dans ce cas : $\lambda_U = \lambda_{U,mat}$;
- pour la proportion de joint les valeurs par défaut suivantes peuvent toujours être utilisées :
  - si $\lambda_{U,joint} < \lambda_{U,mat}$: $f_{joint} = 0,00$ (0%) ;
  - si $\lambda_{U,joint} > \lambda_{U,mat}$:
    - pour les maçonneries intérieures : $f_{joint} = 0,16$ (16%) ;
    - pour les maçonneries extérieures : $f_{joint} = 0,28$ (28%).

Exemples de matériaux qui sont souvent mis en place avec des joints :

- pierres naturelles (Tableau A.2) ;
- briques (Tableaux A.3 à A.8) ;
- blocs creux (Tableau B.1) ;
- briques de verre (11.1).
- ...

G.3.2 Valeur λ_U des briques ou blocs de construction perforés

Ce paragraphe illustre l'application de la NOTE 3 de l'annexe A.1.

Suivant les informations connues à propos des éléments de maçonnerie perforés, la valeur λ_U peut être déterminée de plusieurs manières :

1) si la nature de la brique est connue, ainsi que la masse volumique de la brique pleine (poids mort) et le pourcentage de perforations, alors la masse volumique de la brique perforée est calculée, et la valeur λ_U correspondante est tirée du tableau correspondant. Un exemple :

- données : une brique de terre cuite certifiée avec 30% de perforations et une masse volumique pour la brique pleine de 1800 kg/m³ ;
- détermination : sachant que la brique pleine a une masse volumique de 1800 kg/m³ et que la brique a 30 % de perforations, la masse volumique de la brique perforée est égale à 1800 kg/m³ x 70% = 1260 kg/m³ ; la valeur λ_{Ui} correspondant à la masse volumique de 1260 kg/m³ est 0,42 W/(m.K) (voir Tableau A.3).

2) si la nature de la brique est connue, ainsi que les dimensions et la masse de la brique perforée, mais que le pourcentage de perforation est inconnu, alors la valeur λ_U peut être directement tirée du tableau correspondant. Un exemple :
   - données : une brique certifiée perforée avec des dimensions de 290 x 140 x 90 mm et une masse de 4,6 kg ;
   - détermination : la masse volumique de la brique perforée est égal à la masse divisée par le volume, c'est à dire 4,6/(0,29.0,14.0,09) = 1260 kg/m³ ; La valeur λ_{Ui} peut être directement déterminée pour cette masse volumique de 1260 kg/m³, c'est à dire 0,42 W/(m.K) (voir Tableau A.3).

G.4 Conventions relatives aux couches non homogènes d'un élément de construction avec structure en bois

Beaucoup de parois contiennent des couches de construction non homogènes dans lesquelles une structure en bois est incorporée. Des exemples typiques sont les chevronnages dans une toiture inclinée ou plate, les planchers ou plafonds en bois, les parois à ossature bois, etc.… Généralement, des couches d'isolation sont placées entre ces structures en bois et le pouvoir isolant est affaibli par la présence des poutres ou des montants en bois qui coupent les couches d'isolation.

Lors de la détermination de la valeur U de telles parois, la résistance thermique de la couche contenant la structure en bois doit être calculée en fonction de la fraction de bois dans cette couche.

A cause de la grande diversité de dimensions possibles de pannes, poutres, chevrons, etc. ainsi que les distances intermédiaires variables après la pose de ces éléments, il n'est pas très sensé de réaliser des tables pour les différentes fractions de bois. S'il y a suffisamment de données disponibles relatives à la largeur et aux distances intermédiaires (de centre à centre) des éléments en bois qui se répètent, la fraction de bois de la couche dans laquelle les éléments en bois sont placés peut être calculée comme suit :

Eq. 90
$$\text{Fraction de bois} = \frac{\text{Largeur des éléments en bois}}{\text{Distance intermédiaire moyenne (centre à centre)}} \quad (-)$$

Lors de la définition de la fraction de bois, il faut non seulement tenir compte des chevrons ou des poutres mais également de la présence éventuelle d'entretoises en bois qui consolident la structure. En ce qui concerne ces entretoises, la fraction de bois est augmentée d'un terme additionnel de 1 % (+ 0,01).

Des valeurs par défaut peuvent toujours être utilisées. Elles correspondent aux limites supérieures des valeurs les plus courantes (voir tableau G.1).

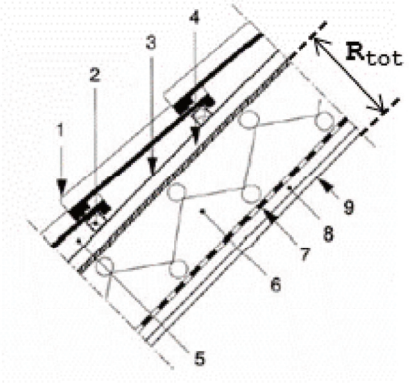
Tableau G.1 : Fractions de bois (valeurs par défaut) pour couches de construction avec structure en bois

Structure en bois	Fraction de bois (valeurs par défaut)
Toiture à pannes (pannes – structure portante primaire)	0,11
Toiture à pannes (chevrons – structure portante secondaire)	0,20
Toiture à fermes (fermettes – structure portante secondaire)	0,12
Planchers en bois (poutres – structure portante secondaire)	0,11
Parois à ossature en bois	0,15

G.5 Conventions complémentaires relatives à la détermination de la valeur U

G.5.1 Toitures couvertes de tuiles ou d'ardoises

Figure [50] : Résistance thermique d'une toiture en tuiles ou en ardoises



1 : couverture de toiture (tuiles ou ardoises)
2 : lattes à pannes
3 : contre-lattes
4 : sous-toiture
5 : couche d'air entre le recouvrement et la sous toiture
6 : isolation
7 : écran d'air et pare-vapeur
8 : vide pour conduites
9 : parachèvement intérieur

Dans le cas d'une toiture en tuiles ou en ardoises (Figure [50]), il est admis que la couche d'air entre le recouvrement de toiture et la sous-toiture constitue une lame d'air fortement ventilée. Cela signifie que toutes les couches de construction situées entre cette couche d'air et l'environnement extérieur peuvent être négligées lors de calcul de la résistance thermique totale du toit et que la résistance thermique d'échange au niveau de la sous-toiture est considérée comme égale à R_{si} (voir le § 5.4.2.4) :

Eq. 91 $1/U = R_T = R_{si} + R_{tot} + R_{si}$ m².K/W

avec :

R_{tot} la somme des résistances thermiques de toutes les couches de construction entre l'environnement intérieur et la couche d'air fortement ventilée (couches 4, 6, 7, 8 et 9), en m².K/W.

G.5.2 Faux Plafonds

Dans le cadre de la réglementation PEB, on estime d'emblée que l'espace au-dessus du faux plafond n'est pas hermétiquement isolé de l'espace en dessous. La résistance thermique du faux plafond est donc négligée. Cependant, si l'on peut montrer que le faux plafond est fermé de manière étanche à l'air (par exemple avec un film imperméable fixé sur le pourtour), on peut prendre en compte la résistance thermique du faux plafond et de l'espace entre le faux plafond et la couche de construction située au-dessus lors du calcul de la valeur U du plafond ou du toit.

G.5.3 Les planchers

Les conventions suivantes sont en vigueur pour la détermination de la valeur U des planchers :

- pour les planchers sur terre-plein et les murs en contact avec le sol il n'est pas tenu compte des remblais qui se trouvent sous la dalle de sol ou contre le mur et dont la valeur de calcul de la conductivité thermique qui est d'application (environnement intérieur ou extérieur) est supérieure à 0.4 W/(m.K) (ex. sable stabilisé ou gravillons) ; ces matériaux sont considérés comme appartenant au sol.
- la valeur U ne prend pas en considération la résistance thermique des couches de parachèvement ou des revêtements de sol qui ne sont pas fixés ou qui sont facilement amovibles tels que les tapis, carpettes, etc.

Vu pour être annexé à l'arrêté du Gouvernement wallon du 15 décembre 2016 modifiant l'arrêté du Gouvernement wallon du 15 mai 2014 portant exécution du décret du 28 novembre 2013 relatif à la performance énergétique des bâtiments.

Namur, le 15 décembre 2016.

Le Ministre-Président,

P. MAGNETTE

Le Ministre des Pouvoirs locaux, de la Ville, du Logement et de l'Energie,

P. FURLAN

ÜBERSETZUNG

ÖFFENTLICHER DIENST DER WALLONIE

[C − 2017/70001]

15. DEZEMBER 2016 — Erlass der Wallonischen Regierung zur Abänderung des Erlasses der Wallonischen Regierung vom 15. Mai 2014 zur Ausführung des Dekrets vom 28. November 2013 über die Energieeffizienz von Gebäuden

Die Wallonische Regierung,

Aufgrund des Dekrets vom 28. November 2013 über die Energieeffizienz von Gebäuden, Artikel 3 und 11;

Aufgrund des Erlasses der Wallonischen Regierung vom 15. Mai 2014 zur Ausführung des Dekrets vom 28. November 2013 über die Energieeffizienz von Gebäuden;

Aufgrund des gemäß Artikel 3 Ziffer 2 des Dekrets vom 11. April 2014 zur Umsetzung der Resolutionen der im September 1995 in Peking organisierten Weltfrauenkonferenz der Vereinten Nationen und zur Integration des Gender Mainstreaming in allen regionalen politischen Vorhaben erstellten Berichts vom 15. September 2016;

Aufgrund des am 17. Oktober 2016 in Anwendung des Artikels 84 §1 Absatz 1 Ziffer 2 der am 12. Januar 1973 koordinierten Gesetze über den Staatsrat abgegebenen Gutachtens 60.136/4 des Staatsrats;

Auf Vorschlag des Ministers für Energie;

Nach Beratung,

Beschließt:

Artikel 1 - Durch den vorliegenden Erlass werden folgende Bestimmungen teilweise umgesetzt:

1° die Richtlinie Nr. 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Energieeffizienz von Gebäuden;

2° die Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG.

3° die Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG.

Art. 2 - Der durch den Erlass der Wallonischen Regierung vom 28. Januar 2016 eingefügte Artikel 19/1 des Erlasses der Wallonischen Regierung vom 15. Mai 2014 zur Ausführung des Dekrets vom 28. November 2013 über die Energieeffizienz von Gebäuden wird mit einem Absatz mit folgendem Wortlaut ergänzt:

"In den gebauten PEB-Einheiten, die Gegenstand der in Artikel 14 genannten Handlungen und Arbeiten sind, genügen die in Artikel 2 Ziffer 15° des Dekrets genannten Systeme bei ihrer Anlage, Ersetzung oder Modernisierung in Abweichung von Absatz 1 den in den Punkten 1.6.2.3, 1.6.2.4, 2.3.2.2 und 2.3.2.3 des Anhangs C4 aufgeführten Anforderungen.".

Art. 3 - In demselben Erlass wird Anhang A1, abgeändert durch den Erlass der Wallonischen Regierung vom 19. November 2015, durch den vorliegendem Erlass beigefügten Anhang 1 ersetzt.

Art. 4 - In demselben Erlass wird Anhang A3, eingefügt durch den Erlass der Wallonischen Regierung vom 28. Januar 2016, durch den vorliegendem Erlass beigefügten Anhang 2 ersetzt.

Art. 5 - In demselben Erlass wird Anhang B1 durch den vorliegendem Erlass beigefügten Anhang 3 ersetzt.

Art. 6 - In Anhang B2 desselben Erlasses werden folgende Abänderungen vorgenommen:

a) Unter den Ziffern 3.1.2 und 3.2 werden in der Definition der Parameter b_k und b_1 die Wörter "thermische Reduzierkoeffizienten, die gemäß Anlage H der Anlage VII des vorliegenden Erlasses bestimmt werden" jedes Mal durch die Wörter "thermische Reduzierkoeffizienten, die gemäß Tabelle 8 des Anhangs B1 des vorliegenden Erlasses bestimmt werden" ersetzt.

b) Unter den Ziffern 3.2 und 3.3 werden in der Definition des Parameters b1 die Wörter "thermischer Reduzierkoeffizient, der gemäß Anlage H der Anlage VII des vorliegenden Erlasses bestimmt wird." jedes Mal durch die Wörter "thermischer Reduzierkoeffizient, der gemäß Tabelle 8 des Anhangs B1 des vorliegenden Erlasses bestimmt wird" ersetzt.

Art. 7 - In Anhang C4 desselben Erlasses, eingefügt durch den Erlass der Wallonischen Regierung vom 28. Januar 2016 werden unter Ziffer 1.6.2.1, Absatz 1 die Wörter "Ein Gaszähler, vom Gaslieferanten zur Aufstellung der Energieabrechnung installiert," durch die Wörter "Ein Gaszähler, vom Netzbetreiber zur Aufstellung der Energieabrechnung installiert" ersetzt.

Art. 8 - In Anhang C4 desselben Erlasses, eingefügt durch den Erlass der Wallonischen Regierung vom 28. Januar 2016, werden unter Ziffer 1.6.1, 2.3.1 und 3.3.1 die Wörter "Sie genügen den Voraussetzungen des Königlichen Erlasses vom 13. Juni 2006 über Meßinstrumente" getrichen und durch die Wörter "Sie genügen den Voraussetzungen des Königlichen Erlasses vom 20. April 2016 über Meßinstrumente" ersetzt.

Art. 9 - Die Artikel 3, 4, 5 und 6 finden Anwendung, wenn die Empfangsbestätigung des Genehmigungsantrags nach dem 31. Dezember 2016 ausgestellt wird.

Art. 10 - Der vorliegende Erlass tritt am 1. Januar 2017 in Kraft.

In Abweichung von Absatz 1 werden Artikel 7 und Artikel 8 am 1. Mai 2016 wirksam.

Art. 11 - Der Minister für Energie wird mit der Durchführung des vorliegenden Erlasses beauftragt.

Namur, den 15. Dezember 2016

Der Minister-Präsident

P. MAGNETTE

Der Minister für lokale Behörden, Städte, Wohnungswesen und Energie

P. FURLAN

Anlage 1

Anlage A1 des Erlasses der wallonischen Regierung vom 15. Mai 2014 über die Umsetzung der Verordnung vom 28. November 2013 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden

EEW-Methode

METHODE ZUR BESTIMMUNG DES PRIMÄRENERGIEVERBRAUCHS VON WOHNEINHEITEN

Inhaltsverzeichnis

VORWORT 6

1 VERWEISE AUF ANDERE TEXTE 7

1.1 Liste der Anlagen zum vorliegenden Erlass 7

1.2 Normen 7

2 DEFINITIONEN 9

3 SYMBOLE, ABKÜRZUNGEN UND INDIZES 13

3.1 Symbole und Abkürzungen 13

3.2 Indizes 15

4 AUFBAU DER METHODE 19

5 SCHEMATISIERUNG DES GEBÄUDES 20

5.1 Prinzip 20

5.2 Unterteilung des Gebäudes 20

5.3 Unterteilung der EEW-Einheit in Lüftungszonen und Energiezonen 21

5.3.1 Prinzip 21

5.3.2 Einteilung in Lüftungs- und Energiezonen 21

5.3.3 Volumen und Wandflächen einer Energiezone 23

5.3.4 Keine Heizungsanlage 23

6 INDIKATOREN DES PRIMÄRENERGIEVERBRAUCHS 24

6.1 Primärenergieverbrauchswert 24

6.2 Spezifischer jährlicher Primärenergieverbrauch 25

7 NETTOENERGIEBEDARF FÜR HEIZUNG UND WARMWASSERBEREITUNG 27

7.1 Prinzip 27

7.2 Monatlicher Nettoenergiebedarf für Raumheizung pro Energiezone 27

7.3 Monatlicher Nettoenergiebedarf für Warmwasserbereitung 27

7.4 Monatliche Transmissions- und Lüftungswärmeverluste 29

7.4.1 Prinzip 29

7.4.2 Berechnungsregel 29

7.5 Monatlicher Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmeerzeugung 30

7.6 Nutzungsanteil des monatlichen Wärmegewinns 30

7.7 Wärmetransferkoeffizient für Transmission 32

7.7.1 Prinzip 32

7.7.2 Berechnungsregel ... 32
7.8 Wärmetransferkoeffizient für Lüftung ... 33
7.8.1 Prinzip ... 33
7.8.2 Berechnungsregel ... 34
7.8.3 Koeffizient der Wärmeverluste durch Infiltration und Exfiltration ... 35
7.8.4 Luftstrom der Infiltration und Exfiltration ... 35
7.8.5 Koeffizient der Wärmeverluste durch Hygienelüftung ... 36
7.8.6 Volumenstrom der Hygienelüftung ... 37
7.8.7 Koeffizient der Wärmeverluste durch Überlüftung ... 38
7.8.8 Koeffizient der Lüftungswärmeverluste durch manuelles Öffnen der Fenster ... 38
7.8.9 Luftvolumenstrom mit Korrektur zur Berücksichtigung des manuellen Öffnens der Fenster ... 38
7.9 Monatlicher interner Wärmegewinn ... 40
7.9.1 Prinzip ... 40
7.9.2 Berechnungsregel ... 40
7.10 Monatlicher Solargewinn ... 40
7.10.1 Prinzip ... 40
7.10.2 Berechnungsregel ... 40
7.10.3 Solargewinn durch ein Fenster ... 41
7.10.4 Solargewinn durch ein unbelüftetes System zur passiven Nutzung von Solarenergie ... 44

8 ÜBERHITZUNGSGEFAHR UND KÜHLUNG ... 47
8.1 Prinzip ... 47
8.2 Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr ... 48
8.3 Konventionelle Wahrscheinlichkeit für den Einbau einer aktiven Kühlung 49
8.4 Leerer Abschnitt ... 50
8.5 Kühlung ... 50

9 BRUTTOENERGIEBEDARF FÜR HEIZUNG UND WARMWASSERBEREITUNG ... 53
9.1 Vorbemerkung ... 53
9.2 Monatlicher Bruttoenergiebedarf für Heizung ... 53
9.2.1 Prinzip ... 53
9.2.2 Durchschnittlicher monatlicher Systemwirkungsgrad ... 54
9.3 Monatlicher Bruttoenergiebedarf für Warmwasserbereitung ... 58
9.3.1 Prinzip ... 58
9.3.2 Systemwirkungsgrad der Warmwasserbereitung ... 58

10 ENDENERGIEVERBRAUCH FÜR HEIZUNG, WARMWASSERBEREITUNG UND KÜHLUNG ... 66
10.1 Vorbemerkung ... 66
10.2 Monatlicher Endenergieverbrauch für Raumheizung ... 66
10.2.1 Prinzip ... 66
10.2.2 Berechnungsregel ... 66
10.2.3 Erzeugungswirkungsgrad für Raumheizung und Luftbefeuchtung ... 71
10.3 Monatlicher Endenergieverbrauch für Warmwasserbereitung ... 79
10.3.1 Prinzip ... 79
10.3.2 Berechnungsregel ... 80
10.3.3 Erzeugungs- und Speicherungswirkungsgrad für Brauchwarmwasser ... 83
10.4 Monatlicher Nutzenergiebeitrag eines Solarthermiesystems ... 90

10.4.1 Raumheizung und Warmwasserbereitung 91
10.4.2 Warmwasser 92
10.5 Äquivalenter monatlicher Energieverbrauch für Kühlung 93

11 MONATLICHER ENERGIEVERBRAUCH DER HILFSAGGREGATE 94
11.1 Monatlicher Energieverbrauch für die Hilfsfunktionen 94
11.1.1 Hilfsstromverbrauch für die Verteilung 94
11.1.2 Hilfsstrom der Erzeugung 97
11.2 Monatlicher Stromverbrauch der Ventilatoren 100
11.2.1 Prinzip 100
11.2.2 Monatlicher Stromverbrauch der Ventilatoren - vereinfachtes Verfahren (Verfahren 1) 101
11.2.3 Monatlicher Stromverbrauch der Ventilatoren - ausführliche Berechnung 104
11.3 Monatlicher Stromverbrauch für Zuluftvorkühlung 112
11.3.1 Monatlicher Stromverbrauch der Erde/Wasser-Wärmepumpe 112
11.3.2 Monatlicher Stromverbrauch für Kühlung durch Verdunstung 113

12 MONATLICHE STROMERZEUGUNG MIT LOKALEN PV-ANLAGEN UND LOKALEN KWK-ANLAGEN 114
12.1 Photovoltaikanlagen 114
12.1.1 Prinzip 114
12.1.2 Berechnungsregel 114
12.1.3 Korrekturfaktor für die Verschattung 115
12.2 Kraft-Wärme-Kopplung 115
12.2.1 Prinzip 115
12.2.2 Stromerzeugung 115

13 PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH 117
13.1 Vorbemerkung 117
13.2 Charakteristischer Jahresverbrauch an Primärenergie 117
13.3 Primärenergieverbrauch für Raumheizung 117
13.4 Primärenergieverbrauch für Warmwasserbereitung 118
13.5 Primärenergieverbrauch von Hilfsaggregaten 118
13.6 Äquivalenter Primärenergieverbrauch für Kühlung 119
13.7 Primärenergieeinsparung durch Stromerzeugung mit einer PV-Anlage 119
13.8 Primärenergieeinsparung durch Stromerzeugung mit einer lokalen KWK-Anlage 119

14 CO_2-EMISSIONEN 120
14.1 Vorbemerkung 120
14.2 Charakteristische jährliche CO_2-Emission 120
14.3 Monatliche CO_2-Emission durch Raumheizung 120
14.4 Monatliche CO_2-Emission durch Warmwasserbereitung 121
14.5 Monatliche CO_2-Emission durch den Energieverbrauch von Hilfsaggregaten 121
14.6 Monatliche CO_2-Emission durch Kühlung 122
14.7 Monatlich vermiedene CO_2-Emission durch Stromerzeugung mit einer lokalen PV-Anlage 122
14.8 Monatlich vermiedene CO_2-Emission durch Stromerzeugung mit einer lokalen KWK-Anlage 123

ANNEXE A BEHANDLUNG VON ANGRENZENDEN UNBEHEIZTEN RÄUMEN 124
A.1 Möglichkeit 1 124

A.2 Möglichkeit 2 124

ANNEXE B VOLUMENSTROM DER HYGIENELÜFTUNG 126

B.1 Bestimmung des Multiplikationsfaktors $m_{sec\ i}$ für den Volumenstrom 127

B.1.1 Natürliche Lüftung 127

B.1.2 Mechanische Zuluftanlagen 130

B.1.3 Mechanische Abluftanlagen 132

B.1.4 Mechanische Zu- und Abluftanlagen 134

B.2 Reduktionsfaktor für Vorwärmung 135

B.3 Vorkühlung der Lüftungsluft 138

B.3.1 Berechnungsregel 138

B.3.2 Erde/Wasser-Wärmepumpe 139

B.3.3 Kühlung durch Verdunstung 143

ANNEXE C MONATLICHE SONNENEINSTRAHLUNG 145

C.1 Einführung 145

C.2 Schematisierung der Verschattung 145

C.2.1 Allgemeines 145

C.2.2 Geometrische Darstellung von Hindernissen 145

C.2.3 Geometrische Darstellung von Überhängen 145

C.2.4 Standardwerte 146

C.3 Monatliche Sonneneinstrahlung auf einer unverschatteten Fläche 146

C.3.1 Gesamtsonneneinstrahlung 146

C.3.2 Direkte Sonneneinstrahlung 147

C.3.3 Diffuse Sonneneinstrahlung 149

C.3.4 Reflektierte Sonneneinstrahlung 150

C.4 Monatliche Sonneneinstrahlung auf einer verschatteten Fläche 150

C.4.1 Verbauungswinkel $\alpha_h \leq 60°$ 150

C.4.2 Verbauungswinkel $\alpha_h > 60°$ 152

C.5 Nutzungsfaktor $a_{c,m,j}$: Tabellen 155

ANNEXE D ABGABEWIRKUNGSGRAD 162

D.1 Standardbetriebsdauer eines Wärmeabgabesystems 162

D.2 Durchschnittstemperatur des Wassers im Wärmeabgabekreis 162

D.3 Heizkörper 163

D.4 Fußbodenheizung 164

D.5 Wandheizung 166

ANNEXE E VERTEILUNGSVERLUSTE 167

E.1 Verteilungswirkungsgrad 167

E.2 Wärmeverluste durch das Wärmeverteilungsnetz 168

E.3 Bestimmung des längenbezogenen Wärmedurchlasswiderstands 169

E.3.1 Leitungen und Rohre 169

E.3.2 Kanäle 170

E.3.3 Erdverlegte Leitungen 170

ANNEXE F FESTGELEGTE FAKTOREN FÜR VERSCHIEDENE ENERGIETRÄGER 171

ANNEXE G BESTIMMUNG DES THERMISCHEN WIRKUNGSGRADS EINES WÄRMETAUSCHERS 172

G.1 Messung 172

G.2 Berechnung 173

Vorwort

In der vorliegenden Anlage wird die Methode zur Bestimmung des Primärenergieverbrauchs (E_w-Wert) eines Wohngebäudes beschrieben. Der E_w-Wert berücksichtigt gleichzeitig das Gebäude und seine Heizungs- und Lüftungsanlagen, die Warmwasserbereitung, die Kühlanlagen sowie die Nutzung von erneuerbarer Energie. Diese Kombination von baulichen Möglichkeiten, der Wahl der Anlagentechnik und der Produktion von erneuerbarer Energie ermöglicht es dem Projektinitiator, die geeignetsten Mittel einzusetzen, um den gestellten Anforderungen zu entsprechen.

Der Minister kann zusätzliche Spezifikationen für die Berechnung der Auswirkungen von Lichthöfen oder hinterlüfteten Fassaden auf die Energieeffizienz einer EEW-Einheit festlegen.

1 Verweise auf andere Texte

1.1 Liste der Anlagen zum vorliegenden Erlass

In diesem Text wird auf die Anlagen des vorliegenden Erlasses verwiesen. Die vollständigen Titel dieser Anlagen lauten wie folgt:

- Anlage A.1: Methode zur Bestimmung des Primärenergieverbrauchs von Wohngebäuden
- Anlage A.2: Methode zur Bestimmung des Primärenergieverbrauchs von nicht für Wohnzwecke bestimmten Einheiten
- Anlage B.1: Referenzdokument für Transmissionswärmeverluste
- Anlage B.2: Behandlung von Bauknoten
- Anlage C.1: Maximal zulässige U-Werte oder minimal zu erzielende R-Werte
- Anlage C.2: Lüftungsvorrichtungen in Wohngebäuden
- Anlage C.3: Lüftungsvorrichtungen in nicht für Wohnzwecke bestimmten Gebäuden
- Anlage E.1: Festlegung der Bußgelder

1.2 Normen

Anlage A.1, A.2, B.2, C.1 und C.2 des vorliegenden Erlasses beziehen sich auf folgende Normen. Bei datierten Normen gilt nur die angegebene Version, sofern der Minister nicht ausdrücklich eine andere Ersatzversion angibt. Die Normverweise in Anlage C.3 des vorliegenden Erlasses werden in dieser Anlage angegeben.

ARI Standard 560:2000	Absorption water chilling and water heating packages (ARI : Air-Conditioning and Refrigeration Institute)
ISO 15099:2003	Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Sonnenschutzvorrichtungen - Detaillierte Berechnungen
NBN D 50-001:1991	Lüftungsvorrichtungen in Wohngebäuden
NBN EN 308:1997	Wärmeaustauscher - Prüfverfahren zur Bestimmung der Leistungskriterien von Luft/Luft- und Luft/Abgas-Wärmerückgewinnungsanlagen
NBN EN 410:2011	Glas im Bauwesen - Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen
NBN EN 1027:2000	Fenster und Türen - Schlagregendichtheit - Prüfverfahren
NBN EN 12309-2:2000	Gasbefeuerte Sorptions-Geräte für Heizung und/oder Kühlung mit einer Nennwärmebelastung nicht über 70 kW - Teil 2: Rationelle Energienutzung
NBN EN 13141-1:2004	Lüftung von Gebäuden - Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen - Teil 1: Außenwand- und Überströmluftdurchlässe
NBN EN 13363-1:2007	Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen - Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades - Teil 1: Vereinfachtes Verfahren
NBN EN 13363-2:2005	Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen - Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades - Teil 2: Detailliertes Berechnungsverfahren

NBN EN 13829:2001	Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden - Differenzdruckverfahren
NBN EN 14134:2004	Lüftung von Gebäuden - Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen
NBN EN 14511:2011	Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen für die Raumbeheizung und -kühlung und Prozess-Kühler mit elektrisch angetriebenen Verdichtern
NBN EN 15251:2007	Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik
NBN EN 60034-1:2010	Drehende elektrische Maschinen - Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten
NBN EN 60904-1:2007	Photovoltaische Einrichtungen - Teil 1: Messen der photovoltaischen Strom-/Spannungskennlinien
NBN EN ISO 10211:2008	Wärmebrücken im Hochbau - Wärmeströme und Oberflächentemperaturen - Detaillierte Berechnungen
NBN EN ISO 12241:1998	Wärmedämmung an haus- und betriebstechnischen Anlagen - Berechnungsregeln
NBN EN ISO 13789:2008	Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Spezifischer Transmissions- und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren
NBN EN ISO 13790:2004	Energieeffizienz von Gebäuden - Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung (ersetzt EN 832)
NBN EN ISO 14683:2008	Wärmebrücken im Hochbau - Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient - Vereinfachte Verfahren und Anhaltswerte

2 Definitionen

- **Bruttoenergiebedarf für Raumheizung:** Von der für die Heizung bestimmten Wärmeerzeugungsanlage zur Raumheizung an das Wärmeverteilungssystem (oder Wärmespeichersystem) übertragene Energie.
- **Bruttoenergiebedarf für Warmwasserbereitung:** die Energie, die von der für Brauchwarmwasser bestimmten Wärmeerzeugungsanlage an das Brauchwarmwasserverteilungssystem (oder Speichersystem) übertragen wird.
- **Nettoenergiebedarf für Heizung:** Energie, die notwendig wäre, um das geschützte Volumen während einer gewissen Zeit auf Raumtemperatur zu halten (in der vorliegenden Anlage einen Monat lang), wenn eine Anlage mit einem Systemwirkungsgrad und einem Erzeugungswirkungsgrad von 1 verwendet wird.
- **Nettoenergiebedarf für Warmwasserbereitung:** Energie, die notwendig wäre, um das Warmwasser während einer gewissen Zeit auf der gewünschten Temperatur zu halten (in der vorliegenden Anlage einen Monat lang), wenn eine Anlage mit einem Systemwirkungsgrad und einem Erzeugungswirkungsgrad von 1 verwendet wird.
- **Zentralheizung:** Heizungsanlage, bei der die erzeugte Wärme mit einem Wärmeübertragungsmedium zu mehr als einem Raum im geschützten Volumen transportiert wird.
- **Gemeinschaftsheizung:** Anlage, die für die Beheizung von mehr als einer GEE-Einheit bestimmt ist.
- **Einzelheizung:** Heizungsanlage, bei der die Wärme in den Raum abgegeben wird, in dem sie erzeugt wird.
- **Koeffizient der Transmissionswärmeverluste:** Die Wärmeverluste durch Transmission durch Wandkonstruktionen bei einem Temperaturunterschied von 1 Kelvin zwischen den Umgebungen, die sie trennen.
- **Koeffizient der Lüftungswärmeverluste:** Wärmeverlust pro Zeiteinheit bei einem Temperaturunterschied von 1 Kelvin aufgrund der Erwärmung des Luftstroms, der durch Lüftung und durch Infiltration in einem geschützten Volumen entsteht.
- **Leistungszahl (COP):** Verhältnis zwischen der Heizleistung und der von der Wärmepumpe aufgenommenen Leistung (coefficient of performance)
- **Wärmedurchgangskoeffizient:** Wärmedurchgang durch ein flaches Bauteil pro Flächeneinheit, Zeiteinheit und Temperaturdifferenzeinheit zwischen der Umgebungsluft auf beiden Seiten des Bauteils.
- **Kraft-Wärme-Kopplung (KWK):** Kombinierte Erzeugung von Wärme und Strom
- **Charakteristischer Jahresverbrauch an Primärenergie:** Der jährliche Verbrauch an Primärenergie für die Heizung der Räume, die Warmwasserbereitung, die (fiktive) Kühlung, die Zusatzgeräte sowie die Beleuchtung in Büros und Schulen, berechnet anhand der in dieser Anlage beschriebenen Methode für Wohngebäude und der in Anlage A.2 des vorliegenden Erlasses beschriebenen Methode für Büros und Schulen. Die Einsparung von Primärenergie, die mit selbsterzeugtem Strom aus einer Photovoltaikanlage oder einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage bewirkt wird, wird abgezogen.
- **Endenergieverbrauch für Heizung:** Letztendlich erforderliche Energie zur Deckung des Bruttoenergiebedarfs für Heizung.
- **Endenergieverbrauch für Warmwasserbereitung:** Letztendlich erforderliche Energie zur Deckung des Bruttoenergiebedarfs für Warmwasser.
- **Lüftungsvolumenstrom:** Die Menge an Außenluft, die durch Lüftung pro Zeiteinheit einströmt.
- **Volumenstrom durch In-/Exfiltration:** die Menge an Außenluft, die pro Zeiteinheit durch In-/Exfiltration in das/aus dem geschützte(n) Volumen oder in eine/aus einer Energiezone ein-/herausströmt.
- **Wärmeverlust:** Wärmemenge, die durchschnittlich im geschützten Volumen pro Zeiteinheit verloren geht.
- **Transmissionswärmeverlust:** Wärmeverlust durch Wärmeleitung.

- **Lüftungswärmeverlust:** Wärmeverlust durch Erwärmung des Luftvolumenstroms durch Lüftung und Infiltration im geschützten Volumen bis zum Erreichen der in der vorliegenden Anlage vorgegebenen Raumtemperatur.
- **Angrenzender beheizter Raum:** Angrenzender Raum in einem geschützten Volumen. Zur Bestimmung der Energieeffizienz wird angenommen, dass es bei dieser Art von Räumen keinen Wärmeaustausch gibt. Man unterscheidet 3 verschiedene Szenarien:
  - Einen an das betreffende geschützte Volumen angrenzenden beheizten Raum. Zum Beispiel ein Raum im geschützten Volumen eines auf dem Nachbargrundstück stehenden Gebäudes oder im geschützten Volumen eines auf demselben Grundstück bestehenden Gebäudeteils. Letzterer kommt beispielsweise bei der Erweiterung eines Gebäudes in Frage.
  - Einen an die betreffende GEE-Einheit angrenzenden beheizten Raum. Zum Beispiel:
    - ein Raum in einer angrenzenden GEE-Einheit (innerhalb desselben geschützten Volumens)
    - ein anderer Raum (der keine Auflagen hinsichtlich der Energieeffizient hat) innerhalb desselben geschützten Volumens (zum Beispiel ein gemeinsames Treppenhaus in einem Mehrfamilienhaus ...)
    - ein Raum in einem angrenzenden geschützten Volumen
  - Einen an die betreffende Energiezone angrenzenden beheizten Raum. Zum Beispiel:
    - ein Raum in einer angrenzenden Energiezone (innerhalb derselben GEE-Einheit)
    - ein Raum in einer angrenzenden GEE-Einheit
    - ein anderer Raum in demselben geschützten Volumen
    - ein Raum in einem angrenzenden geschützten Volumen

  Hinweis: Siehe auch Punkt 5.2 zu den Konventionen über Räume in bestehenden angrenzenden Gebäuden oder Gebäudeteilen.
- **Angrenzender unbeheizter Raum:** Angrenzender Raum außerhalb des geschützten Volumens, der nicht beheizt wird.
- **Jahresarbeitszahl:** Verhältnis zwischen der abgegebenen Wärme und der von der Wärmepumpe in einem bestimmten Zeitraum verbrauchten Energie.
- **Solarfaktor einer Verglasung:** Verhältnis zwischen der Solarstrahlung, die durch eine Verglasung dringt, und der Solarstrahlung, die auf die Verglasung auftrifft. Der Solarfaktor umfasst sowohl den direkten und diffusen Durchgang als auch die indirekten Gewinne aufgrund der Absorption des Solarflusses. Beim Vergleich von Verglasungssystemen wird aus Gründen der Messtechnik die direkte Einstrahlung auf eine senkrecht zu den Sonnenstrahlen stehende Fläche zugrunde gelegt.
- **Fenster:** (Teilweise) durchscheinende Trennwand.
- **Wärmeübertragungsmedium:** Flüssiges oder gasförmiges Medium, mit dem Wärmeenergie von einem Ort zum anderen befördert wird, zum Beispiel Wasser in einem Heizkörperkreis oder ein Frostschutzmittel im Wärmetauscher einer Wärmepumpe.
- **Externe Wärmelieferung:** Lieferung von Wärme, die nicht auf dem gleichen Grundstück erzeugt wurde.
- **Wärmegewinn:** Summe des Solargewinns, der durch transparente/durchscheinende Wände in das geschützte Volumen eindringt, und der internen Wärmeerzeugung.
- **Primärenergieverbrauchswert (E_w-Wert):** Verhältnis zwischen dem charakteristischen Jahresverbrauch an Primärenergie des geschützten Volumens und dem charakteristischen jährlichen Bezugsverbrauch an Primärenergie, multipliziert mit 100.

- **Opak:** Kein Sonnenlicht durchlassend (im Gegensatz zu transparent/durchscheinend).
- **Außenwand:** Bauliche Vorrichtung oder Teil einer solchen, die das geschützte Volumen von der Außenluft, dem Erdreich oder dem Wasser trennt.
- **Innenwand:** Bauliche Vorrichtung oder Teil einer solchen, die das geschützte Volumen von einem angrenzenden beheizten oder unbeheizten Raum trennt.
- **Charakteristische Luftdurchlässigkeit:** Der von der charakteristischen Druck/Luftstrom-Kurve des betreffenden Wohngebäudes abgezogene Luftstrom oder der nach der in der vorliegenden Vorschrift angegebenen Methode berechnete Luftstrom bei einem Druckunterschied von 50 Pa.
- **Nennstellung:** Einstellposition des Lüftungssystems (Ventilator(en) und etwaige andere Komponenten), bei der für alle Räume Folgendes erfüllt ist: der Volumenstrom der mechanischen Belüftung der Systeme B und D ist mindestens gleich dem für diesen Raum geforderten Frischluftstrom, und der Volumenstrom der mechanischen Entlüftung der Systeme C und D ist mindestens gleich dem für diesen Raum geforderten Abluftstrom ins Freie.
- **Heizwert (H_i):** Die bei der vollständigen Verbrennung einer Brennstoffeinheit freigesetzte Wärmemenge unter der Annahme, dass der Wasserdampf nicht kondensiert und die Wärme nicht zurückgewonnen wird.
- **Brennwert (H_s)** Die bei der vollständigen Verbrennung einer Brennstoffeinheit freigesetzte Wärmemenge unter der Annahme, dass der Wasserdampf kondensiert und die Wärme zurückgewonnen wird.
- **Interne Wärmeerzeugung:** Durch Menschen, Beleuchtung, Ventilatoren, Pumpen und alle anderen Maschinen im geschützten Volumen freigesetzte Wärme.
- **Elektrische Höchstleistung eines Elektromotors (oder einer Kombination von Elektromotor und Ventilator):** Die maximale elektrische Leistung, die der Elektromotor (oder die Kombination von Elektromotor und Ventilator) bei Dauerbetrieb aufnehmen kann, ggf. einschließlich sämtlicher Hilfselemente. Die elektrische Leistung wird infolgedessen an der Netzversorgung gemessen. Der Dauerbetrieb wird in der Norm NBN EN 60034-1 (Lasttyp S1) definiert.
- **Regelung:**
  - **Raumweise Regelung:** Die Volumenströme werden für jeden Raum einzeln geregelt.
  - **Zonenweise Regelung:** Die Volumenströme werden für jede Zone getrennt geregelt. Die Räume sind in mindestens zwei verschiedene Zonen eingeteilt, davon eine oder mehrere Tageszonen und eine oder mehrere Nachtzonen. Alle Aufenthaltsräume müssen den Tageszonen angehören und alle Schlafzimmer den Nachtzonen.
  - **Zentrale Regelung:** Die Volumenströme werden für alle Räume der EEW-Einheit gemeinsam geregelt.

    Anmerkung: In einem System kann die Luftzufuhr raumweise, zonenweise oder zentral und der Luftabzug raumweise, zonenweise oder zentral geregelt werden.
- **Wirkungsgrad bei Teillast:** Erzeugungswirkungsgrad einer Anlage bei Teillast.
- **Wirkungsgrad bei Volllast:** Erzeugungswirkungsgrad einer Anlage zur Wärmeerzeugung bei Nennleistung.
- **Verteilungswirkungsgrad:** Anteil der erzeugten Wärme oder Kälte, der tatsächlich an die Heizvorrichtungen abgegeben wird. Wenn sich bei Wärmeerzeugung vor Ort das Wärmeerzeugungsgerät nicht im gleichen Gebäude befindet, werden beim Verteilungswirkungsgrad auch die Wärmeverluste der Leitungen zwischen dem Ort der Wärmeerzeugung und dem Gebäude berücksichtigt.
- **Erzeugungswirkungsgrad:** Verhältnis zwischen der von einem Wärmeerzeuger abgegebenen Wärme und der aufgewendeten Energie.

- **Systemwirkungsgrad:** Anteil der erzeugten Nutzwärme, der tatsächlich genutzt wird. Der Systemwirkungsgrad ist unterteilt in Verteilungswirkungsgrad und Abgabewirkungsgrad.
- **Wirkungsgrads eines Solarthermiesystems:** Verhältnis zwischen dem monatlichen Nutzenergiebeitrag und der Energie, die die Sonne jeden Monat zum System beiträgt.
- **Energiezone:** Sämtliche Räume des geschützten Volumens, die:
  - zur gleichen Lüftungszone gehören;
  - mit derselben Art von Wärmeabgabesystem ausgestattet sind (es sei denn, man berücksichtigt bei einer Zentralheizung den schlechtesten Abgabewirkungsgrad bei den Berechnungen);
  - mit demselben Wärmeerzeuger (oder gegebenenfalls derselben Kombination von Wärmeerzeugern) beheizt werden.
- **Nutzfläche:** Die laut Anlage A.2 Kapitel 2 des vorliegenden Erlasses bestimmte Fläche.
- **Gesamte beheizte oder klimatisierte Fläche (A_{ch}):** Summe der Flächen aller Geschosse im geschützten Volumen, gemessen zwischen den Außenflächen der Außenwände. Berücksichtigt werden Flächen, die eine Mindesthöhe unter der Decke von 1,50 m aufweisen, sofern der betreffende Raum zumindest an einem Punkt eine Mindesthöhe von 2,20 m aufweist.
- **Photovoltaiksystem:** Vorrichtung zur Aufnahme von Solarenergie und deren Umwandlung in Strom.
- **Solarthermiesystem:** Vorrichtung zur Aufnahme von Solarenergie und deren Umwandlung in Wärme.
- **Nutzungsanteil des Wärmegewinns:** Der Anteil des Wärmegewinns durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmequellen, der den Nettoenergiebedarf für die Beheizung des geschützten Volumens verringert.
- **Außentemperatur:** Gemessene mittlere Außentemperatur in einem bestimmten Zeitraum, in der vorliegenden Anlage ein Monat.
- **Transparent:** Lässt Sonnenstrahlen ganz oder teilweise durch (im Gegensatz zu opak). „Transparent" umfasst somit sowohl den Begriff „transparent" als auch den Begriff „durchscheinend".
- **Mechanische Lüftung:** Lüftung mit einem oder mehreren Ventilatoren.
- **Natürliche Lüftung:** Lüftung durch Wind und die Temperaturdifferenz zwischen Außenluft und Raumluft.
- **Geschütztes Volumen:** Volumen aller Räume des Gebäudes, das aus thermischer Sicht von der Außenumgebung (Luft oder Wasser), vom Erdreich und von allen angrenzenden Räumen geschützt ist, die nicht zum geschützten Volumen gehören.
- **Lüftungszone:** Der geschlossene Teil einer GEE-Einheit, die mit einem unabhängigen Lüftungssystem ausgestattet ist.

3 Symbole, Abkürzungen und Indizes

3.1 Symbole und Abkürzungen

< bedeutet: abgeleitet von

Symbol	Bedeutung	Einheit
A	Fläche (projizierte Fläche) (Synonym: Oberfläche)	m^2
A	Luft	-
B	Breite	m
B	Frostschutzmittel (brine)	-
C	Kompaktheit	m
C	Effektive Wärmekapazität	J/K
COP	Leistungskoeffizienten einer Wärmepumpe (coefficient of performance)	-
D	Durchmesser	m
E	Charakteristischer Jahresverbrauch an Primärenergie	MJ
E_w	Primärenergieverbrauchswert	-
EANC	Angrenzender unbeheizter Raum (espace adjacent non chauffé)	-
EEI	Kenngröße für die Energieeffizienz	
EER	Energieeffizienz bei Klimaanlagen (energy efficiency ratio)	
F	(Reduktions-)Faktor	-
H	Wärmedurchgangskoeffizient	W/K
I	Sonneneinstrahlung	MJ/m^2
L	Tiefe	m
I	Indikator (für Überhitzung)	Kh
Nu	Nußelt-Zahl	-
P	Umkreis	m
P	Leistung	W
P	Druck	Pa
Pr	Prandtl-Zahl	-
Q	Wärme- oder Energiemenge	MJ
R	Wärmewiderstand	m2.K/W
Re	Reynolds-Zahl	(-)
RF	Reduktionsfaktor	-
SPF	Jahresarbeitszahl, JAZ (Coefficient Of Seasonal Performance)	-
U	Spannung	V
U	Wärmetransferkoeffizient für Transmission	$W/(m^2.K)$
V	Volumen	m^3
$\dot{V}$	Luftstrom, Luftvolumenstrom	m^3/h
W	Strommenge	kWh
W	Wasser	-
a	Koeffizient, numerischer Parameter, Nutzungsfaktor	-
b	Koeffizient, numerischer Parameter	-
c	Korrekturfaktor	-
c	Spezifische Wärme	J/(kg.K)
c	Koeffizient	-
d	Dicke	m

d	Nummer des charakteristischen Tages	-
e	Dimensionsloser Faktor	-
f	Faktor	-
g	Solarfaktor	-
h	Höhe	m
l	Länge	m
m	Multiplikationsfaktor	-
m	Monat	-
n	Luftwechselrate	h^{-1}
p	Abstand	m
q	Wärmestrom	W/m^2
q	Volumenstrom	m^3/h
r	Reduktionsfaktor, Korrekturfaktor	-
s	Multiplikationsfaktor	-
t	Zeit, Zeitschritt	s
w	Multiplikationsfaktor	
z	Tiefe	m
α	Absorptionskoeffizient	-
α_h	Verbauungswinkel	Grad
$\alpha_v, \alpha_{sL}, \alpha_{sR}$	Überhangwinkel	Grad
β	Höhenwinkel der Sonne	Grad
β	Verhältnis	-
δ	Neigung	Grad
γ	Gewinn-Verlust-Verhältnis	-
η	Wirkungsgrad	-
λ	Gewinn-Verlust-Verhältnis	-
λ	Wärmeleitfähigkeit	W/(m.K)
ω	Stundenwinkel	Grad
θ	Temperatur	°C
θ	Winkel	Grad
φ	Breitengrad	Grad
Φ	Wärmestrom, Leistung	W
ρ	Dichte	kg/m^3
τ	Zeitkonstante	s
Ψ	Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m.K)
χ	Einfallwinkel	Grad
χ	Punktbezogener Wärmedurchgangskoeffizient	W/K

3.2 Indizes

< bedeutet: abgeleitet von

a	Jahr
abs	in Abwesenheit
add	zusätzliche Lüftung
add m	zusätzliche mechanische Lüftung
add w	zusätzliche Fensterlüftung
adj	Einstellung (< adjustment)
AHU	Klimagerät (< air handling unit)
al	Luftschicht
all	alle
amb	Umgebung
ann	jährlich
annih	Aufhebung
app	Gerät
artif	künstlich
artif area	künstlich beleuchteter Bereich
as	Anlage mit aktiver Nutzung der Solarenergie (< active solar)
aux	Hilfs(energie)
ave	Durchschnitt
b	Wasser im Heizkessel
bath	Badezimmer
bf	Untergeschoss
boiler	Heizkessel
bw	Kellerwand
c	konventionell
c	Sonnenschutz
calc	berechnet
ch	beheizt
char	charakteristisch
circ	Kreislauf, Zirkulationsleitung
co	Kondensator
CO_2	CO_2-Emissionen
cogen	Kraft-Wärme-Kopplung
combi	Combilus
compac	Kompaktheit
cons	Verbrauch
constructions	Wände der Wärmeverlustfläche
cool	Kühlung
ct	Kühlturm
ctrl	Steuerung
cw	Vorhangwand
d	Tageslichtöffnung
D	Durchmesser
D	zu Außenluft und Wasser
D	Tür
day	Tag
dayl	Tageslicht
dayl area	Tageslichtbereich
def	Standardwert
demand	Energiebedarf
depth	Tiefe
design	Auslegung
dh	externe Wärmelieferung (< district heating)
dif	diffus
dir	direkt
distr	Verteilung
duct	Leitung
e	außen, extern
eb	zugrunde gelegte Außentemperatur
eff	effektiv
elec	elektrisch
electr	Elektronik
em	Abgabe (< emission)
en	Energie
env obst	umliegende Hindernisse
EPstor	Speicherung innerhalb einer PEB-Einheit
EPR	EEW-Einheit (< energy performance of residential buildings)
eq	äquivalent
ev	Verdampfer
evap	Verdampfung
exc	Ausnahme

16	EEW-Methode 2017

excess	überschüssig
exh	Abzugsöffnung
extr	Abzug
f	Boden, Fußboden (< floor)
f	Fensterrahmen (< frame)
f	Nutzung
fan(s)	Ventilator(en)
fct	Funktion
final	Endverbrauch
fitting	Armatur
flow	Durchfluss
fl.h	Fußbodenheizung
free	manuelle Öffnung (von Fenstern)
free	free-chilling
g	Verglasung (< glazing)
g	(Wärme-)Gewinn(< gain)
g	Erdreich (< ground)
GCV	Brennwert, H_s (< gross caloric value)
gen	Erzeugung
go	Fensterverglasung
gross	brutto
h	hemisphärische Strahlung
h	Feuchtigkeit
heat	(Raum-)Heizung
hr	Wärmerückgewinnung (< heat recovery)
hor	horizontal
HP	Wärmepumpe (< heat pump)
horschad	Horizontbeschattung (< horizon shading)
hum	Befeuchtung
hyg	Hygiene...
hx	Wärmeaustauscher (< heat exchanger)
i	intern
i	Ordinalzahl
i	opaker Teil
in	eingehend
in/exfilt	Infiltration/Exfiltration
instal	installiert
int	innen
int	intermittierend
insul	Dämmung (< insulation)
j	Ordinalzahl
January	Januar
junctions	Bauknoten
k	Ordinalzahl
kitchen	Küche
L	Länge
L	Wärmeverlust (Transmission + Lüftung) (< loss)
l	linear
leak	Leck, mangelnde Dichtigkeit
light	Beleuchtung
m	Zahl
m	monatlich (pro Monat)
max	maximal
meas	gemessen
mech	mechanisch
min	minimal
mod	modulierend
n	Ordinalzahl, Zahl
nat	natürlich
ncalc	(in einer) nicht berechnete(n) Einheit
NCV	Heizwert, H_i (< net calorific value)
net	netto
netw	Wärmeverteilungsnetz (< network)
night	Nacht
norm	genormt
nom	nominal
npref	Neben...
nres	für Nichtwohnzwecke bestimmt
OAR	einstellbare Zuluftöffnung
obst from build	gebäudeabhängige Hindernisse
occ	Belegung(szeitraum)
on	eingeschaltet
oper	in Betrieb
operation	unter Berücksichtigung der Grenzen der Betriebsbedingungen
out	ausgeschaltet
over	Überlüftung

overh	Überhitzung (< overheating)
p	Tafel
p	primär
pilot	Zündflamme
po	opake Fensterfüllung
precool	Vorkühlen
pref	Haupt...
preh	Vorwärmen
pres	vorhanden
princ	Haupt...
prim	primär
ps	Anlage mit passiver Nutzung der Solarenergie
pumps	Pumpen
PV	Photovoltaik
r	Zahl
r	Strahlung
rad	Heizkörper
real	reell
rec	Rückgewinnung
red	Reduzierung
reduc	Reduzierung
ref	Referenz
refl	Reflexion
req	gefordert
res	für Wohnzwecke bestimmt
return	Rück...
rm	(pro) Raum
ro	Lüftungsgitter des opaken Teils
s	Sonne, Sonneneinstrahlung
s	durch das Erdreich (< soil)
se	aus dem Gebäude entweichende Wärme
sec	Energiezone
setpoint	Sollwert
sh+wh	Raumheizung und Warmwasserbereitung (< space heating + water heating)
shad	beschattet (< shaded)
si	in das Gebäude strömende Wärme
sink	Waschbecken
sizing	keine Beschränkung der Betriebsbedingungen
spec	spezifisch
stack	Abzugsleitung
stor	Lagerung
soil	Erdreich (< soil)
supply	Zufluss, Belüftung
switch	Umschaltung
sys	Anlage (Installation)
T	Transmission
t	transparent
tap	Armatur (< tap)
te	der Fläche zur Außenumgebung hin
test	bei Testbedingungen
th	Wärme...
tresh	Schwellenwert (< threshold)
throttle	Gasventil
tr	transparent
tot	gesamt
tube	Rohrleitung
tubing	Rohrleitungen
turb	flow turbulent
U	Angrenzender unbeheizter Raum (< unheated)
unit	für Wohnzwecke bestimmte PEB-Einheit
unocc	ungenutzt(er Zeitraum) (< unoccupied)
unshad	unbeschattet (< unshaded)
usable	verwendbar
util	Verwendung
V	Lüftung
vent	Lüftung
vert	vertikal
vrf	variabler Kühlvolumenstrom (< variable refrigerant flow)
w	Fenster (< window)
W	Wasser
wall	Fassade
wall.h	Wandheizung
water	Warmwasser

18	EEW-Methode 2017
wC	mit Sonnenschutz (< with curtain)
well	Brunnen
win	Fensteröffnung
woC	ohne Sonnenschutz (< without curtain)
ws	Fenster-Jalousie-Kombination
wt	Erde/Wasser-Wärmepumpe
x	Belüftungshohlraum oder Keller
z	Ordinalzahl
zone	Lüftungszone

4 Aufbau der Methode

Die Bestimmung des charakteristischen Jahresverbrauchs an Primärenergie (E_w) erfolgt in mehreren Schritten.

In einem ersten Schritt wird der monatliche Nettoenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung berechnet. In diese Berechnung fließen die Transmissionswärmeverluste, die Lüftungswärmeverluste, die Gewinne durch Solarwärme und interne Wärmeerzeugung und der Warmwasserverbrauch ein. Die Überhitzungsgefahr wird getrennt überprüft.

In einem zweiten Schritt wird der monatliche Nettoenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung in den monatlichen Bruttoenergiebedarf umgerechnet. Diese Umrechnung erfolgt, indem man den Nettobedarf durch den Systemwirkungsgrad der Heizungsanlage bzw. der Warmwasserbereitungsanlage dividiert.

In einem dritten Schritt wird der (endgültige) monatliche Energieverbrauch für Heizung und Warmwasserbereitung ermittelt. Dazu zieht man ggf. die monatliche Energiezufuhr einer Solarthermieanlage vom Bruttoenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung ab. Die so erhaltene Differenz wird durch den Erzeugungswirkungsgrad der Wärmeerzeugungsanlage dividiert. Außerdem wird auch der monatliche (End-)Energieverbrauch für die Hilfsfunktionen berechnet und der entsprechende monatliche (End-)Energieverbrauch für Kühlung ermittelt. Wenn im Gebäude Strom mit Hilfe einer Photovoltaikanlage oder Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wird, wird die charakteristische monatliche Stromproduktion berechnet.

In einem vierten Schritt wird der charakteristische Jahresverbrauch an Primärenergie berechnet. Dazu werden zunächst alle monatlichen Endenergieverbrauche (für Heizung, Warmwasserbereitung und Hilfsfunktionen) mit dem Umrechnungsfaktor in Primärenergie der entsprechenden Energiequelle multipliziert, um den monatlichen Primärenergieverbrauch zu erhalten. Bei dem selbsterzeugten Strom wird die in den Elektrizitätswerken erzielte Einsparung an Primärenergie durch Multiplikation mit dem geltenden Umrechnungsfaktor berechnet. Dann addiert man den charakteristischen monatlichen Primärenergieverbrauch für die 12 Monate des Jahres und zieht die charakteristische monatliche Primärenergieeinsparung durch selbsterzeugten Strom ab.

Im fünften Schritt wird der Primärenergieverbrauchswert (E_w) anhand des charakteristischen jährlichen Primärenergieverbrauchs, des geschützten Volumens, der gesamten beheizten oder klimatisierten Fläche (A_{ch}) und der Fläche, durch die sich die Transmissionswärmeverluste ($A_{T,E}$) ergeben, berechnet.

Bei verschiedenen Berechnungsschritten besteht die Wahl zwischen einem „vereinfachten Ansatz" und einer „detaillierteren Berechnung". Der vereinfachte Ansatz beruht auf Standardwerten. Die detailliertere Berechnung erfordert zusätzliche Eingabedaten und die Bereitstellung von Informationen durch die Unternehmen.

5 Schematisierung des Gebäudes

5.1 Prinzip

Die Energieeffizienz bezieht sich oft auf ein Teilvolumen des Gebäudes, je nachdem, ob die Räume z. B. beheizt (und/oder gekühlt) sind oder nicht, oder auch je nach Zweckbestimmung der verschiedenen Gebäudeteile und ob eventuell mehrere Wohneinheiten vorhanden sind. Deshalb unterteilt man das Gebäude üblicherweise in verschiedene Teile, um die Energieeffizienz zu ermitteln. Jedes Teilvolumen, das an sich der für Wohngebäude geforderten Energieeffizienz entsprechen muss, wird EEW-Einheit genannt. Nötigenfalls wird eine weitere Unterteilung in Lüftungszonen und Energiezonen vorgenommen, um unterschiedliche Anlagetypen korrekt in die Berechnungen aufnehmen zu können.

Hinweis:

Die Unterteilung des betreffenden ganzen Gebäudes für die Bestimmung der Energieeffizienz kann sich von der eventuell für die Anforderung(en) der gesamten Wärmedämmung vorzunehmenden Unterteilung unterscheiden (industrielle oder nicht industrielle Zweckbestimmung der verschiedenen Gebäudeteile). Hierzu muss ein (oder mehrere) Volumen K bestimmt werden, das als der Teil des geschützten Volumens mit den Zweckbestimmungen angesehen wird, die denselben Anforderungen in Bezug auf die globale Wärmedämmung (Niveau K) entsprechen müssen.

Eine weitere Unterteilung kann für die Auslegung der Lüftungsvorrichtungen angewandt werden (siehe Anlage C.2 und C.3 des vorliegenden Erlasses): Gegebenenfalls ist zu unterscheiden zwischen den Gebäudeteilen, die für Wohnzwecke bestimmt sind, und den Gebäudeteilen, die nicht für Wohnzwecke vorgesehen sind.

5.2 Unterteilung des Gebäudes

Zugrunde gelegt wird das gesamte Gebäude oder der gesamte Anbau (eines bestehenden Gebäudes), das schrittweise folgendermaßen unterteilt wird:

- Zuerst wird das geschützte Volumen festgelegt. Das geschützte Volumen muss mindestens alle beheizten Räume umfassen, die zum betreffenden Gebäudeteil oder dem geplanten Anbau gehören und mit Heiz- und/oder Kühlsystemen (Heizkörper, Fußbodenheizung, Warmluftöffnungen, Gebläsekonvektoren etc.) ausgestattet sind.
- Das geschütztes Volumen wird in einen oder mehrere Teile unterteilt, die jeweils eine der nachstehenden Zweckbestimmungen haben:
  - Für Wohnzwecke bestimmter Gebäudeteil: Es gelten die Energieeffizienz-Anforderungen für Wohngebäude
  - Nicht-Wohnzwecke, für die die Energieeffizienz-Anforderungen gelten (siehe Anlage A.2 des vorliegenden Erlasses)
  - Sonstige Zwecke
- Betrachtet wird der für Wohnzwecke bestimmte Teil des geschützten Volumens.
  - Falls dieser Teil in seiner Gesamtheit als eine Wohneinheit genutzt wird (zum Beispiel Einfamilienhaus), wird dieser gesamte Teil in der Folge als EEW-Einheit bezeichnet. Diese EEW-Einheit muss den Energieeffizienz-Anforderungen für Wohngebäude entsprechen.
  - Wenn sich mehr als eine Wohneinheit in diesem Teil befinden (zum Beispiel Einzelwohnungen in einem Mehrfamilienhaus), dann stellt jede Wohneinheit an sich eine EEW-Einheit dar, die den Energieeffizienz-Anforderungen für Wohngebäude entsprechen muss. Die Gemeinschaftsteile derartiger Gebäude (zum Beispiel Treppenhaus und gemeinsame Korridore) werden bei der

Beurteilung der Energieeffizienz nicht berücksichtigt und müssen auch nicht den Energieeffizienz-Anforderungen entsprechen. (Für diese Gemeinschaftsteile können jedoch andere Auflagen gelten, zum Beispiel maximale U-Werte und der Anteil am K-Wert des gesamten Gebäudes).

- Bei diesem Verfahren wird nur der Energieverbrauch einer EEW-Einheit berücksichtigt. Wenn nötig oder gewünscht, wird diese EEW-Einheit wie in Punkt 5.3 beschrieben in mehrere Energiezonen unterteilt.

Hinweis:

Die Räume des betreffenden Gebäudes oder des betreffenden Anbaus, die nicht zum geschützten Volumen gehören, sind daher per Definition nicht beheizt.

WICHTIG:

Angrenzende beheizte Räume

Man kann im Rahmen dieser Regelung stets von der Annahme ausgehen, dass alle Räume der bestehenden Nachbargebäude beheizte Räume sind (auch wenn sie dies physisch nicht unbedingt sind).

Bei der Bestimmung der Gesamtenergieeffizienz wird davon ausgegangen, dass durch Trennwände zu angrenzenden beheizten Räumen kein Wärmeaustausch stattfindet.

Neben diesen Trennwänden zu angrenzenden beheizten Räumen sind bei der Bestimmung der Energieeffizienz Transmissionswärmeströme durch die anderen Wände des geschützten Volumens zu berücksichtigen, **auch wenn diese Teile der Gebäudehülle an ein benachbartes Grundstück angrenzen.**

5.3 Unterteilung der EEW-Einheit in Lüftungszonen und Energiezonen

5.3.1 Prinzip

Das geschützte Volumen der EEW-Einheit wird gemäß der oben stehenden Definition und den unten stehenden Regeln in Lüftungs- und Energiezonen unterteilt.

5.3.2 Einteilung in Lüftungs- und Energiezonen

Im Allgemeinen ist in einer EEW-Einheit nur eine Lüftungsanlage vorhanden, alle Einzelräume werden auf dieselbe Weise beheizt, wobei die Wärme von einem zentralen Gerät erzeugt wird. In diesem Fall muss die EEW-Einheit nicht in Lüftungs- und Energiezonen unterteilt werden, denn die gesamte EEW-Einheit stellt die einzige Lüftungs- und Energiezone dar.

Nur wenn mehrere Arten von Anlagen vorhanden sind (was selten vorkommt), muss eine Unterteilung in Lüftungs- und/oder Energiezonen wie unten beschrieben vorgenommen werden.

Bei Lüftungssystemen sind 4 verschiedene Typen zu unterscheiden (siehe auch Anlage C.2 und C.3 des vorliegenden Erlasses):

- System A: natürliche Lüftung
- System B: mechanische Zuluftanlage
- System C: mechanische Abluftanlage
- System D: mechanische Zu- und Abluftanlage

Wenn in verschiedenen geschlossenen EEW-Einheiten unabhängige Lüftungsanlagen unterschiedlichen Typs entsprechend der obigen Unterteilung vorhanden sind, stellt jeder dieser Teile eine Lüftungszone dar. Eine Energiezone kann sich nicht über verschiedene Lüftungszonen erstrecken. Es gibt daher stets mindestens ebenso viele Energiezonen wie Lüftungszonen.

Wenn man eine Einzelheizung (zum Beispiel eine Heizung mit elektrischem Widerstand) in einem Raum zugrunde legt und hier auch Wärmeabgabeelemente einer Zentralheizung vorhanden sind, dann wird die in diesem Raum vorhandene Zentralheizung für die Bestimmung der Energieeffizienz nicht berücksichtigt, sondern es gelten nur die Kenndaten des Einzelheizungssystems. Bei offenen Kaminen oder Holzöfen wird das Zentralheizungssystem allerdings berücksichtigt.

Wenn verschiedene Räume der Lüftungszone auf unterschiedliche Weise beheizt werden (nach Anwendung der obigen Konvention hinsichtlich der Kombination aus Zentralheizung und Einzelheizung), so dass die verschiedenen Systeme in eine andere Kategorie von Tabelle [6] fallen, dann muss eine Unterteilung in Energiezonen vorgenommen werden. Diese Unterteilung ist jedoch bei einer Zentralheizung nicht obligatorisch. In diesem Fall können die Berechnungen anhand des laut Tabelle [6] niedrigsten Abgabewirkungsgrads in der gesamten Energiezone vorgenommen werden und es kann nicht mehr das in Annexe D dieser Anlage beschriebene detaillierte Berechnungsverfahren gewählt werden.

Die Tatsache, dass mehrere zentrale Wärmeerzeuger die Wärme getrennt an verschiedene Teile der Lüftungszone liefern, macht im Prinzip eine weitere Unterteilung in Energiezonen erforderlich. Diese Unterteilung ist jedoch nicht nötig, wenn die Wärmeerzeuger (rechnerisch) denselben Erzeugungswirkungsgrad haben (zum Beispiel bei Verwendung von zwei gleichen Heizkesseln für verschiedene Teile der Lüftungszone).

(Dieselben Regeln für die Unterteilung gelten auch, wenn jeder Bereich der Lüftungszone mit einer Kombination von parallel geschalteten Wärmeerzeugern beheizt wird statt mit nur einem Gerät.)

Es ist erlaubt, die EEW-Einheit in eine größere Zahl von Energiezonen aufzuteilen, aber dies ist nicht zwingend vorgeschrieben. Eine höhere Zahl von Energiezonen führt im Allgemeinen zu einem höheren Berechnungsaufwand (weil zusätzliche Daten eingegeben werden müssen), hat aber wenig oder keinen Einfluss auf den berechneten Wert des charakteristischen Jahresenergieverbrauchs.

Wenn die EEW-Einheit Räume umfasst, die nicht mit einem Wärmeabgabesystem ausgestattet sind (zum Beispiel WC, Gänge, Abstellräume, Räume, die nicht sofort als Schlafzimmer genutzt werden ...), müssen diese Räume der Energiezone eines angrenzenden Raums auf denselben Stockwerk zugeteilt werden. Wenn in dem betreffenden unbeheizten Raum keinerlei Vorrichtung für die Frischluftzufuhr vorhanden ist, aber innen montierte Vorrichtungen für die Überströmung von Luft aus den angrenzenden Räumen (beispielsweise ein Durchgangsraum oder Luftabzug oder auch ein Abstellraum), wird der Raum der bzw. den angrenzenden Energiezone(n) zugeteilt, von der/denen aus der betreffende Raum mit Luft versorgt wird.

Der charakteristische Jahresverbrauch und der Bezugsverbrauch an Primärenergie der EEW-Einheit wird nach dem vorliegenden Bestimmungsverfahren ermittelt.

5.3.3 Volumen und Wandflächen einer Energiezone

Bei der Bestimmung des Volumens $V_{sec\ i}$ und der Wandflächen (beide auf der Grundlage der Außenabmessungen) bildet die Mittellinie der Zwischenwand die Grenze zwischen zwei Energiezonen.

5.3.4 Keine Heizungsanlage

Falls die EEW-Einheit nicht beheizt ist, das heißt, falls kein Raum der EEW-Einheit mit einem Wärmeabgabesystem ausgestattet ist, muss in der Regel in jedem Raum eine Einzelheizung in Form eines elektrischen Konvektors mit elektronischer Regelung berücksichtigt werden.

6 Indikatoren des Primärenergieverbrauchs

6.1 Primärenergieverbrauchswert

Der Primärenergieverbrauchswert der EEW-Einheit ermittelt sich aus dem Verhältnis zwischen dem charakteristischen jährlichen Primärenergieverbrauch der EEW-Einheit und einem Bezugswert, multipliziert mit 100:

Gl. 5 $$E = 100 \frac{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}}{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,w}} \quad (-)$$

Dabei ist:

E_w der Primärenergieverbrauchswert der EEW-Einheit (-)

$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}$ der charakteristische jährliche Primärenergieverbrauch der EEW-Einheit in MJ, berechnet gemäß Punkt 13.2

$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,w}$ der Bezugswert für den charakteristischen jährlichen Primärenergieverbrauchswert in MJ

Das Ergebnis muss auf die nächsthöhere Einheit aufgerundet werden.

Der Bezugswert für den charakteristischen jährlichen Primärenergieverbrauchswert ergibt sich wie folgt:

Gl. 6 $$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,w} = (E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,heat} + E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,water} + E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,aux}) \cdot A_{ch} \quad (MJ)$$

wobei:

Gl. 7 $$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,heat} = Q_{heat,net,ann,ref} / 0,728 \quad (MJ/m^2)$$

der Bezugswert des charakteristischen jährlichen Primärenergieverbrauchswertes für Heizung ist.

Dabei ist:

Gl. 8 $$Q_{heat,net,ann,ref} = Q_{L,heat,ann,ref} - 4500/A_{ch} - 100 \quad (MJ/m^2)$$

der Bezugswert des jährlichen Nettoenergiebedarfs für Heizung in MJ/m²

Dabei ist:

A_{ch} die Gesamtfläche der beheizten oder klimatisierten Fußböden der EEW-Einheit in m²

$Q_{L,heat,ann,ref}$ der jährliche Nettoenergiebedarf aufgrund von Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten, der je nach Kompaktheit $(V_{PER}/A_{T,E})$ anhand der folgenden Verhältnisse berechnet wird:

Gl. 9

Wenn $V_{EPR}/A_{T,E} \leq 1$: $Q_{L,heat,ann,ref} = 407/(V_{EPR}/A_{T,E}) + 248 . \beta_{hyg,ref}$

Wenn $1 < V_{EPR}/A_{T,E} \leq 4$: $Q_{L,heat,ann,ref} = 298/(V_{EPR}/A_{T,E}) + 109 + 248 . \beta_{hyg,ref}$

Wenn $V_{EPR}/A_{T,E} > 4$: $Q_{L,heat,ann,ref} = 735/(V_{EPR}/A_{T,E}) + 248 . \beta_{hyg,ref}$ (MJ/m²)

Dabei ist:

$A_{T,E}$ die Gesamtfläche aller Wände in m², die die EEW-Einheit umschließen und deren Transmissionswärmeverluste bei der Bestimmung der Energieeffizienz berücksichtigt werden[1] (siehe auch Punkt 5.2)

V_{EPR} das Gesamtvolumen der EEW-Einheit in m³

$\beta_{hyg,ref}$ der Bezugswert der Luftwechselrate für Hygienelüftung in der EEW-Einheit in h^{-1}

Es gilt:

Gl. 10 $$V_{PER} = \sum_i V_{seci} \quad (m^3)$$

und:

Gl. 11 $$\beta_{dedic,ref} = 1,5\left[0,2 + 0,5.\exp(-A_{ch}/167)\right] \quad [h^{-1}]$$

Dabei ist:

$V_{sec\ i}$ das Volumen der Energiezone i in m³

In **Gl. 10** müssen die Werte für alle Energiezonen i der EEW-Einheit addiert werden.

Gl. 12 $$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,water} = Max\left[9793,36/A_{ch};3324,5/A_{ch} + 100,95\right] \quad (MJ/m^2)$$

ist der Bezugswert des charakteristischen jährlichen Primärenergieverbrauchswertes für Warmwasserbereitung.

Gl. 13 $$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,aux} = 53 \quad (MJ/m^2)$$

ist der Bezugswert des charakteristischen jährlichen Primärenergieverbrauchswertes für Hilfsaggregate.

6.2 Spezifischer jährlicher Primärenergieverbrauch

Der spezifische jährliche Primärenergieverbrauch der EEW-Einheit wird durch das Verhältnis zwischen dem charakteristischen jährlichen Primärenergieverbrauch dieser EEW-Einheit und der gesamten beheizten oder gekühlten Bodenfläche dieser EEW-Einheit angegeben:

Gl. 14 $$E_{spec} = \frac{1}{3,6}.\frac{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}}{A_{ch}} \quad [kWh/m^2]$$

[1] Bei den Berechnungen für die Bestimmung von $A_{T,E}$ bleiben somit nur die baulichen Vorrichtungen unberücksichtigt, die die EEW-Einheit von den angrenzenden beheizten Räumen trennen.

Dabei ist:

E_{spec}	der spezifische jährliche Primärenergieverbrauch der EEW-Einheit in kWh/m².Jahr
$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}$	der charakteristische jährliche Primärenergieverbrauch der EEW-Einheit in MJ, berechnet gemäß Punkt 13.2
A_{ch}	die gesamte beheizte oder klimatisierte Bodenfläche der EEW-Einheit in m²

7 Nettoenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung

7.1 Prinzip

Der Nettoenergiebedarf für Heizung wird nach Energiezonen für alle Monate des Jahres berechnet. Dazu ist jeweils der gesamte Transmissions- und Lüftungswärmeverlust pro Monat bei einer angenommenen Temperatur sowie der gesamte monatliche Gewinn der internen Wärmeerzeugung und durch Solarwärme zu bestimmen. Dann erstellt man die monatliche Energiebilanz anhand des Nutzungsanteils der Wärmegewinne.

Der monatliche Nettoenergiebedarf für Warmwasserbereitung wird pauschal nach der Größe der EEW-Einheit berechnet. Auch eine Wärmerückgewinnung kann berücksichtigt werden. Nur folgende Verbrauchspunkte sind zu berücksichtigen:

- Entnahmestellen in Küchen
- Dusche(n) und/oder Badewanne(n) im/in Badezimmer(n)

Alle anderen Entnahmestellen der EEW-Einheit (also einschließlich Waschbecken im/in Badezimmer(n)) sind nicht zu berücksichtigen.

7.2 Monatlicher Nettoenergiebedarf für Raumheizung pro Energiezone

Der monatliche Nettoenergiebedarf für Raumheizung pro Energiezone wird wie folgt berechnet:

Gl. 15 Wenn $\gamma_{heat,sec\ i,m}$ größer oder gleich 2,5 ist, gilt:

$$Q_{heat,net,sec\ i,m} = 0$$

Wenn $\gamma_{heat,sec\ i,m}$ kleiner als 2,5 ist, gilt:

$$Q_{heat,net,sec\ i,m} = Q_{L,heat,sec\ i,m} - \eta_{util,heat,sec\ i,m} \cdot Q_{g,heat,sec\ i,m} \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

$\gamma_{heat,sec\ i,m}$	das Verhältnis zwischen dem monatlichen Wärmegewinn und dem monatlichen Wärmeverlust der Energiezone i, bestimmt gemäß Punkt 7.6
$Q_{heat,net,sec\ i,m}$	der monatliche Nettoenergiebedarf für die Beheizung der Energiezone i in MJ
$Q_{L,heat,sec\ i,m}$	der monatliche Transmissions- und Lüftungswärmeverlust der Energiezone i in MJ, ermittelt gemäß Punkt 7.4
$\eta_{util,heat,sec\ i,m}$	der monatliche Nutzungsanteil des Wärmegewinns der Energiezone i, ermittelt gemäß Punkt 7.6
$Q_{g,heat,sec\ i,m}$	der monatliche Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmeerzeugung in der Energiezone i in MJ, ermittelt gemäß Punkt 7.5

7.3 Monatlicher Nettoenergiebedarf für Warmwasserbereitung

Der monatliche Nettoenergiebedarf für Warmwasserbereitung einer Dusche oder einer Badewanne i ergibt sich wie folgt:

Gl. 16 $$Q_{water,bath\ i,net,m} = r_{water,bath\ i,net} \cdot f_{bath\ i} \cdot \max\left[64;\ 64 + 0{,}220 \cdot \left(V_{EPR} - 192\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Der monatliche Nettoenergiebedarf für Warmwasserbereitung einer Küchenspüle i in einer Küche [2] ergibt sich wie folgt:

Gl. 17 $$Q_{water,sink\ i,net,m} = r_{water,sink\ i,net} . f_{sink\ i} . \max\left[16;\ 16 + 0{,}055 . \left(V_{EPR} - 192\right)\right] . t_m \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$Q_{water,bath,i,net,m}$	der monatliche Nettoenergiebedarf für Warmwasserbereitung einer Dusche oder einer Badewanne i in MJ
$Q_{water,sink,i,net,m}$	der monatliche Nettoenergiebedarf für Warmwasserbereitung einer Küchenspüle i in MJ
$r_{water,bath\ i,net}$	ein Reduktionsfaktor für den Effekt des Vorheizens des der Dusche oder Badewanne i zugeführten kalten Wassers durch Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser, zu berechnen nach den vom Minister festgelegten Vorgaben (-)
$r_{water,sink\ i,net}$	ein Reduktionsfaktor für den Effekt des Vorheizens des der Küchenspüle i zugeführten kalten Wassers durch Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser (-), berechnet nach den vom Minister festgelegten Vorgaben
$f_{bath\ i}$	der Anteil der Dusche oder der Badewanne i am Gesamtnettoenergiebedarf für Warmwasserbereitung aller Duschen und aller Badewannen der EEW-Einheit (-), wie nachstehend bestimmt
$f_{sink\ i}$	der Anteil der Küchenspüle i am Gesamtnettoenergiebedarf für Warmwasserbereitung aller Küchen der EEW-Einheit (-), wie nachstehend bestimmt
V_{EPR}	das Gesamtvolumen der EEW-Einheit in m^3, siehe § 6
t_m	die Länge des betreffenden Monats in Ms, siehe

[2] Eventuelle andere Warmwasserentnahmestellen (zum Beispiel für Geschirrspüler oder Waschmaschine) werden nicht berücksichtigt. Mehrere Spülen in einer Küche werden gegebenenfalls gesondert berücksichtigt.

Tabelle [1]

Falls in der EEW-Einheit keine Dusche oder Badewanne vorhanden ist[3], wird dafür auch kein Warmwasserverbrauch angenommen. Ebenso gilt, falls in der EEW-Einheit keine Küchenspüle vorhanden ist3, wird dafür auch kein Warmwasserverbrauch angenommen.

Die Anteile der verschiedenen Entnahmestellen werden wie folgt ermittelt:

Gl. 18 $f_{bath\ i} = 1 / N_{bath}$ und $f_{sink\ i} = 1 / N_{sin\,k}$ (-)

Dabei ist:

N_{bath}	die Gesamtzahl der Duschen und Badewannen in der EEW-Einheit
N_{sink}	die Gesamtzahl der Küchenspülen in der EEW-Einheit

[3] Zum Beispiel bei einem Anbau, für den Energieeffizienz-Anforderungen gelten.

Tabelle [1]: Die Nummer des charakteristischen Tages, die Länge des Monats, die mittlere Außentemperatur und die gesamte und diffuse durchschnittliche Sonneneinstrahlung auf eine unbeschattete horizontale Fläche

Monat	Charakteristischer Tag	Länge des Monats t_m (Ms)	Mittlere Außentemperatur im Monat $\theta_{e,m}$ (°C)	$I_{s,tot,hor,m}$ (MJ/m²)	$I_{s,dif,hor,m}$ (MJ/m²)
Januar	15	2,6784	3,2	71,4	51,3
Februar	46	2,4192	3,9	127,0	82,7
März	74	2,6784	5,9	245,5	155,1
April	105	2,5920	9,2	371,5	219,2
Mai	135	2,6784	13,3	510,0	293,5
Juni	166	2,5920	16,2	532,4	298,1
Juli	196	2,6784	17,6	517,8	305,8
August	227	2,6784	17,6	456,4	266,7
September	258	2,5920	15,2	326,2	183,6
Oktober	288	2,6784	11,2	194,2	118,3
November	319	2,5920	6,3	89,6	60,5
Dezember	349	2,6784	3,5	54,7	40,2

7.4 Monatliche Transmissions- und Lüftungswärmeverluste

7.4.1 Prinzip

Die monatlichen Transmissionswärmeverluste in einer Energiezone werden ermittelt, indem man den Wärmetransferkoeffizienten für Transmission mit der Länge des betreffenden Monats und der Differenz zwischen der mittleren Innentemperatur und der mittleren monatlichen Außentemperatur multipliziert.

Die Berechnung der monatlichen Lüftungswärmeverluste erfolgt in der gleichen Weise.

7.4.2 Berechnungsregel

Die monatlichen Transmissions- und Lüftungswärmeverluste werden wie folgt bestimmt:

Gl. 19 $$Q_{L,heat,sec\ i,m} = Q_{T,heat,sec\ i,m} + Q_{V,heat,sec\ i,m} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

Gl. 20 $$Q_{T,heat,sec\ i,m} = H_{T,heat,sec\ i} \cdot \left(18 - \theta_{e,m}\right) \cdot t_m \quad (MJ)$$

Gl. 21 $$Q_{V,heat,sec\ i,m} = H_{V,heat,sec\ i} \cdot \left(18 - \theta_{e,m}\right) \cdot t_m \quad (MJ)$$

und dabei ist:

$Q_{T,heat,sec\ i,m}$	der monatliche Transmissionswärmeverlust der Energiezone i in MJ
$Q_{V,heat,sec\ i,m}$	der monatliche Lüftungswärmeverlust der Energiezone i in MJ
$H_{T,heat,sec\ i}$	der Wärmetransferkoeffizient für Transmission der Energiezone i in W/K, ermittelt gemäß Punkt 7.7
$H_{V,heat,sec\ i}$	der Wärmetransferkoeffizient für Lüftung der Energiezone i in W/K, ermittelt gemäß Punkt 7.8
18	der in dieser Anlage vorgeschriebene Berechnungswert für die Innentemperatur in °C
$\theta_{e,m}$	die mittlere Außentemperatur eines Monats in °C, siehe

32	EEW-Methode 2017

Tabelle [1]

t_m die Länge des betreffenden Monats in Ms, siehe

Tabelle [1]

7.5 Monatlicher Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmeerzeugung

Der monatliche Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmeerzeugung der Energiezone i wird wie folgt bestimmt:

Gl. 22 $Q_{g,heat,sec\ i,m} = Q_{i,sec\ i,m} + Q_{s,heat,sec\ i,m}$ (MJ)

Dabei ist:

$Q_{i,sec\ i,m}$ der monatliche Wärmegewinn durch interne Wärmeerzeugung in der Energiezone i in MJ, ermittelt gemäß Punkt 7.9

$Q_{s,heat,sec\ i,m}$ der monatliche Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung in der Energiezone i in MJ, ermittelt gemäß Punkt 7.10

7.6 Nutzungsanteil des monatlichen Wärmegewinns

Der Nutzungsanteil des monatlichen Wärmegewinns pro Energiezone wird wie folgt bestimmt:

Gl. 23 $\eta_{util,heat,sec\ i,m} = a/(a+1)$ für $\gamma_{heat,sec\ i,m} = 1$

$$\eta_{util,heat,sec\ i,m} = \frac{1 - \left(\gamma_{heat,sec\ i,m}\right)^{a}}{1 - \left(\gamma_{heat,sec\ i,m}\right)^{a+1}}$$ für alle anderen Fälle (-)

wobei:

Gl. 24 $\gamma_{heat,sec\ i,m} = Q_{g,heat,sec\ i,m} / Q_{L,heat,sec\ i,m}$ (-)

Gl. 25 $$a = 1 + \frac{\tau_{heat,sec\ i}}{54000}$$ (-)

Dabei ist:

$\gamma_{heat,sec\ i,m}$ das Verhältnis zwischen dem monatlichen Wärmegewinn und dem monatlichen Wärmeverlust der Energiezone i

$Q_{g,heat,sec\ i,m}$ der monatliche Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmeerzeugung der Energiezone i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 7.5

$Q_{L,heat,sec\ i,m}$ die monatlichen Transmissions- und Lüftungswärmeverluste der Energiezone i in MJ, ermittelt gemäß Punkt 7.4

a ein numerischer Parameter

$\tau_{heat,sec\ i}$ die Zeitkonstante der Energiezone i in s

Es wird angenommen, dass die Zeitkonstante der Energiezone i wie folgt ist:

Gl. 26 $$\tau_{heat,sec\ i} = \frac{C_{sec\ i}}{H_{T,heat,sec\ i} + H_{V,heat,sec\ i}}$$ (s)

Dabei ist:

$C_{sec\ i}$ die effektive Wärmekapazität der Energiezone i in J/K

$H_{T,heat,sec\ i}$ der Wärmetransferkoeffizient für Transmission in W/K, ermittelt gemäß Punkt 7.7

$H_{V,heat,sec\ i}$ der Wärmetransferkoeffizient für Lüftung in W/K, ermittelt gemäß Punkt 7.8

Für die effektive Wärmekapazität der Energiezone i nimmt man die Werte von Tabelle [2].

- Der Begriff „schwer" in dieser Tabelle bezieht sich auf Energiezonen, bei denen mindestens 90 % der Fläche der horizontalen, schrägen und vertikalen Konstruktionen in Massivbauweise errichtet werden.
- Der Begriff „halbschwer" bezieht sich auf Energiezonen, bei denen mindestens 90 % der horizontalen Konstruktionen in Massivbauweise ohne Innendämmung errichtet werden, oder auf Energiezonen, bei denen mindestens 90 % der vertikalen und schrägen Konstruktionen in Massivbauweise errichtet werden.
- Der Begriff „wenig schwer" bezieht sich auf Energiezonen, bei denen 50 - 90 % der horizontalen Bauelemente Konstruktionen in Massivbauweise ohne Innendämmung errichtet werden, oder auf Energiezonen, bei denen 50 - 90 % der vertikalen und schrägen Konstruktionen in Massivbauweise errichtet werden.
- Der Begriff „leicht" bezieht sich auf alle anderen Energiezonen.

In diesem Zusammenhang gelten Konstruktionen als:

- horizontal, wenn ihre Neigung 0° beträgt;
- schräg, wenn ihre Neigung strikt über 0° und unter 60° beträgt;
- vertikal, wenn ihre Neigung 60° oder mehr beträgt;
- in Massivbauweise errichtet, wenn ihre Masse mindestens 100 kg/m² beträgt, bestimmt von innen bis zu einem Luftspalt oder einer Schicht mit einer Wärmeleitfähigkeit unter 0,20 W/(m.K).

Tabelle [2]: Wert der effektiven Wärmekapazität $C_{sec\ i}$ der Energiezone i

Bauweise	**$C_{sec\ i}$ (J/K)**
Schwer	217 000 $V_{sec\ i}$
Halbschwer	117 000 $V_{sec\ i}$
Wenig schwer	67 000 $V_{sec\ i}$
Leicht	27 000 $V_{sec\ i}$

Dabei ist:

$V_{sec\ i}$ das Volumen der Energiezone i in m^3

7.7 Wärmetransferkoeffizient für Transmission

7.7.1 Prinzip

Der Wärmetransferkoeffizient für Transmission ist wie die Geometrie des Gebäudes dreidimensional. Deshalb muss er auch dreidimensional berechnet werden, siehe die Normen NBN EN ISO 13789 und NBN EN ISO 10211. Diese dreidimensionale Berechnungsweise dient als Referenz.

Die dreidimensionale Referenzberechnung wird in dieser Anlage durch eine vereinfachte Berechnung auf der Basis nachstehender Prinzipien ersetzt:

- das Hauptelement der Transmissionswärmeverluste ist eindimensional,
- die das geschütztes Volumen umgebende Fläche ist durchgehend, außer an den Trennwänden zu angrenzenden beheizten Räumen,
- und die Wände sind eben.

Eine ebene Wand mit einer Fläche A hat einen bestimmten Wärmedurchgangskoeffizienten U. Alle linearen Bauknoten der Länge l zwischen zwei Wänden haben einen längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ und alle punktuellen Bauknoten haben einen punktbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten χ. Die zu einer Wand gehörenden und über die ganze Fläche dieser Wand verteilten linearen und punktuellen Bauknoten werden beim Wärmedurchgangskoeffizienten dieser Wand berücksichtigt.

Der Wärmetransferkoeffizient für Transmission wird für alle Wände zwischen der Energiezone und der Außenumgebung (Luft und Wasser), der Energiezone und dem Boden und der Energiezone und angrenzenden unbeheizten Räumen bestimmt. Diese Wände sind bei der Bestimmung des Wärmetransferkoeffizienten auch zu berücksichtigen, wenn sie an ein Nachbargrundstück grenzen, siehe auch Punkt 5.2.

7.7.2 Berechnungsregel

Der Gesamtwärmeübergangskoeffizient für Transmissionswärmeverluste ist für jede Energiezone wie folgt zu ermitteln:

Gl. 27 $$H_{T,heat,sec\ i} = H_{T,sec\ i}^{constructions} + H_{T,h\ sec\ i}^{junctions} \quad (W/K)$$

Dabei ist:

$H_{T,sec\ i}^{constructions}$ der Gesamtwärmetransferkoeffizient für Transmission durch die Wände der Wärmeverlustfläche der Energiezone i in W/K

$H_{T,h\ sec\ i}^{junctions}$ der Gesamtwärmetransferkoeffizient für Transmission durch Bauknoten der Energiezone i in W/K

Weitere Erläuterungen zu den verschiedenen Arten der Berücksichtigung von Bauknoten (lineare wie punktuelle) finden Sie in Anlage B.2 des vorliegenden Erlasses.

Der Wärmetransferkoeffizient für Transmission durch die Wände der Wärmeverlustfläche der Energiezone i wird wie folgt berechnet:

Gl. 28 $$H_{T,sec\ i}^{constructions} = H_{D,sec\ i}^{constructions} + H_{g,sec\ i}^{constructions} + H_{U,sec\ i}^{constructions} \quad (W/K)$$

Dabei ist:

$H_{T,sec\ i}^{constructions}$ der Gesamtwärmetransferkoeffizient für Transmission durch die Wände der Wärmeverlustfläche der Energiezone i in W/K

$H_{D,sec\ i}^{constructions}$ der Wärmetransferkoeffizienten für direkte Transmission zwischen der Energiezone i und der Außenluft sowie zwischen der Energiezone i und Wasser über die Wände der Wärmeverlustfläche in W/K

$H_{g,sec\ i}^{constructions}$ der Wärmetransferkoeffizient für Transmission durch die Wände der Wärmeverlustfläche der Energiezone i zum Erdreich in W/K

$H_{U,sec\ i}^{constructions}$ der Wärmetransferkoeffizient für Transmission durch die Wände der Wärmeverlustfläche der Energiezone i ins Freie über einen angrenzenden unbeheizten Raum in W/K

Die verschiedenen Terme sind nach den genaueren Spezifikationen in Anlage B.1 des vorliegenden Erlasses zu berechnen.

Bei Elementen, deren thermische Eigenschaften nicht bekannt sind oder nicht ermittelt werden können (zum Beispiel Schichten mit komplexer Struktur in Wandelementen usw.), kann man immer annehmen, dass der eigene Wärmewiderstand der Schicht oder des Elements gleich null ist. Der Gesamtwärmedurchgangskoeffizient wird sodann vollständig anhand der Widerstände der Kontaktflächen zur inneren und äußeren Umgebung (aufgrund der entwickelten Flächen) und eventuell anhand der Wärmewiderstände der anderen Schichten des Elements ermittelt.

Leitungsdurchführungen (Wasser, Gas, Strom, Abwasser usw.) und ähnliche Elemente in den Außenwänden sind nicht zu berücksichtigen, sofern ihre Gesamtfläche nicht mehr als 0,25 % der Gesamtfläche($A_{T,E}$) der betreffenden EEW-Einheit, durch die der Wärmedurchgangsverlust erfolgt, beträgt (d. h. mit Ausnahme der Trennwände zu angrenzenden beheizten Räumen). In diesem Fall muss für die genannten Elemente der gleiche U-Wert berücksichtigt werden wie für die Wände, in denen sie sich befinden.

Bei Jalousien wird angenommen, dass sie 8 Stunden pro Tag geschlossen sind.[4]

7.8 Wärmetransferkoeffizient für Lüftung

7.8.1 Prinzip

Der Wärmetransferkoeffizient für Lüftung wird bestimmt, indem man die spürbare Wärmekapazität von 1 m^3 Luft mit der Summe der nachstehend angeführten Luftströmen multipliziert:

- durchschnittlicher Luftstrom durch Infiltration und Exfiltration
- durchschnittlicher Luftstrom durch Hygienelüftung unter Berücksichtigung eines eventuellen Korrekturfaktors für Vorwärmung oder eines Multiplikationsfaktors für Vorkühlung
- gegebenenfalls durchschnittlicher Luftstrom durch Überlüftung bei Verwendung einer Wärmepumpe zur Wärmerückgewinnung der Wärme aus der Fortluft für die Warmwasserbereitung
- zur Einschätzung der Überhitzungsgefahr: durchschnittlicher Luftstrom durch das manuelle Öffnen der Fenster

Der mechanische Abzug, mit dem beim Kochen von Speisen Wasserdampf abgeleitet wird, ist nicht zu berücksichtigen. Dasselbe gilt für den mechanischen Abzug in Toiletten oder Bädern, wenn dabei vorübergehend mehr Luft abgesaugt wird, dieser jedoch nicht zur Erfüllung der in Anlage C.2 bzw. C.3 des vorliegenden Erlasses

[4] Wenn die Jalousien nicht von innen gesteuert werden, kommt kein Abzug zur Anwendung.

angeführten Lüftungsanforderungen erforderlich ist. Hinsichtlich des Energieverbrauchs der Ventilatoren mechanischer Systeme siehe Punkt 11.2.

7.8.2 Berechnungsregel

Der Wärmetransferkoeffizient für Lüftung der Energiezone i wird wie folgt ermittelt:

- Für die Heizungsberechnungen:

Gl. 29 $H_{V,heat,sec\ i} = H_{V,inf/exfilt,heat,sec\ i} + H_{V,hyg,heat,sec\ i} + H_{V,over,heat,sec\ i}$ (W/K)

- Für die Kühlungsberechnungen:

Gl. 30 $H_{V,cool,sec\ i,m} = H_{V,inf/exfilt,cool,sec\ i} + H_{V,hyg,cool,sec\ i,m} + H_{V,over,cool,sec\ i}$ (W/K)

- Für die Berechnung des Indikators für die Überhitzungsgefahr:

Gl. 31 $H_{V,overh,seci,m} = H_{V,inf/exfilt,overh,seci} + H_{V,hyg,overh,seci,m} + H_{V,over,overh,seci} + H_{V,free,nat,overh,seci}$ (W/K)

Dabei ist:

$H_{V,heat,seci}$ der Koeffizient der Lüftungswärmeverluste in der Energiezone i für die Heizungsberechnungen in W/K

$H_{V,cool,seci,m}$ der Koeffizient der monatlichen Lüftungswärmeverluste in der Energiezone i für die Kühlungsberechnungen in W/K

$H_{V,overheat,seci,m}$ der Koeffizient der monatlichen Lüftungswärmeverluste in der Energiezone i für die Berechnung des Indikators für die Überhitzungsgefahr in W/K

$H_{V,in/exfilt,heat,seci}$, $H_{V,in/exfilt,cool,seci}$ und $H_{V,in/exfilt,overh,seci}$ der Koeffizient der Wärmeverluste durch Infiltration und Exfiltration für die Berechnung des Heiz- und Kühlbedarfs und des Indikators für die Überhitzungsgefahr in W/K, bestimmt gemäß Punkt 7.8.3

$H_{V,hyg,heat,seci}$ der Koeffizient der Wärmeverluste durch Hygienelüftung für die Berechnung des Heizbedarfs in W/K, bestimmt gemäß Punkt 7.8.5

$H_{V,hyg,cool,seci,m}$ und $H_{V,hyg,overh,seci,m}$ der Koeffizient der monatlichen Wärmeverluste durch Hygienelüftung für die Berechnung des Kühlbedarfs und des Indikators für die Überhitzungsgefahr in W/K, bestimmt gemäß Punkt 7.8.5

$H_{V,over,heat,seci}$, $H_{V,over,cool,seci}$ und $H_{V,over,overh,seci}$ der Koeffizient der Wärmeverluste durch Überlüftung für die Berechnung des Heiz- und Kühlbedarfs und des Indikators für die Überhitzungsgefahr in W/K, bestimmt gemäß Punkt 7.8.7

$H_{V,free,nat,overh,seci}$ der Koeffizient der Wärmeverluste durch Lüftung durch manuelles Öffnen der Fenster für die Berechnung des Indikators für die Überhitzungsgefahr in W/K, bestimmt gemäß Punkt 7.8.8

7.8.3 Koeffizient der Wärmeverluste durch Infiltration und Exfiltration

Die Formeln für die Koeffizienten der Wärmeverluste durch Infiltration und Exfiltration für die Energiezone i lauten wie folgt:

- Für die Heizungsberechnungen:

Gl. 32 $H_{V,in/exfilt,heat,sec\,i} = 0{,}34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,heat,sec\,i}$ (W/K)

- Für die Kühlungsberechnungen:

Gl. 33 $H_{V,in/exfilt,cool,sec\,i} = 0{,}34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,cool,sec\,i}$ (W/K)

- Für die Berechnung des Indikators für die Überhitzungsgefahr:

Gl. 34 $H_{V,in/exfilt,overh,sec\,i} = 0{,}34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,overh,sec\,i}$ (W/K)

Dabei ist:

$\dot{V}_{in/exfilt,heat,seci}$, $\dot{V}_{in/exfilt,cool,seci}$ und $\dot{V}_{in/exfilt,over,seci}$ Luftstrom der Infiltration und Exfiltration durch die undichte Gebäudehülle in der Energiezone i, für die Heizungsberechnung bzw. Kühlungsberechnung und die Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr in m³/h, wie nachstehend bestimmt

7.8.4 Luftstrom der Infiltration und Exfiltration

Der in der Energiezone i zugrundezulegende durchschnittliche Luftstrom der Infiltration und Exfiltration in m³/h wird konventionell ermittelt:

- Für die Heizungsberechnungen:

Gl. 35 $\dot{V}_{in/exfilt,heat,sec\,i} = 0{,}04 \cdot \dot{v}_{50,heat} \cdot A_{T,E,seci}$ (m³/h)

- Für die Kühlungsberechnungen:

Gl. 36 $\dot{V}_{in/exfilt,cool,sec\,i} = 0{,}04 \cdot \dot{v}_{50,cool} \cdot A_{T,E,sec\,i}$ (m³/h)

- Für die Berechnung des Indikators für die Überhitzungsgefahr:

Gl. 37 wenn $H_{V,free,nat,overh,sec\,i} = 0$: $\dot{V}_{in/exfilt,overh,sec\,i} = 0{,}04 \cdot \dot{v}_{50,overh} \cdot A_{T,E,sec\,i}$

wenn $H_{V,free,nat,overh,sec\,i} > 0$: $\dot{V}_{in/exfilt,overh,sec\,i} = 0$ (m³/h)

Dabei ist:

$\dot{V}_{50,heat}$, $\dot{V}_{50,cool}$ und $\dot{V}_{50,overh}$ der Leckstrom bei 50 Pa pro Flächeneinheit für die Heizungs- bzw. Kühlungsberechnungen und für die Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr in m³(h.m²), wie nachstehend bestimmt

$A_{T,E,sec\,i}$ die Gesamtfläche aller Wände in m², die die Energiezone i umschließen und deren Transmissionswärmeverluste bei der

Bestimmung der Energieeffizienz berücksichtigt werden[5] (siehe auch Punkt 5 und 7.7)

Wenn eine Messung der Luftdichtigkeit der gesamten EEW-Einheit (oder gegebenenfalls eines größeren Teils des geschützten Volumens) vorgenommen wird, beträgt der Leckstrom bei 50 Pa pro Flächeneinheit, $\dot{v}_{50,heat}$ und $\dot{v}_{50,cool}$, in $m^3/(h.m^2)$:

Gl. 38 $$\dot{v}_{50,heat} = \dot{v}_{50,cool} = \dot{v}_{50,overh} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_{test}} \quad (m^3/(h.m^2))$$

Dabei ist:

A_{test} die Gesamtfläche (berechnet auf der Grundlage der Außenmaße) der Wände in m^2, die das Volumen umgeben, das bei der Luftdichtheitsmessung betrachtet wird, mit Ausnahme der Trennwände zu angrenzenden beheizten Räumen

$\dot{V}_{50}$ der aus der Außenhülle bei 50 Pa austretende Leckstrom in m^3/h, abgeleitet von der Luftdichtheitsprüfung nach Methode A der Norm NBN EN 13829 und den vom Minister festgelegten zusätzlichen Spezifikationen

Andernfalls kommen folgende Standardwerte in $m^3/(h.m^2)$ zur Anwendung:

- Für die Heizungsberechnungen: $\dot{v}_{50,heat} = 12$
- Für die Kühlungsberechnungen: $\dot{v}_{50,cool} = 0$
- Für die Berechnung des Indikators für die Überhitzungsgefahr: $\dot{v}_{50,overh} = 0$

Der Minister kann zusätzliche Spezifikationen für die Luftdichtheitsmessungen festlegen.

7.8.5 Koeffizient der Wärmeverluste durch Hygienelüftung

Der Koeffizient der Wärmeverluste durch Hygienelüftung ergibt sich aus:

- Für die Heizungsberechnungen:

Gl. 39 $$H_{V,hyg,heat,sec\ i} = 0{,}34\ r_{preh,heat,sec\ i}\ \dot{V}_{hyg,heat,sec\ i} \quad (W/K)$$

- Für die Kühlungsberechnungen:

Gl. 40 $$H_{V,hyg,cool,sec\ i,m} = 0{,}34\ r_{preh,cool,sec\ i}\ r_{precool,sec\ i,m}\ \dot{V}_{hyg,cool,sec\ i} \quad (W/K)$$

- Für die Berechnung des Indikators für die Überhitzungsgefahr:

Gl. 41 $$H_{V,hyg,overh,sec\ i,m} = 0{,}34\ r_{preh,overh,sec\ i}\ r_{precool,sec\ i,m}\ \dot{V}_{hyg,overh,sec\ i} \quad (W/K)$$

[5] Bei der Berechnung von $A_{T,E,seci\ i}$ bleiben also nur die Konstruktionen unberücksichtigt, die die Energiezone von den angrenzenden beheizten Räumen trennen.

Dabei ist:

$r_{preh,heat,sec\ i}$, $r_{preh,cool,sec\ i}$ und $r_{preh,overh,sec\ i}$ der Wert des Reduktionsfaktors für die Wirkung der Vorwärmung auf den Nettoenergiebedarf für die Heizungs- bzw. Kühlungsberechnungen und die Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr, berechnet laut Annexe B der vorliegenden Anlage (-)

$\dot{V}_{hyg,heat,sec\ i}$, $\dot{V}_{hyg,cool,sec\ i}$ und $\dot{V}_{hyg,overh,seci}$ der Volumenstrom der Hygienelüftung in der Energiezone i für die Heizungs- bzw. Kühlungsberechnungen und die Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr in m^3/h, wie nachstehend bestimmt

$r_{precool,seci,m}$ ein monatlicher Multiplikationsfaktor für die Wirkung der Vorkühlung der Lüftungsluft für die Heizungs- bzw. Kühlungsberechnungen und die Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr (ohne Einheit), berechnet laut Annexe B der vorliegenden Anlage

7.8.6 Volumenstrom der Hygienelüftung

Der Volumenstrom der Hygienelüftung der Energiezone i wird wie folgt bestimmt:

Gl. 42 $$\dot{V}_{hyg,heat,seci} = \left[0,2 + 0,5 \cdot e^{\left(\frac{-V_{EPR}}{500}\right)}\right] \cdot f_{reduc,vent,heat,seci} \cdot m_{heat,seci} \cdot V_{seci} \quad (m^3/h)$$

Gl. 43 $$\dot{V}_{hyg,cool,seci} = \left[0,2 + 0,5 \cdot e^{\left(\frac{-V_{EPR}}{500}\right)}\right] \cdot f_{reduc,vent,cool,seci} \cdot m_{cool,seci} \cdot V_{seci} \quad (m^3/h)$$

Gl. 44 $$\dot{V}_{hyg,overh,seci} = \left[0,2 + 0,5 \cdot e^{\left(\frac{-V_{EPR}}{500}\right)}\right] \cdot f_{reduc,vent,overh,seci} \cdot m_{overh,seci} \cdot V_{seci} \quad (m^3/h)$$

Dabei ist:

V_{EPR} das Gesamtvolumen der EEW-Einheit in m^3, siehe § 7

$f_{reduc,vent,heat,seci}$, $f_{reduc,vent,cool,seci}$ und $f_{reduc,vent,overh,seci}$ ein Reduktionsfaktor für die Lüftung in der Energiezone i für die Heizungs- bzw. Kühlungsberechnungen und für die Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr (ohne Einheit), wie nachstehend ermittelt

$m_{heat,sec\ i}$, $m_{cool,sec\ i}$ und $m_{overh,sec\ i}$ ein Multiplikationsfaktor, der vom Lüftungssystem in der Energiezone i und dessen Ausführungsqualität abhängt, für die Heizungs- bzw. Kühlungsberechnungen und für die Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr, wie nachstehend ermittelt

$V_{sec\ i}$ das Volumen der Energiezone i in m^3

Der Standardwert von $f_{reduc,vent,heat,seci}$, $f_{reduc,vent,cool,seci}$ und $f_{reduc,vent,overh,seci}$ ist 1. Günstigere Werte müssen gemäß den vom Minister festgelegten Vorgaben oder nach Antrag auf Anwendung des Äquivalenzprinzip ermittelt werden.

Der Wert des Multiplikationsfaktors $m_{heat,sec\ i}$, $m_{cool,sec\ i}$ und $m_{overh,sec\ i}$ kann zwischen 1,0 und 1,5 liegen. Der Standardwert von $m_{heat,sec\ i}$ beträgt 1,5. Der Standardwert von $m_{cool,sec\ i}$ und $m_{overh,sec\ i}$ beträgt 1,0. Zur Ermittlung günstigerer Werte siehe Annexe B der vorliegenden Anlage.

7.8.7 Koeffizient der Wärmeverluste durch Überlüftung

Bei einem mechanischen Lüftungssystem, bei dem die Luft mechanisch abgesaugt wird, kann die Fortluft von einer Wärmepumpe als Wärmequelle für die Warmwasserbereitung verwendet werden.

In diesem Fall spricht man von Überlüftung, wenn die für den einwandfreien Betrieb der Wärmepumpe nötige Abluft zu einem bestimmten Zeitpunkt über dem Luftvolumenstrom der Hygienelüftung zu diesem Zeitpunkt liegt.

Die Formel für die Koeffizienten der Wärmeverluste durch Überlüftung für die Energiezone i lautet wie folgt:

Gl. 45 $H_{V,over,heat,sec\,i} = H_{V,over,cool,sec\,i} = H_{V,over,overh,sec\,i} = 0{,}34 \cdot \dot{V}_{over,sec\,i}$ (W/K)

Dabei ist:

$\dot{V}_{over,seci}$ der zusätzliche Luftvolumenstrom, wie nachstehend ermittelt, der sich aus einer Überlüftung in der Energiezone i ergibt, bei Lüftungssystemen mit mechanischem Abzug, bei denen die Fortluft von einer Wärmepumpe als Wärmequelle für die Warmwasserbereitung verwendet wird, in m³/h

Dabei sind die Auswirkungen der Überlüftung noch nicht berücksichtigt. Es gilt daher: $\dot{V}_{over,sec\,i} = 0$

7.8.8 Koeffizient der Lüftungswärmeverluste durch manuelles Öffnen der Fenster

Die Formel für den Koeffizienten der Lüftungswärmeverluste durch manuelles Öffnen der Fenster lautet wie folgt:

Gl. 46 $H_{V,free,nat,overh,sec\,i} = 0{,}34 \,.\, \dot{V}_{free,nat,overh,sec\,i}$ (m³/h)

Dabei ist:

$\dot{V}_{free,nat,overh,sec\,i}$ der Luftvolumenstrom mit einer Korrektur zur Berücksichtigung der Dauer und Temperatur, der für die Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr bei Lüftung durch manuelles Öffnen der Fenster verwendet wird, in m³/h

7.8.9 Luftvolumenstrom mit Korrektur zur Berücksichtigung des manuellen Öffnens der Fenster

Gl. 47 $\dot{V}_{free,nat,overh,sec\,i} = 45{,}3 \,.\, A_{wo,sec\,i}$ (m³/h)

Dabei ist:

$A_{wo,sec\ i}$ die Nettogesamtfläche aller Fensterflügel in der Energiezone i, die Teil der Gebäudehülle sind und in direktem Kontakt mit der Außenumgebung stehen, in m²

wobei:

Gl. 48 $$A_{wo,sec\ i} = \sum_{j} r_{win,overh,j} \cdot A_{wo,j} \quad (m^2)$$

Dabei ist:

$A_{wo,j}$ die Nettofläche der betreffenden Flügel des Fensters j in m², wie nachstehend bestimmt

$r_{win,overh,j}$ ein Faktor zur Berücksichtigung des Einbruchrisikos, wie nachstehend bestimmt

Die Werte aller Fenster j der Energiezone i sind zu addieren.

Nettofläche der Fensterflügel $A_{wo,j}$ des Fensters j

Bei der Berechnung der Nettofläche der Fensterflügel $A_{wo,j}$ wird lediglich die Fläche der Verglasung A_{go}, der Füllung A_{po} und des Lüftungsgitters A_{ro} der Fensterflügel berücksichtigt (diese Flächen werden wie die Flächen A_g, A_p und A_r gemessen und berechnet, die in Anlage B.1 Punkt 8 des vorliegenden Erlasses definiert werden):

Gl. 49 $$A_{wo,j} = \sum_{k} \left(A_{go,k} + A_{po,k} + A_{ro,k} \right) \quad (m^2)$$

Dabei ist:

$A_{go,k}$ die Fläche der Verglasung des Fensterflügels k in m²

$A_{go,k}$ die Fläche der opaken Füllung des Fensterflügels k in m²

$A_{ro,k}$ die Fläche des Lüftungsgitters des Fensterflügels k in m²

Die Flächen aller Fensterflügel k des Fensters j sind zu addieren.

Einbruchsrisiko

Der Faktor zur Berücksichtigung des Einbruchsrisikos $r_{win,overh,j}$ wird wie folgt bestimmt:

Tabelle [25]: Faktor zur Berücksichtigung des Einbruchsrisikos $r_{win,overh}$

Fenstertyp	**Reales Einbruchsrisiko**	**Geringes Einbruchsrisiko**	**Kein Einbruchsrisiko**
Drehflügel	0	1/3	1/3
Dreh-Kipp-Flügel	0	1/3	1
Kippflügel	0	0	1

Wenn die einzelnen Fensterflügel unterschiedlichen Fenstertypen im Sinne der obenstehenden Kategorien angehören, wird für alle Fenstertypen der ungünstigste Fall angenommen (niedrigster Wert $r_{win,overh,j}$).

Der Minister kann weitere Spezifikationen für die Bestimmung der Einbruchsrisikos (real, gering, keines) festlegen.

7.9 Monatlicher interner Wärmegewinn

7.9.1 Prinzip

Der interne Wärmegewinn ist gleich der gesamten in einer Energiezone durch interne Quellen erzeugten Wärme mit Ausnahme der Raumheizungsanlage, zum Beispiel die Wärmeabgabe durch Personen, Beleuchtung und Geräte. Der Wert des Wärmegewinns wird den Vorschriften entsprechend pauschal festgelegt. In angrenzenden unbeheizten Räumen wird ein interner Wärmegewinn gleich null angenommen.

7.9.2 Berechnungsregel

Der interne Wärmegewinn in einer Energiezone i während eines bestimmten Monats wird wie folgt bestimmt:

Gl. 50 Wenn $V_{PER} \leq 192\ m^3$: $$Q_{i,seci,m} = \left(1,41 . V_{EPR} + 78\right) . \frac{V_{seci}}{V_{EPR}} . t_m$$

Wenn $V_{PER} > 192\ m^3$: $$Q_{i,seci,m} = \left(0,67 . V_{EPR} + 220\right) . \frac{V_{seci}}{V_{EPR}} . t_m \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

V_{EPR}	das Gesamtvolumen der GEE-Einheit in m^3, siehe § 7.3
$V_{sec\ i}$	das Volumen der Energiezone i in m^3
t_m	die Länge des betreffenden Monats in Ms, siehe

Tabelle [1]

7.10 Monatlicher Solargewinn

7.10.1 Prinzip

Der auf einen bestimmten Monat bezogene Solargewinn setzt sich aus der Summe von 3 Werten zusammen:

- Solargewinn durch die Fenster
- Solargewinn durch unbelüftete Systeme mit passiver Nutzung der Solarenergie
- Solargewinn aus angrenzenden unbeheizten Räumen

Mit Außen- oder Innenluft belüftete Systeme mit passiver Nutzung der Solarenergie müssen gemäß den vom Minister festgelegten Vorgaben oder ggf. nach Antrag auf Anwendung des Äquivalenzprinzips laut Anlage F der Norm NBN EN 13790 bestimmt werden.

7.10.2 Berechnungsregel

Der Solargewinn in einer Energiezone i während eines bestimmten Monats wird wie folgt ermittelt:

Gl. 51 $$Q_{s,heat,sec\ i,m} = \sum_{j=1}^{m} Q_{s,heat,w,m,j} + \sum_{k=1}^{n} Q_{s,heat,ps,m,k} + \sum_{l=1}^{p} Q_{s,heat,sec\ i,U,m,l} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$Q_{s,heat,w.m,j}$ der Solargewinn durch ein Fenster j im betreffenden Monat in MJ, bestimmt gemäß Punkt 7.10.3

$Q_{s,heat,ps,m,k}$ der Solargewinn durch ein unbelüftetes System mit passiver Nutzung der Solarenergie k während des betreffenden Monats in MJ, bestimmt gemäß Punkt 7.10.4

$Q_{s,heat,sec\ i,U,m,l}$ der Anteil des Solargewinns des angrenzenden unbeheizten Raums l, der indirekt der Energiezone i zugutekommt, während des betreffenden Monats in MJ, ermittelt laut Annexe A und Annexe C der vorliegenden Anlage

Zu diesem Zweck müssen alle Fenster m, alle unbelüfteten Systeme mit passiver Nutzung der Solarenergie n und alle angrenzenden unbeheizten Räume p der Energiezone i addiert werden. In Annexe A der vorliegenden Anlage ist angegeben, wie angrenzende unbeheizte Räume zu behandeln sind.

Der Index „heat" (d. h. der für die Bestimmung des Nettoenergiebedarfs für Heizung verwendete Wert) wird für die Bestimmung des Nettoenergiebedarfs für die Kühlung durch den Index „cool" und für die Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr durch den Index „overh" ersetzt.

7.10.3 Solargewinn durch ein Fenster

7.10.3.1 Definitionen

Ein Fenster ist eine (teilweise) transparente/durchscheinende Wand. Der Rahmen, eventuelle Füllungen und eventuelle Gitter stellen den opaken Teil dar. Verglaste Türen sind wie Fenster zu behandeln. Die Größe des Solargewinns durch ein Fenster hängt von der Abschirmung, die durch gebäudefremde oder mit dem Gebäude zusammenhängenden Elemente in der Umgebung gebildet wird, vom festen Sonnenschutz und vom beweglichen Sonnenschutz ab. Die durch Elemente in der Umgebung gebildete Abschirmung wird bei der Berechnung des einfallenden Sonnenlichts berücksichtigt; bei der durch einen Sonnenschutz gebildeten Abschirmung geschieht dies durch die Anpassung des Solarfaktors g.

7.10.3.2 Berechnungsregel

Der Solargewinn durch das Fenster j wird wie folgt bestimmt:

Gl. 52 $$Q_{s,heat,w,m,j} = 0,95 \cdot g_{m,j} \cdot A_{g,j} \cdot I_{s,m,j,shad} \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

0,95 der Reduktionsfaktor für Verschmutzung

$g_{m,j}$ der monatliche Solarfaktor des Fensters j (ohne Einheit), bestimmt gemäß Punkt 7.10.3.3

$A_{g,j}$ die verglaste Fläche des Fensters j in m²

$I_{s,m,j,shad}$ die Sonneneinstrahlung auf das Fenster j für den betreffenden Monat unter Berücksichtigung der Beschattung durch feste Hindernisse in MJ/m², ermittelt laut Annexe C der vorliegenden Anlage

Wenn der U-Wert des Fensters j mit der vereinfachten Methode bestimmt wird, ist stets anzunehmen:

Gl. 53 Wenn $U_g \leq U_f$: $A_{g,j} = 0,7\ A_{w,d,j}$

Wenn $U_g > U_f$: $A_{g,j} = 0,8\ A_{w,d,j}$ (m^2)

Dabei ist:

$A_{w,d,j}$ die Fläche der Tageslichtöffnung des Fensters j in m^2

7.10.3.3 Monatlicher Solarfaktor $g_{m,j}$ eines Fensters

7.10.3.3.1 Prinzip

Der monatliche Solarfaktor eines Fensters ($g_{m,j}$) wird bestimmt durch den Solarfaktor des transparenten/durchscheinenden Teils dieses Fensters und durch die Art des Sonnenschutzes. Dabei ist eine Unterscheidung zu treffen zwischen innen liegendem Sonnenschutz, außen liegendem Sonnenschutz und integriertem Sonnenschutz. Der innen liegende Sonnenschutz befindet sich an der Fensterinnenseite, der außen liegende Sonnenschutz befindet sich auf der Außenseite und der integrierte Sonnenschutz befindet sich zwischen den Scheiben, die gemeinsam den transparenten/durchscheinenden Teil bilden. Der Sonnenschutz kann sich in und außerhalb der Fensterebene befinden. Jalousien, Rollläden und Stores sind Beispiele für einen Sonnenschutz in der Fensterebene. Markisen, ausstellbare Rollläden und Sonnensegel sind Beispiele für einen Sonnenschutz außerhalb der Fensterebene. Ein ausschließlich aus baulichen Abschirmungen bestehender Sonnenschutz ist wie ein mit dem Gebäude zusammenhängendes Element in der Umgebung zu behandeln. Außerdem kann der Sonnenschutz fest montiert sowie mit einer manuellen oder automatischen Steuerung ausgestattet sein (wichtige Unterscheidung zur Bestimmung des Nutzungsfaktors $a_{C,m,j}$). Die Position eines fest montierten Sonnenschutzes ist unveränderbar; ein Sonnenschutz mit manueller oder automatischer Steuerung hat mindestens zwei Positionen. Eine automatische Steuerung erfordert eine automatisch gesteuerte Bedienung (zum Beispiel einen Motor) und mindestens 1 Sonnenfühler pro Fassadenausrichtung oder einen Abwesenheitssensor, der den Sonnenschutz bei Abwesenheit schließt. Bei einem integrierten Sonnenschutz, bei dem der Innenraum mit Innen- oder Außenluft belüftet wird, muss der Solarfaktor mittels Antrag auf Anwendung des Äquivalenzprinzips festgelegt werden.

7.10.3.3.2 Berechnungsregel

Der monatliche Solarfaktor eines Fensters wird wie folgt bestimmt:

Gl. 54 $$g_{m,j} = 0,9 \cdot (a_{c,m} F_c + (1 - a_{c,m})) \cdot g_{g,\perp}$$ (-)

Dabei ist:

0,9	ein fester Wert für die Korrektur des Einfallswinkels
F_c	der Reduktionsfaktor für den Sonnenschutz (ohne Einheit), bestimmt gemäß Punkt 7.10.3.4
$a_{c,m}$	der monatliche Nutzungsfaktor des Sonnenschutzes, bestimmt gemäß Punkt 7.10.3.5
$g_{g,\perp}$	der Solarfaktor der Verglasung beim genormten Einfallswinkel, ermittelt laut Norm NBN EN 410

Wenn ein Fenster mit mehreren beweglichen Sonnenschutzsystemen ausgestattet ist (zum Beispiel innen und außen liegend), ist für die Heizungsberechnungen das

System mit dem höchsten F_c-Wert zu berücksichtigen und für die Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr und des Bruttoenergiebedarfs für die Kühlung der Räume das System mit dem niedrigsten F_c-Wert.

7.10.3.4 Reduktionsfaktor F_C für Sonnenschutz

7.10.3.4.1 Sonnenschutz in der Fensterebene

Der Reduktionsfaktor für einen in der Fensterebene angebrachten Sonnenschutz ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen dem Solarfaktor der Kombination aus dem transparenten/durchscheinenden Teil und der Sonnenschutzvorrichtung bei genormtem Lichteinfall und dem Solarfaktor des transparenten/durchscheinenden Teils allein bei genormtem Lichteinfall.

Gl. 55 $$F_C = \frac{g_{g+C,\perp}}{g_{g,\perp}} \quad (-)$$

Dabei ist:

$g_{g+C,\perp}$ der Solarfaktor der Kombination aus dem transparenten/durchscheinenden Teil und der Sonnenschutzvorrichtung bei genormtem Lichteinfall, ermittelt laut NBN EN 13363-1, NBN EN 13363-2 oder ISO 15099. NBN EN 13363-1 darf nur zugrunde gelegt werden, wenn alle in der Norm angeführten Bedingungen erfüllt sind.

$g_{g,\perp}$ der Solarfaktor für den transparenten/durchscheinenden Teil des Fensters bei genormtem Einfall, ermittelt gemäß Norm NBN EN 410

Wenn nicht angegeben müssen die Standardwerte aus Tabelle [3] verwendet werden. Diese Werte sind unabhängig vom Solarfaktor des transparenten/durchscheinenden Teils und sind für das ganze Jahr konstant.

Tabelle [3]: Standardwerte des Reduktionsfaktors F_C für den Sonnenschutz in der Fensterebene

Sonnenschutzsystem	**F_C**
Außen liegender Sonnenschutz	0,50
Unbelüfteter integrierter Sonnenschutz	0,60
Innen liegender Sonnenschutz	0,90
Alle anderen Fälle	1,00

7.10.3.4.2 Nicht in der Fensterebene liegender Sonnenschutz

Berücksichtigt werden nur Sonnenschutzvorrichtungen, die einen Solartransmissionsfaktor (auf die Fläche umgerechneter Mittelwert) $\tau_{e,dir,h}$ (senkrechter Einfallswinkel, hemisphärischer Transmissionsgrad) von weniger als 30 % aufweisen. Sonnenschutzvorrichtungen, die diesem Kriterium nicht entsprechen, werden vernachlässigt.

Der durchschnittliche monatliche Reduktionsfaktor F_c bei einem nicht in der Fensterebene liegenden Sonnenschutz ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen der monatlichen Sonneneinstrahlung auf das durch den Sonnenschutz beschattete

Fenster und der monatlichen Sonneneinstrahlung auf das nicht beschattete Fenster:

Gl. 56 $$F_C = \frac{I_{s,m,j,shad,wC}}{I_{s,m,j,shad,woC}}$$ (-)

Dabei ist:

$I_{s,m,j,shad,wC}$ die Sonneneinstrahlung auf das Fenster j im jeweiligen Monat unter Berücksichtigung der Verschattung durch feste Hindernisse und durch den Sonnenschutz in MJ/m², bestimmt gemäß Annexe C der vorliegenden Anlage Dazu muss der Überhangwinkel α_v bestimmt werden. Der Sonnenschutz wird behandelt, als wäre er opak.

$I_{s,m,j,shad,woC}$ die Sonneneinstrahlung auf das Fenster j im jeweiligen Monat unter Berücksichtigung der Verschattung durch feste Hindernisse in MJ/m², bestimmt gemäß Annexe C der vorliegenden Anlage

7.10.3.5 Monatlicher Nutzungsfaktor $a_{c,m}$

Der monatliche Nutzungsfaktor $a_{c,m}$ muss für jedes Fenster je nach Art der Bedienung (manuell oder automatisch) sowie nach Ausrichtung φ_j und Neigungswinkel θ_j der verglasten Fläche j bestimmt werden.

Bei einem fest montierten Sonnenschutz ist $a_{c,m}$ immer gleich 1.

Bei einem beweglichen Sonnenschutz ist $a_{C,m}$ Tabelle [4] zu entnehmen. Die Tabellen C1 und C2 finden sich in Annexe C der vorliegenden Anlage. Der Wert ist unterschiedlich, je nachdem, ob es sich um die Bestimmung des Nettoenergiebedarfs für Heizung oder Kühlung oder um die Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr handelt.

Tabelle [4]: Durchschnittlicher Nutzungsfaktor $a_{c,m}$ für unterschiedliche Berechnungen

Berechnung / Bedienung	Heizung	Kühlung	Überhitzung
Manuell	0,0	0,2	Tabelle C1
Automatisch	0,0	max. (0; Tabelle C2 minus 0,1)	Tabelle C2

7.10.4 Solargewinn durch ein unbelüftetes System zur passiven Nutzung von Solarenergie

7.10.4.1 Definitionen

Ein unbelüftetes System zur passiven Nutzung von Solarenergie ist eine Konstruktion, die sich aus einem transparenten/durchscheinenden Außenteil und einem opaken Innenteil zusammensetzt, wobei in dem (den) (eventuell) vorhandenen Luftspalt(en) keinerlei Außen- oder Innenluft zirkuliert. Beispiele dafür sind (massive) Mauern mit aufgesetzter Verglasung, eventuell in Kombination mit einer zusätzlichen transparenten/durchscheinenden Dämmung.

7.10.4.2 Berechnungsregel

Der Solargewinn eines unbelüfteten Systems zur passiven Nutzung von Solarenergie k während des betreffenden Monats wird wie folgt berechnet:

Gl. 57 $Q_{s,heat,ps,m,k} = g_{eff,t,m,k} \cdot A_{ps,g,k} \cdot I_{s,m,k,shad}$ (MJ)

Dabei ist:

$g_{eff,t,m,k}$ der effektive Solarfaktor des Systems k (ohne Einheit), wie nachstehend bestimmt

$A_{ps,g,k}$ die transparente/lichtdurchlässige Fläche des Systems zur passiven Nutzung der Solarenergie k in m²

$I_{s,m,k,shad}$ die Sonneneinstrahlung auf das System k für den betreffenden Monat unter Berücksichtigung der Beschattung durch feste Hindernisse in MJ/m², ermittelt laut Annexe C der vorliegenden Anlage

Die Bestimmung von $g_{eff,t,m,k}$ ist folgendermaßen vorzunehmen:

- bei außen liegenden baulichen Systemen mit recht hoher Sonnenenergietransmission ist der effektive Wert proportional zur Absorption des opaken Teils:

Gl. 58 $g_{eff,t,m,k} = \alpha \cdot \left(g_{t,h} - c_{m,k} \cdot g_{t,\perp}\right) \frac{U}{U_{te}}$ (-)

- bei außen liegenden baulichen Systemen mit geringer Sonnenenergietransmission (zum Beispiel Konstruktionen mit eingebautem Absorber) wird der anhand von Messungen ermittelte Wert angepasst, um den Wärmewiderstand des (unbelüfteten) Luftspalts zwischen dem baulichen System und dem opaken Teil zu berücksichtigen:

Gl. 59 $g_{eff,t,m,k} = \left(R_{se} + R_t\right) \cdot \left(g_{t,h} - c_{m,k} \cdot g_{t,\perp}\right) \cdot U$ (-)

wobei:

Gl. 60 $U = 1 / \left(R_{se} + R_t + R_{al} + R_i + R_{si}\right)$ (W/m².K)

Gl. 61 $U_{te} = 1 / \left(R_{se} + R_t + R_{al}\right)$ (W/m².K)

und dabei ist:

α der Absorptionskoeffizient des opaken Teils

$g_{t,h}$ der Solarfaktor des baulichen Systems bei diffuser hemisphärischer Sonneneinstrahlung

$c_{m,k}$ der Koeffizient aus Tabelle [5]

$g_{t,\perp}$ der Solarfaktor des baulichen Systems beim genormten Einfallwinkel

U der Wärmedurchgangskoeffizient der baulichen Vorrichtung von innen nach außen in W/m².K

U_{te} der äußere Wärmedurchgangskoeffizient der baulichen Vorrichtung von der Fläche, die das bauliche System begrenzt, bis zur Außenumgebung, in W/m².K

R_{se} der Wärmedurchlasswiderstand der Außenoberfläche in m².K/W

R_t der Wärmedurchlasswiderstand des baulichen Systems in m².K/W

R_{si} der Wärmedurchlasswiderstand der Innenoberfläche in m².K/W

R_{al} der Wärmedurchlasswiderstand der (unbelüfteten) Luftschicht zwischen dem opaken Teil und dem baulichen System in m².K/W

R_i der Wärmedurchlasswiderstand des opaken Teils hinter dem baulichen System in m².K/W

Tabelle [5]: Koeffizient $c_{m,k}$ für die Berechnung des effektiven Solarfaktors einer transparenten/durchscheinenden Dämmung auf der Grundlage der für den senkrechten und hemisphärischen Lichteinfall gemessenen Werte (bei vertikalen Mauern)

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
S	-0,105	-0,067	-0,023	0,042	0,073	0,089	0,094	0,062	0,005	-0,054	-0,093	-0,105
SW/SO	-0,034	-0,027	-0,010	0,002	0,022	0,037	0,036	0,013	-0,015	-0,025	-0,034	-0,026
W/O	0,054	0,033	0,016	-0,012	-0,005	-0,002	-0,012	-0,007	-0,001	0,024	0,049	0,052
NW/NO	0,002	0,008	0,016	0,030	0,018	0,013	0,013	0,024	0,033	0,014	0,004	0,000
N	0,000	0,000	0,000	0,011	0,021	0,031	0,042	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000

8 Überhitzungsgefahr und Kühlung

8.1 Prinzip

In einem kühlen Klima, wie es in Belgien vorherrscht, senken angemessene bauliche Maßnahmen und Auslastungsgrenzen der Wohnungen in Wohngebäuden die Gefahr einer Überhitzung im Sommer in ausreichendem Maße, so dass auf eine aktive Kühlung verzichtet werden kann. Es genügt, keine zu großen Fensterflächen zu vorzusehen, nötigenfalls einen außen liegenden Sonnenschutz einzuplanen, die Innenwände, Decken und Fußböden hoch genug zu bauen, für eine ausreichend große, wirksame Wärmespeicherkapazität und für zusätzliche Lüftung bei Nacht zu sorgen.

Wenn dann noch Probleme auftreten, betreffen diese im Allgemeinen einen einzelnen Raum. Solargewinn, interner Wärmegewinn, wirksame Wärmespeicherkapazität, Lüftungsmöglichkeiten und gewünschte Temperatur (die zum Beispiel in einem Badezimmer anders ist als in einem Schlafzimmer) sind unter anderem ausschlaggebend für die Gefahr einer Überhitzung des jeweiligen Raums und die eventuelle Entscheidung, doch eine aktive Kühlung vorzusehen. Eine Evaluierung der Überhitzungsgefahr sollte daher für jeden Raum einzeln erfolgen. Im Rahmen der vorliegenden Anlage wird eine stark vereinfachte Methode angewandt, mit der die Überhitzung für jede Energiezone evaluiert wird, ohne dass die Frage der möglichen Überhitzung eines einzelnen Raums abschließend beantwortet wird.

Die Evaluierung erfolgt in 3 Schritten.

Im ersten Schritt wird die Überhitzungsgefahr für jede Energiezone konventionell evaluiert. Als Indikator für die Überhitzungsgefahr wird der überschüssige genormte Wärmegewinn zugrunde gelegt.

Liegt der Wert des Überhitzungsindikators unter der zulässigen Höchstgrenze, ist dies keine Garantie, dass kein Überhitzungsproblem auftreten wird. Eine echte Überhitzungsgefahr besteht bei Werten um den Höchstwert. Wenn es zu Überhitzungsproblemen kommt, wird mit hoher Wahrscheinlichkeit eine aktive Kühlung installiert, was zu einem entsprechenden Energieverbrauch führt. Damit die Auswirkung dieses Energieverbrauchs auf die Energieeffizienz des Gebäudes schon bei der Planung und beim Bau in ausreichendem Maße berücksichtigt wird, kommt das Konzept der fiktiven Kühlung zur Anwendung. Auf diese Weise wird der eventuelle Einsatz einer Klimaanlage konventionell vorweggenommen.

Im zweiten Schritt wird anhand des Überhitzungsindikators eine Art konventionelle Wahrscheinlichkeit dafür festgelegt, dass tatsächlich eine aktive Kühlung eingebaut wird. Zwei Szenarien sind möglich:

- Wenn eine aktive Kühlung bereits beim Bau vorgesehen wird, ist der Kühlbedarf stets voll zu berücksichtigen. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Klimaanlage eingebaut wird, liegt in diesem Fall bei 1, unabhängig vom Wert des Überhitzungsindikators.
- Wenn beim Bau keine aktive Kühlung vorgesehen wird, wird ein Grenzwert für den Überhitzungsindikator angenommen. Unterhalb dieses Grenzwerts wird die Überhitzungsgefahr für so gering erachtet, dass die Wahrscheinlichkeit des nachträglichen Einbaus einer aktiven Kühlung mit null angesetzt wird. Zwischen dem Grenzwert und dem zulässigen Höchstwert wird konventionell ein linearer Anstieg der Wahrscheinlichkeit von 0 bis 1 angenommen.

Falls die konventionelle Wahrscheinlichkeit nicht null ist, wird in einem dritten Schritt der Nettoenergiebedarf für Kühlung anhand des überschüssigen Wärmegewinns gegenüber dem Sollwert für Kühlung berechnet. Als Sollwert wird konventionell 23 °C angenommen. Wenn eine aktive Kühlung im Sommer Komfort

garantiert, wird davon ausgegangen, dass die Bewohner eventuelle Sonnenschutzeinrichtungen oder die Möglichkeiten einer intensiven (nächtlichen) Lüftung weniger in Anspruch nehmen. Diese Einrichtungen werden daher anders betrachtet als bei der Evaluierung der Überhitzungsgefahr.

8.2 Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr

Die Anforderung für die Überhitzungsgefahr muss für die gesamte EEW-Einheit beurteilt werden. Die nachfolgende Berechnung des Indikators für die Überhitzungsgefahr erfolgt hingegen für jede Energiezone einzeln. Die Berechnung des Indikators für die Überhitzungsgefahr für die gesamte EEW-Einheit erfolgt auf dieselbe Weise wie für eine einzelne Energiezone. In den folgenden Formeln muss lediglich der Index „sec i" durch den Index „EPR" ersetzt werden.

Für jede Energiezone i wird der Indikator für die Überhitzungsgefahr bestimmt; dieser entspricht dem im Vergleich zur Heizungs-Solltemperatur überschüssigen genormten jährlichen Wärmegewinn in der Energiezone i. Dieser Wert ist gleich der Summe der monatlichen Werte:

Gl. 62 $$I_{overh,sec\ i} = Q_{excess\ norm,sec\ i,a} = \sum_{m=1}^{12} Q_{excess\ norm,sec\ i,m} \quad (Kh)$$

Dabei ist:

Gl. 63 $$Q_{excess\ norm,sec\ i,m} = \frac{\left(1 - \eta_{util,overh,sec\ i,m}\right) \cdot Q_{g,overh,sec\ i,m}}{H_{T,overh,sec\ i,m} + H_{V,overh,sec\ i,m}} \cdot \frac{1000}{3,6} \quad (Kh)$$

und dabei ist:

Gl. 64 $$Q_{g,overh,sec\ i,m} = Q_{i,sec\ i,m} + Q_{s,overh,sec\ i,m} \quad (MJ)$$

Gl. 65 $$\eta_{util,overh,sec\ i,m} = a_m/(a_m + 1) \text{ Wenn } \gamma_{overh,sec\ i,m} = 1$$

$$\eta_{util,overh,sec\ i,m} = \frac{1 - \left(\gamma_{overh,sec\ i,m}\right)^{a_m}}{1 - \left(\gamma_{overh,sec\ i,m}\right)^{a_m+1}} \text{ In allen anderen Fällen} \quad (-)$$

Dabei ist:

Gl. 66 $$\gamma_{overh,sec\ i,m} = Q_{g,overh,sec\ i,m}/Q_{L,overh,sec\ i,m} \quad (-)$$

Gl. 67 $$a = 1 + \frac{\tau_{overh,sec\ i,m}}{54000} \quad (-)$$

Gl. 68 $$Q_{L,overh,sec\ i,m} = Q_{T,overh,sec\ i,m} + Q_{V,overh,sec\ i,m} \quad (MJ)$$

Gl. 69 $$Q_{T,overh,sec\ i,m} = H_{T,overh,sec\ i,m}.\left(23 - \left(\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m}\right)\right).t_m \quad (MJ)$$

Gl. 70 $$Q_{V,overh,sec\ i,m} = H_{V,overh,sec\ i,m}.\left(23 - \left(\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m}\right)\right).t_m \quad (MJ)$$

Gl. 71 $$\tau_{overh,sec\ i,m} = \frac{C_{sec\ i}}{H_{T,overh,sec\ i,m} + H_{V,overh,sec\ i,m}}$$ (s)

Dabei ist:

$\eta_{util,overh,sec\ i,m}$ der Nutzungsanteil des monatlichen Wärmegewinns der Energiezone i zur Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr (-)

$Q_{g,overh,sec\ i,m}$ der monatliche Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmeerzeugung in der Energiezone i zur Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr in MJ

$Q_{i,sec\ i,m}$ der monatliche Wärmegewinn durch interne Wärmeerzeugung in der Energiezone i in MJ, ermittelt gemäß Punkt 7.9.2

$Q_{s,overh,sec\ i,m}$ der monatliche Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung in der Energiezone i zur Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr in MJ, ermittelt gemäß Punkt 7.10

$\gamma_{overh,sec\ i,m}$ das Verhältnis zwischen dem monatlichen Wärmegewinn und dem monatlichen Wärmeverlust in der Energiezone i zur Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr (-)

$Q_{L,overh,sec\ i,m}$ der monatliche Transmissions- und Lüftungswärmeverlust in der Energiezone i zur Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr in MJ

a_m ein numerischer Parameter

$Q_{T,overh,sec\ i,m}$ der monatliche Transmissionswärmeverlust in der Energiezone i zur Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr in MJ

$Q_{V,overh,sec\ i,m}$ der monatliche Lüftungswärmeverlust in der Energiezone i zur Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr in MJ

$\theta_{e,m}$ die mittlere Außentemperatur eines Monats in °C entsprechend

54	EEW-Methode 2017

Tabelle [1]

$\Delta\theta_{e,m}$	der für die Berechnung des Nettoenergiebedarfs zur Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr angenommene Anstieg der mittleren Außentemperatur eines Monats von 1 °C
$H_{T,overh,sec\ i}$	der Wärmetransferkoeffizient für Transmission in der Energiezone i zur Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr in W/K, wie nachstehend bestimmt
$H_{V,overh,sec\ i,m}$	der monatliche Wärmetransferkoeffizient für Lüftung in der Energiezone i zur Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr in W/K, bestimmt gemäß Punkt 7.8.2
$\tau_{overh,sec\ i,m}$	die monatliche Zeitkonstante in der Energiezone i zur Bestimmung des Indikators für die Überhitzungsgefahr in s
$C_{sec\ i}$	die effektive Wärmekapazität der Energiezone i in J/K, bestimmt gemäß Punkt 7.6
t_m	die Länge des betreffenden Monats in Ms, siehe

Tabelle [1]

$H_{T,overh,sec\ i}$ wird gemäß Punkt 7.7.2 bestimmt. Wenn jedoch der Einfluss der Bauknoten pauschal berechnet wird (laut Option C in Anlage B.2 des vorliegenden Erlasses), wird dieser pauschale Zuschlag bei der Berechnung des Indikators für die Überhitzungsgefahr nicht berücksichtigt.

8.3 Konventionelle Wahrscheinlichkeit für den Einbau einer aktiven Kühlung

Bei der Bestimmung der Energieeffizienz wird konventionell folgender Wert für die Wahrscheinlichkeit des Einbaus einer aktiven Kühlung zugrunde gelegt (ausführliche Erläuterung siehe Punkt 8.1):

- Wenn eine aktive Kühlung in die Energiezone i eingebaut wird, gilt: $p_{cool,sec\ i} = 1$ (-)
- Wenn keine aktive Kühlung in die Energiezone i eingebaut wird, gilt:

Gl. 72 $$p_{cool,sec\ i} = \max\left\{0; \min\left(\frac{I_{overh,sec\ i} - I_{overh,thresh}}{I_{overh,max} - I_{overh,thresh}}; 1\right)\right\}$$ (-)

Dabei ist:

$I_{overh,thresh}$ der Schwellenwert, über dem im Rahmen der Bestimmung der Energieeffizienz mit dem Risiko des nachträglichen Einbaus einer aktiven Kühlung zu rechnen ist. Dieser Wert wird als 1000 Kh angenommen.

$I_{overh,max}$ der zulässige Höchstwert des Indikators für die Überhitzungsgefahr. Dieser Wert wird als 6500 Kh angenommen.

8.4 Leerer Abschnitt

Dieser Abschnitt wurde absichtlich leer gelassen.

8.5 Kühlung

Der monatliche Nettoenergiebedarf für Kühlung einer Energiezone i wird durch Multiplikation der konventionellen Wahrscheinlichkeit des Einbaus einer aktiven Kühlung mit dem Nettoenergiegrundbedarfs für Kühlung bestimmt:

Gl. 73 $$Q_{cool,net,seci,m} = p_{cool,seci} \cdot Q_{cool,net,princ,seci,m}$$ (MJ)

Dabei ist:

$p_{cool,sec\ i}$ die konventionelle Wahrscheinlichkeit des Einbaus einer aktiven Kühlung, bestimmt gemäß Punkt 8.3

$Q_{cool,net,princ,sec\ i,m}$ der Nettoenergiegrundbedarf für Kühlung in MJ, wie nachstehend bestimmt

Der Nettoenergiegrundbedarf für Kühlung $Q_{cool,net,princ,sec\ i,m}$ wird wie folgt bestimmt:

Gl. 74 Wenn $\lambda_{cool,sec\ i,m}$ größer oder gleich 2,5 ist, gilt:

$$Q_{cool,net,princ,sec\ i,m} = 0$$

Wenn $\lambda_{cool,sec\ i,m}$ kleiner als 2,5 ist, gilt:

$$Q_{cool,net,princ,sec\ i,m} = Q_{g,cool,sec\ i,m} - \eta_{util,cool,sec\ i,m} \cdot Q_{L,cool,sec\ i,m} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

Gl. 75 $$Q_{g,cool,seci,m} = Q_{i,seci,m} + Q_{s,cool,seci,m} \quad (MJ)$$

Gl. 76 $$\eta_{util,cool,sec\ i,m} = a_m/(1 + a_m) \quad \text{wenn } \lambda_{cool,sec\ i,m} = 1$$

$$\eta_{util,cool,seci,m} = \frac{1 - (\lambda_{cool,seci,m})^{a_m}}{1 - (\lambda_{cool,seci,m})^{a_m+1}} \quad \text{in allen anderen Fällen} \quad (-)$$

und:

Gl. 77 $$\lambda_{cool,seci,m} = Q_{L,cool,seci,m}/Q_{g,cool,seci,m} \quad (-)$$

Gl. 78 $$a_m = 1 + \frac{\tau_{cool,seci,m}}{54000} \quad (-)$$

Gl. 79 $$Q_{L,cool,seci,m} = Q_{T,cool,seci,m} + Q_{V,cool,seci,m} \quad (MJ)$$

Gl. 80 $$Q_{T,cool,seci,m} = H_{T,cool,seci} \cdot [23 - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})] \cdot t_m \quad (MJ)$$

Gl. 81 $$Q_{V,cool,seci,m} = H_{V,cool,seci,m} \cdot [23 - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})] \cdot t_m \quad (MJ)$$

Gl. 82 $$\tau_{cool,seci,m} = \frac{C_{seci}}{H_{T,cool,seci} + H_{V,cool,seci,m}} \quad (s)$$

Dabei ist:

$\eta_{util,cool,sec\ i,m}$ der Nutzungsanteil des monatlichen Wärmegewinns der Energiezone i für die Bestimmung des Kühlbedarfs (-)

$Q_{g,cool,sec\ i,m}$ der monatliche Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmeerzeugung in der Energiezone i für die Bestimmung des Kühlbedarfs in MJ

$Q_{i,sec\ i,m}$ der monatliche Wärmegewinn durch interne Wärmeerzeugung in der Energiezone i in MJ, ermittelt gemäß Punkt 7.9.2

$Q_{s,cool,sec\ i,m}$ der monatliche Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung in der Energiezone i für die Bestimmung des Kühlbedarfs in MJ, ermittelt gemäß Punkt 7.10

$\lambda_{cool,sec\ i,m}$ das Verhältnis zwischen dem monatlichen Wärmegewinn und dem monatlichen Wärmeverlust in der Energiezone i für die Bestimmung des Kühlbedarfs (-)

$Q_{L,cool,sec\ i,m}$ der monatliche Transmissions- und Lüftungswärmeverlust in der Energiezone i für die Bestimmung des Kühlbedarfs in MJ

a_m	ein numerischer Parameter
$Q_{T,cool,sec\ i,m}$	der monatliche Transmissionswärmeverlust in der Energiezone i für die Bestimmung des Kühlbedarfs in MJ
$Q_{V,cool,sec\ i,m}$	der monatliche Lüftungswärmeverlust in der Energiezone i für die Bestimmung des Kühlbedarfs in MJ
$\theta_{e,m}$	die mittlere Außentemperatur eines Monats in °C entsprechend

58	EEW-Methode 2017

Tabelle [1]

$\Delta\theta_{e,m}$	der für die Berechnung des Nettoenergiebedarfs für Kühlung angenommene Anstieg der mittleren Außentemperatur eines Monats von 1 °C
$H_{T,cool,sec\ i}$	der monatliche Wärmetransferkoeffizient für Transmission in der Energiezone i zur Bestimmung des Kühlbedarfs in W/K. Dieser Wert wird als gleich $H_{T,overh,sec\ i}$ gemäß Bestimmung in Punkt 8.2 angenommen.
$H_{V,cool,sec\ i,m}$	der monatliche Wärmetransferkoeffizient für Lüftung in der Energiezone i zur Bestimmung des Kühlbedarfs in W/K, bestimmt gemäß Punkt 7.8
$\tau_{cool,sec\ i,m}$	die monatliche Zeitkonstante der Energiezone i für die Bestimmung des Kühlbedarfs in s
$C_{sec\ i}$	die effektive Wärmekapazität der Energiezone i in J/K, bestimmt gemäß Punkt 7.6
23	die in dieser Anlage vorgeschriebene Raumtemperatur für die Bestimmung des Kühlbedarfs in °C
t_m	die Länge des betreffenden Monats in Ms, siehe

Tabelle [1]

Hinweis:

Beim belgischen Klima hängt der Kühlbedarf stark von den momentanen Wetterbedingungen ab. Der Kühlbedarf eines durchschnittlichen meteorologischen Jahrs entspricht nicht gleich dem durchschnittlichen Kühlbedarf über mehrere Jahre, weil heiße Jahre stärker ins Gewicht fallen. In den Berechnungen ist dieses Phänomen zu berücksichtigen, indem geringfügig höhere Temperaturen und eine geringfügig höhere Sonneneinstrahlung als der Jahresdurchschnitt zugrunde gelegt werden.

9 Bruttoenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung

9.1 Vorbemerkung

Bei der Bewertung des Bruttoenergiebedarfs für Heizung und Warmwasserbereitung werden die Systeme für die Wärmespeicherung, die Wärmeverteilung, die Wärmeabgabe und die Regelung der Raumheizung und der Warmwasserbereitung berücksichtigt. Der Bruttoenergiebedarf ist die Energie, die von den Wärmeerzeugungsanlagen an das Wärmeverteilsystem (oder Wärmespeichersystem) übertragen wird und für die Raumheizung und das Warmwasserverteilsystem benötigt wird.

Eine Heizungsanlage besteht aus folgenden Komponenten:

- Wärmeerzeugungsanlage: Bei einer Zentralheizung sind das (Heizungs-)Kessel, (Warmluft-)Erzeuger, Wärmepumpen oder Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. Bei einer Einzelheizung erfolgt die Wärmeerzeugung in den Wärmeabgabevorrichtungen selbst.
- Eventuell Wärmespeichersystem
- Wärmeverteilsystem: Bei der Zentralheizung mit Heizungskessel sind das Rohrleitungen, bei einer Warmluftheizung Luftkanäle. Eine Raumheizung hat kein Wärmeverteilsystem.
- Wärmeabgabesystem: Heizkörper, Konvektoren, Rohrleitungen im Fußboden, in der Decke oder in der Wand oder Heizgitter bei Zentralheizung; Öfen, Heizkörper oder Konvektoren bei Raumheizung.
- Regelung für jedes dieser Systeme

Der Bruttoenergiebedarf für Heizung umfasst den Nettoenergiebedarf für Heizung und alle Verluste, die bei der Wärmespeicherung, bei der Wärmeverteilung und der Wärmeabgabe sowie bei der Regelung all dieser Systeme auftreten. Diese Verluste werden mit dem Systemwirkungsgrad berechnet.

Falls es in einer Energiezone mehrere Werte für einen bestimmten Teilwirkungsgrad gibt (zum Beispiel in Tabelle [6]), muss für die gesamte Energiezone der schlechteste Wert verwendet werden (gegebenenfalls kann die Energiezone natürlich in mehrere kleinere Energiezonen unterteilt werden).

Eine Warmwasserbereitungsanlage besteht aus folgenden Komponenten:

- Wärmeerzeugung: Hier sind zwei Arten zu unterscheiden: Durchlauferhitzer und Speichergeräte. In beiden Fällen kann die Wärme von dem für die Raumheizung verwendeten Wärmeerzeuger geliefert werden oder es gibt für Heizung und Warmwasser jeweils einen eigenen Wärmeerzeuger.
- Wärmeverteilung:

Der Bruttoenergiebedarf für Warmwasserbereitung umfasst den Nettoenergiebedarf für die Warmwasserbereitung sowie alle bei der Verteilung entstehenden Verluste. Diese Verluste werden mit dem Systemwirkungsgrad berechnet. Wenn die Warmwasserbereitung durch mehrere Anlagen erfolgt, werden jeder Anlage die Entnahmestellen zugeordnet, die sie versorgt.

9.2 Monatlicher Bruttoenergiebedarf für Heizung

9.2.1 Prinzip

Der monatliche Bruttoenergiebedarf für die Beheizung der Energiezone i errechnet sich durch Division des monatlichen Nettoenergiebedarfs für Heizung durch den durchschnittlichen monatlichen Systemwirkungsgrad der Heizung. Dieser

durchschnittliche monatliche Systemwirkungsgrad ist das Verhältnis zwischen der jeden Monat vom Wärmeabgabesystem an die Energiezone abgegebenen Nutzwärme und der jeden Monat von der entsprechenden Wärmeerzeugungsanlage an das Wärmeverteilsystem (und eventuell den Wärmespeicher) gelieferten Wärme. Die Differenz zwischen diesen beiden Werten hängt unter anderem von folgenden Verlustströmen ab:

- Nicht rückgewonnene Speicher- und Verteilungsverluste
- Zusätzlicher Verluststrom über die Außenwände hinter, unter oder über dem Heizkörper
- Zusätzlicher Verluststrom infolge der Wärmeschichtung, aufgrund derer die Temperatur in Referenzhöhe niedriger ist als im Deckenhöhe
- Zusätzliche Verluststrom, weil die Berechnung einer etwas niedrigeren, aber mit 18 °C konstanten Raumtemperatur eine nächtliche Temperaturabsenkung und unterschiedliche Temperaturen für verschiedene Tageszeiten voraussetzt, die Regelung die gewünschte Differenzierung aber nicht so einfach umsetzen kann
- Zusätzlicher Verluststrom, weil die Gebäudenutzer den Sollwert minus Differential als gewünschte Temperatur empfinden

Der monatliche Bruttoenergiebedarf für Heizung wird folgendermaßen berechnet:

Gl. 83 $$Q_{heat,gross,sec\ i,m} = \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{\eta_{sys,heat,sec\ i,m}} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf für Raumheizung einer Energiezone i in MJ

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ der monatliche Nettoenergiebedarf für Raumheizung einer Energiezone i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 7.2

$\eta_{sys,heat,sec\ i,m}$ der durchschnittliche monatliche Systemwirkungsgrad der Heizung einer Energiezone i, bestimmt gemäß 9.2.2 (-)

9.2.2 Durchschnittlicher monatlicher Systemwirkungsgrad

9.2.2.1Prinzip

Der oben definierte durchschnittliche monatliche Systemwirkungsgrad setzt sich zusammen aus dem durchschnittlichen monatlichen Wirkungsgrad von Abgabe, Verteilung und Speicherung:

Gl. 84 $$\eta_{sys,heat,sec\ i,m} = \eta_{em,heat,sec\ i,m} \cdot \eta_{distr,heat,sec\ i,m} \cdot \eta_{stor,heat,sec\ i,m} \quad (-)$$

Dabei ist:

$\eta_{em,heat,sec\ i,m}$ der durchschnittliche monatliche Wirkungsgrad der Wärmeabgabe einer Energiezone i, bestimmt gemäß Punkt 9.2.2.2

$\eta_{distr,heat,sec\ i,m}$ der durchschnittliche monatliche Verteilungswirkungsgrad einer Energiezone i, bestimmt gemäß Punkt 9.2.2.3

$\eta_{stor,heat,sec\ i,m}$ der durchschnittliche monatliche Speicherwirkungsgrad einer Energiezone i, bestimmt gemäß Punkt 9.2.2.4

Der durchschnittliche monatliche Wirkungsgrad der Wärmeabgabe ist das Verhältnis der von den Heizkörpern jeden Monat an die Energiezone abgegebenen Nutzwärme zu der monatlich abgegebenen Gesamtwärme. Er umfasst sowohl den Verlust der nicht nutzbaren Wärme dieser Komponenten als auch Verluste aufgrund einer unzureichenden Regelung.

Der durchschnittliche monatliche Verteilungswirkungsgrad ist das Verhältnis der jeden Monat von den Heizkörpern an die Energiezone abgegebenen Wärme zu der von der/den Wärmeerzeugungsanlage(n) und/oder dem/den Speicher(n) an das Wärmeverteilsystem abgegebenen Wärme.

Bei Wärmespeicherung in einem Pufferspeicher ist der durchschnittliche monatliche Speicherwirkungsgrad das Verhältnis der jeden Monat an das Verteilsystem gelieferten Wärme zu der jeden Monat von der/den Wärmeerzeugungsanlage(n) an den/die Speicher abgegebenen Wärme.

Der durchschnittliche monatliche Systemwirkungsgrad eines so genannten „Combilus-Systems" wird gemäß den vom Minister festgelegten Zusatzspezifikationen bestimmt. Unter „Combilus" ist eine gemeinsame Zirkulationsleitung zu verstehen (d. h. mehrere EEW-Einheiten werden mit einem „Combilus-Gerät" versorgt), die Wärme für Heizung und Warmwasserbereitung bereitstellt.

9.2.2.2Abgabewirkungsgrad

Beim vereinfachten Ansatz werden die Werte aus Tabelle [6] verwendet. Bei der detaillierten Berechnung gilt Annexe D der vorliegenden Anlage.

Falls es bei einer Zentralheizung mehr als ein Wärmeabgabesystem in der Energiezone gibt, wird das System mit dem schlechtesten Abgabewirkungsgrad aus Tabelle [6] berücksichtigt. In diesem Fall kann Annexe D der vorliegenden Anlage nicht mehr verwendet werden.

Falls es in einer Energiezone mehrere Arten von Einzelheizung gibt, muss diese in weitere Energiezonen untergliedert werden, so dass am Ende in jeder Energiezone nur eine Art von Einzelheizung übrig bleibt: siehe auch Punkt 5.3.

Tabelle [6]: Rechenwerte für den Abgabewirkungsgrad

Zentralheizung		
Raumtemperaturregelung	Regelung der Vorlauftemperatur des Wasserkreises oder der Luft	
	Konstanter Sollwert	Variabler Sollwert
Individuelle Temperaturregelung für jeden Raum	0,87 (1)	0,89 (1)
Andere	0,85 (1)	0,87 (1)
Einzelheizung		
Holzofen		0,82
Kohleofen		0,82
Ölofen		0,87
Gasofen		0,87
Heizkörper oder Elektrokonvektoren, ohne elektronische Regelung (zum Beispiel mit Bimetall)		0,90
Elektrischer Radiator oder Konvektor, mit elektronischer Regelung		0,96
Elektroheizung mit Speicher, ohne Außenfühler (zum Beispiel manuelle Regelung)		0,85
Elektroheizung mit Speicher, mit Außenfühler		0,92
Elektrische Widerstandsheizung in Fußboden, Wand oder Decke		0,87
Gemeinschaftsheizung		
Wenn mehrere Wohneinheiten über eine gemeinsame Wärmeerzeugungsanlage verfügen, müssen die oben stehenden Werte (für Zentralheizung) folgendermaßen reduziert werden: • Wenn für jede Wohneinheit eine Einzelabrechnung der Heizkosten anhand der individuellen Messung des tatsächlichen Verbrauchs erfolgt: Multiplikation des anwendbaren Werts mit dem Faktor 0,95 ; • Wenn keine Einzelabrechnung der tatsächlichen Heizkosten erfolgt: Multiplikation des anwendbaren Werts mit dem Faktor 0,85. Hinweis: das Vorhandensein oder Fehlen einer individuellen Rechnung muss für jede Wohneinheit individuell beurteilt werden.		

(1) Wenn sich eine oder mehrere Wärmeabgabevorrichtungen in der Energiezone (teilweise) vor einer Verglasung befinden, wird der Wirkungsgrad um 0,08 reduziert.

Bei Zentralheizungssystemen muss eine Unterscheidung nach der Regelung der Vorlauftemperatur des Verteilsystems getroffen werden:[6]

[6] Beispiel: Ein variabler Sollwert kann mit einer gleitenden Regelung der Kesseltemperatur oder mit einem 3-Wege-Ventil direkt hinter dem Kessel umgesetzt werden, falls dieser mit einer Automatikregelung mit variablem Sollwert ausgestattet ist.

- Entweder ist der Sollwert konstant
- oder der Sollwert ändert sich automatisch, beispielsweise in Abhängigkeit von der Außentemperatur.

Eine Regelung fällt in die Kategorie „raumweise Temperatursteuerung", wenn die Wärmeabgabe in allen Räumen der betreffenden Energiezone so geregelt wird, dass automatisch keine Wärme mehr zugeführt wird, sobald der Sollwert der Raumtemperatur erreicht ist. Das kann beispielsweise mit Thermostatventilen an allen Heizkörpern und/oder durch eine Thermostatregelung in jedem Zimmer erfolgen. Einfache Absperrventile an den Heizkörpern angebrachte fallen nicht in die Kategorie „temperaturgesteuert".

9.2.2.3 Verteilungswirkungsgrad

Beim vereinfachten Ansatz des monatlichen Verteilungswirkungsgrads werden die Werte aus Tabelle [7] verwendet. Bei der detaillierten Berechnung gilt Annexe E der vorliegenden Anlage.

Tabelle [7]: Verteilungswirkungsgrad

Heizungsanlage	$\eta_{distr,heat,sec\ i,m}$
Einzelheizung	1,00
Zentralheizung mit Warmwasser oder Warmluft, Gemeinschaftsheizung	
• Alle Rohrleitungen oder Leitungskanäle innerhalb der Dämmschicht des geschützten Raums	1,00
• Ein Teil der Rohrleitungen oder Leitungskanäle außerhalb der Dämmschicht des geschützten Raums	0,95

9.2.2.4 Speicherwirkungsgrad

Beim vereinfachten Ansatz des monatlichen Speicherwirkungsgrads werden die Werte aus Tabelle [8] verwendet.

Tabelle [8]: Speicherwirkungsgrad

Wärmespeicherung für Heizung in einem (oder mehreren) Pufferspeicher(n)	$\eta_{stor,heat,sec\ i,m}$
Keine	1,00
Vorhanden	
• innerhalb des geschützten Volumens	1,00
• außerhalb des geschützten Volumens	0,97

9.3 Monatlicher Bruttoenergiebedarf für Warmwasserbereitung

9.3.1 Prinzip

Der monatliche Bruttoenergiebedarf für Warmwasserbereitung errechnet sich durch Division des Nettoenergiebedarfs durch den durchschnittlichen monatlichen Systemwirkungsgrad:

Gl. 85 $$Q_{water,bath\,i,gross,m} = r_{water,bath\,i,gross} \cdot \frac{Q_{water,bath\,i,net,m}}{\eta_{sys,bath\,i,m}} \quad (MJ)$$

Gl. 86 $$Q_{water,sink\,i,gross,m} = r_{water,sink\,i,gross} \cdot \frac{Q_{water,sink\,i,net,m}}{\eta_{sys,sink\,i,m}} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$Q_{water,bath,i,net,m}$ der monatliche Nettoenergiebedarf für Warmwasserbereitung einer Dusche oder einer Badewanne i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 7.3

$Q_{water,sink,i,net,m}$ der monatliche Nettoenergiebedarf für Warmwasserbereitung einer Küchenspüle i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 7.3

$\eta_{sys,bath\,i,m}$ der mittlere monatliche Systemwirkungsgrad für Warmwasserbereitung einer Dusche oder Badewanne i, bestimmt gemäß 9.3.2.2 (-)

$\eta_{sys,sink\,i,m}$ der mittlere monatliche Systemwirkungsgrad für Warmwasserbereitung einer Küchenspüle i, bestimmt gemäß 9.3.2.2 (-)

$r_{water,bath\,i,gross}$ ein Reduktionsfaktor für den Effekt des Vorheizens des dem/den Wärmeerzeuger(n) für die Warmwasserbereitung für eine Dusche oder Badewanne i zugeführten kalten Wassers durch Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser, zu bestimmen nach den vom Minister festgelegten Vorgaben

$r_{water,sink\,i,gross}$ ein Reduktionsfaktor für den Effekt des Vorheizens des dem/den Wärmeerzeuger(n) für die Warmwasserbereitung für eine Küchenspüle i zugeführten kalten Wassers durch Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser, zu bestimmen nach den vom Minister festgelegten Vorgaben (-)

Die Reduktionsfaktoren $r_{water,gross}$ dürfen nicht verwendet werden, wenn das für Dusche, Badewanne oder Küchenspüle bestimmte Warmwasser aus einer Zirkulationsleitung stammt. In diesem Fall ist das Äquivalenzprinzip anzuwenden.

9.3.2 Systemwirkungsgrad der Warmwasserbereitung

9.3.2.1Prinzip

Der Systemwirkungsgrad der Warmwasserbereitung ist von der Art der Warmwasserverteilung und der Entnahme abhängig. Bei jeder Entnahme verdrängt warmes Wasser das in der Zwischenzeit in den Leitungen abgekühlte Wasser. Zudem kühlt das warme Wasser nach dieser Erstentleerung beim Fließen in den Leitungen ab. Bei Anlagen mit Zirkulationsleitung ist der Wärmeverlust proportional zur Leitungslänge. Die Zirkulationsleitung versorgt eine EEW-Einheit (z. B. ein Einfamilienhaus) oder auch mehrere EEW-Einheiten (z. B. die verschiedenen Wohneinheiten eines Mehrfamilienhauses mit kollektiver zentraler Warmwasserbereitung).

Der Systemwirkungsgrad eines so genannten „Combilus-Systems" wird gemäß den vom Minister festgelegten Zusatzspezifikationen bestimmt.

9.3.2.2 Berechnungsregel

Der Systemwirkungsgrad in Badezimmern und Küchen wird folgendermaßen bestimmt:

- Ohne Zirkulationsleitung:

Gl. 87
$$\eta_{sys,bath\ i,m} = \eta_{tubing,bath\ i}$$
$$\eta_{sys,sink\ i,m} = \eta_{tubing,sink\ i} \quad (-)$$

- Mit Zirkulationsleitung:

Gl. 88
$$\eta_{sys,bath\ i,m} = \eta_{tubing,bath\ i} \cdot \eta_{water,circk,m}$$
$$\eta_{sys,sink\ i,m} = \eta_{tubing,sink\ i} \cdot \eta_{water,circk,m} \quad (-)$$

Dabei ist:

$\eta_{tubing,bath\ i}$ der Beitrag des Wasserleitungssystems einer Dusche oder einer Badewanne i zum Systemwirkungsgrad, wie nachstehend bestimmt (-)

$\eta_{tubing,sink\ i}$ der Beitrag des Wasserleitungssystems einer Küchenspüle i zum Systemwirkungsgrad, wie nachstehend bestimmt (-)

$\eta_{water,circ\ k,m}$ der Beitrag der monatlichen Verluste der Zirkulationsleitung k zum Systemwirkungsgrad, wie nachstehend bestimmt (-)

Der Beitrag der Wasserleitungen wird folgendermaßen bestimmt:

Gl. 284
$$\eta_{tubing,bath\ i} = \frac{100}{100 + l_{tubing,bath\ i}/r_{water,bath\ i,net}} \quad (-)$$

Gl. 285
$$\eta_{tubing,sink\ i} = \frac{20}{20 + l_{tubing,sink\ i}/r_{water,sink\ i,net}} \quad (-)$$

Dabei ist:

$l_{tubing,bath\ i}$ die Länge der Leitungen bis zu einer Dusche oder Badewanne i in m. Ohne Zirkulationsleitung: Länge gleich Summe der kürzesten Distanz in der Horizontalen und in der Vertikalen zwischen dem Anschlusspunkt des betreffenden Wärmeerzeugers für Warmwasserbereitung und der Fußbodenmitte des betreffenden Badezimmers. Alternativ kann man auch die tatsächliche Länge der Leitung ansetzen.
Mit Zirkulationsleitung: Länge gleich Summe der kürzesten Distanz in der Horizontalen und in der Vertikalen zwischen dem betreffenden Abzweig in der Zirkulationsleitung und der Fußbodenmitte des betreffenden Badezimmers. Alternativ kann man auch die tatsächliche Länge der Leitung ansetzen.

$r_{water,bath\ i,net}$ ein Reduktionsfaktor für den Effekt des Vorheizens des der Dusche oder Badewanne i zugeführten kalten Wassers durch Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser, zu bestimmen nach den vom Minister festgelegten Vorgaben (-)

$l_{tubing,sink,\ i}$ die Länge der Leitungen bis zu einer Küchenspüle i in m. Ohne Zirkulationsleitung: Länge gleich Summe der kürzesten Distanz in der Horizontalen und in der Vertikalen zwischen dem betreffenden Wärmeerzeuger für Warmwasserbereitung und der Fußbodenmitte der

betreffenden Küche. Alternativ kann man auch die tatsächliche Länge der Leitung ansetzen. Mit Zirkulationsleitung: Länge gleich Summe der kürzesten Distanz in der Horizontalen und in der Vertikalen zwischen dem betreffenden Abzweig in der Zirkulationsleitung und der Fußbodenmitte der betreffenden Küche. Alternativ kann man auch die tatsächliche Länge der Leitung ansetzen.

$r_{water,sink\ i,net}$ ein Reduktionsfaktor für den Effekt des Vorheizens des der Küchenspüle i zugeführten kalten Wassers durch Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser, zu bestimmen nach den vom Minister festgelegten Vorgaben (-)

Als Standardwerte werden verwendet:

- $l_{tubing,bath\ i} = 10$ m
- $l_{tubing,sink\ i} = 20$ m

Der Beitrag der Zirkulationsleitung k wird folgendermaßen bestimmt:

Gl. 286
$$\eta_{water,circ\ k,m} = \frac{Q_{water\ out,circ\ k,m}}{Q_{water\ out,circ\ k,m} + t_m . f_{insul,circ\ k} . \sum_j \frac{l_{circ\ k,j} \cdot \left(60 - \theta_{amb,m,j}\right)}{R_{l,j}}} \quad (-)$$

Dabei ist:

Gl. 287
$$Q_{water\ out,circ\ k,m} = \sum_i \frac{Q_{water,bath\ i,net,m}}{\eta_{tubing,bath\ i}} + \sum_i \frac{Q_{water,sink\ i,net,m}}{\eta_{tubing,sink\ i}} + \sum_i \frac{Q_{water,other\ i,net,m}}{\eta_{tubing,other\ i}} + \sum_l Q_{water,ncalc,res,unit\ l,gross,m} + \sum_m Q_{water,ncalc,nres,bath\ m,gross,m} + \sum_n Q_{water,ncalc,nres,sink\ n,gross,m} \quad (MJ)$$

und:

t_m die Länge des betreffenden Monats in Ms, siehe

Tabelle [1]

$f_{insul,circ\ k}$	ein Korrekturfaktor, der die Auswirkungen von Wärmebrücken auf den Wärmewiderstand der Teilstücke der Zirkulationsleitung k, wie nachstehend in Abhängigkeit der Eigenschaften der Zirkulationsleitungen definiert, (-) berücksichtigt (-)
$l_{circ\ k,j}$	die Länge des Teilstücks j der Zirkulationsleitung k in m
$\theta_{amb,m,j}$	die monatliche Durchschnittsraumtemperatur des Teilstücks der Leitung j in °C: - Wenn sich das Teilstück innerhalb des geschützten Volumens befindet, gilt: $\theta_{amb,m,j} = 18$ - Wenn sich das Teilstück in einem angrenzenden unbeheizten Raum befindet, gilt: $\theta_{amb,m,j} = 11 + 0,4\ \theta_{e,m}$ - Wenn sich das Teilstück im Freien befindet, gilt: $\theta_{amb,m,j} = \theta_{e,m}$; Dabei ist: $\theta_{e,m}$ die mittlere Außentemperatur eines Monats in °C entsprechend

Tabelle [1]

$R_{l,j}$ der längenbezogene Wärmedurchlasswiderstand des Teilstücks j in m.K/W, bestimmt nach Abschnitt E.3 der vorliegenden Anlage

$Q_{water,bath\ i,net,m}$ der monatliche Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser von Duschen und Badewannen i in MJ - er wird für PER-Einheiten gemäß § 7.3 und für PEN-Einheiten gemäß § 5.10 des Anhangs EEN ermittelt.

$Q_{water,sink,i,net,m}$ der monatliche Nettoenergiebedarf für Warmwasserbereitung einer Küchenspüle i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 7.3

$Q_{water,sink\ i,net,m}$ der monatliche Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser von Küchenspülen i in MJ - er wird für PER-Einheiten gemäß § 7.3 und für PEN-Einheiten gemäß § 5.10 des Anhangs EEN ermittelt.

$Q_{water,other\ i,net,m}$ der monatliche Nettoenergiebedarf in MJ für das Brauchwarmwasser anderer Warmwasserentnahmestellen i - er wird gemäß § 5.10 des Anhangs EEN ermittelt.

$\eta_{tubing,other\ i}$ der Beitrag der zu einer anderen Warmwasserentnahmestelle führenden Wasserleitungen zum Systemwirkungsgrad i - er wird gemäß § 6.5 des Anhangs EEN ermittelt.

$Q_{water,ncalc,res,unit\ 1,gross,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für das Brauchwarmwasser einer für Wohnzwecke bestimmten PEB-Einheit (Einfamilienhaus), die keine PER-Einheit darstellt, wie nachstehend bestimmt

$Q_{water,ncalc,nres,bath\ m,gross,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für das Brauchwarmwasser einer Dusche oder Badewanne m, welche sich in einem Gebäude befindet, das weder für Wohn- noch für industrielle Zwecke bestimmt und nicht Teil einer PEN-Einheit ist, wie nachstehend definiert

$Q_{water,ncalc,nres,sink\ n,gross,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für das Brauchwarmwasser einer Küchenspüle n, welche sich in einem Gebäude befindet, das weder für Wohn- noch für industrielle Zwecke bestimmt und nicht Teil einer PEN-Einheit ist, wie nachstehend definiert

Für die Ermittlung von $\eta_{water,circ\ k,m}$ sind die Werte aller Teilstücke j der Zirkulationsleitung k zu addieren.

Für die Ermittlung von $Q_{water\ out,circ\ k,m}$ sind folgende Werte zu addieren:

- die Werte aller an die Zirkulationsleitung k angeschlossenen Duschen, Badewannen und Küchenspülen i, die sich in einer PER- oder PEN-Einheit befinden
- die Werte aller an die Zirkulationsleitung k angeschlossenen, anderen Warmwasserentnahmestellen i, die sich in einer PER- oder PEN-Einheit befinden
- die Werte aller an die Zirkulationsleitung k angeschlossenen Wohneinheiten, die keine PER-Einheiten darstellen
- die Werte aller an die Zirkulationsleitung k angeschlossenen Duschen und Badewannen m und Küchenspülen n, die sich in einem weder für Wohn- noch für industrielle Zwecke bestimmten Gebäude befinden und keiner PEN-Einheit angehören

Der Korrekturfaktor $f_{insul,circ\ k}$ hängt von den Eigenschaften der Zirkulationsleitung und deren Zubehör ab. Es werden drei Fälle unterschieden:

Fall 1

Erfüllen Zirkulationsleitung und Zubehör alle nachstehend aufgeführten Anforderungen, dann gilt: $f_{insul,circ\ k} = 1,1$.

- Die Dämmung der Rohrbögen (*) ist im gleichen Material ausgeführt und weist die gleiche Stärke auf wie die Dämmung der angrenzenden Leitungsteilstücke. Die Dämmung ist so verlegt, dass sie durchgehend dämmt.
- Die Dämmung wird durch keinerlei Leitungsbefestigungen unterbrochen.
- Die Dämmung der Hauptleitung ist an den Abzweigungen durchgehend ausgeführt(*). Die Dämmung der Entnahmeleitungen wurde, wo vorhanden, durchgehend bis zur Dämmung der Hauptleitung geführt.
- Alle Armaturen (**) weisen einen äquivalenten Wärmewiderstand auf, der folgende Anforderung erfüllt:

Gl. 288 $$R_{eq,tap} \geq \max\left(R_{l,j}\right)$$ (m.K/W)

Dabei ist:

$R_{eq,tap}$ der äquivalente Wärmewiderstand der Dämmung der Armaturen in m.K/W, wie nachstehend definiert

$R_{l,j}$ der lineare Wärmewiderstand des Leitungsteilstücks j in m.K/W, an den die Armatur angeschlossen ist, wie in § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** festgelegt.

Zur Anwendung kommt der höchste Wert aller an die Armatur angeschlossenen Leitungsteilstücke.

- Jedes Pumpengehäuse ist mit einem Isoliermantel ausgestattet, für dessen Wärmeleitzahl $\lambda_{insul,pumps}$ und Mindestdämmstärke $d_{insul,pumps}$ Folgendes gilt:

Gl. 289 $$\frac{d_{insul,pumps}}{\lambda_{insul,pumps}} \geq 0,5$$ (m.K/W)

Dabei ist:

$d_{insul,pumps}$ die kürzeste Distanz zwischen den Innen- und Außenflächen des Isoliermantels der Pumpe in m, wobei lose Steuerungsteile, Anzeigeelemente und spezielle Teile, welche die Elektronik der Pumpe vor Überhitzung schützen (Kühlrippen), nicht berücksichtigt werden.

$\lambda_{insul,pumps}$ die Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung um die Pumpe herum in W/(m.K).

ANMERKUNG (*) Hinsichtlich der Zirkulationsleitung insgesamt kann für n_{exc}, Rohrbögen und Abzweigungen von den vorhergehend genannten Anforderungen abgewichen werden. n_{exc} wird dann wie folgt ermittelt:

ANMERKUNG (**) Als Armaturen werden folgende Elemente betrachtet (zu dämmen): Kollektoren, Absperrventile, Stellventile, Entleerungshähne, Rückschlagventile, Ausschlämmvorrichtungen oder Dekantierkammern und hydraulische Weichen.

Fall 2

Wenn Fall 1 nicht gegeben ist, Zirkulationsleitung und Zubehör aber allen nachstehend aufgeführten Anforderungen genügen, gilt: $f_{insul,circ\ k} = 1,3$

- Die Dämmung der Rohrbögen (*) ist im gleichen Material ausgeführt und weist die gleiche Stärke auf wie die Dämmung der angrenzenden Leitungsteilstücke. Die Dämmung ist so angebracht, dass sie durchgehend dämmt.
- Die Dämmung wird durch keinerlei Leitungsbefestigung unterbrochen.

- Die Dämmung der Hauptleitung ist an den Abzweigungen durchgehend ausgeführt(*). Die Dämmung der Entnahmeleitungen ist, wo vorhanden, durchgehend bis zur Dämmung der Hauptleitung verlegt.

ANMERKUNG(*) Hinsichtlich der Zirkulationsleitung insgesamt kann für n_{exc} , Rohrbögen und Abzweigungen von den vorhergehend genannten Anforderungen abgewichen werden. n_{exc} wird dann wie folgt ermittelt:

Fall 3

In allen anderen Fällen gilt: $f_{insul,circ\ k} = 2$. Dieser Wert ist zugleich der Standardwert.

Der äquivalente Wärmewiderstand der Armatur, $R_{eq,tap}$, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 290
$$R_{eq,tap} = \frac{1}{2.\pi.\lambda_{insul,\ tap}} \ln\left(\frac{D_{e,\ eq,tap}}{D_{i,\ eq,tap}}\right) + \frac{1}{h_{se,\ tap}.\pi.D_{e,\ eq,tap}} \quad (m.K/W)$$

Dabei ist:

Gl. 291
$$D_{e,\ eq,tap} = D_{i,\ eq,tap} + 2 \cdot d_{insul,tap} \quad (m)$$

Gl. 292
$$D_{i,\ eq,tap} = \max(D_{i,\ j}) \quad (m)$$

und:

$\lambda_{insul,tap}$ die Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung, welche die Armatur einhüllt, in W/(m.K)

$D_{e,eq,tap}$ der äußere Durchmesser einschließlich Dämmung der Armatur in m

$D_{e,eq,tap}$ der äußere Durchmesser ohne Dämmung der Armatur in m

$d_{insul,tap}$ die kürzeste Distanz zwischen den Innen- und Außenflächen des Isoliermantels der Armatur in m, wobei Steuerungsteile nicht berücksichtigt werden.

$D_{i,j}$ der äußere Durchmesser des nicht gedämmten Leitungsteilstücks j, an den die Armatur angeschlossen ist, in m

$h_{se,tap}$ der äußere Gesamtwärmeübergangskoeffizient der Armatur für Transmission (durch Konvektion und Strahlung) in W/(m².K), dabei werden folgende Werte angenommen:
- innerhalb des geschützten Volumens: $h_{se,tap} = 8$
- in einem angrenzenden unbeheizten Raum: $h_{se,tap} = 10$
- draußen: $h_{se,tap} = 25$.

Zur Anwendung kommt der höchste Wert aller an die Armatur angeschlossenen Leitungsteilstücke.

Die Anzahl der Rohrbögen oder Abzweigungen, bei denen Abweichungen von der geforderten Dämmung akzeptiert werden, n_{exc}, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 293
$$n_{exc} = \frac{\sum_j l_{circ\ k,\ j}}{100} \quad (-)$$

Dabei ist:

$l_{circ\ k,j}$ die Länge des Teilstücks j der Zirkulationsleitung k in m

Die Werte aller Teilstücke j der Zirkulationsleitung k sind zu addieren. Das Ergebnis muss auf die nächsthöhere Einheit aufgerundet werden.

Der monatliche Bruttoenergiebedarf für das Brauchwarmwasser einer für Wohnzwecke bestimmten PEB-Einheit, die keine PER-Einheit darstellt (Einfamilienhaus), $Q_{water,ncalc,res,unit\ 1,gross,m}$, wird wie folgt ermittelt:

$$Q_{water,ncalc,res,unit\ 1,gross,m} = \frac{\max\left[64;\ 64 + 0{,}220 \cdot \left(V_{unit\ 1} - 192\right)\right] \cdot t_m}{\eta_{tubing,ncalc,res,unit\ 1}} \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 294

Dabei ist:

$V_{unit\ 1}$ Das Gesamtvolumen der für Wohnzwecke bestimmten PEB-Einheit (Einfamilienhaus) 1 in m^3

t_m die Länge des betroffenen Monats in Ms, siehe

Tabelle [1]

$\eta_{tubing,ncalc,res,unit\ l}$ der Beitrag zum Systemwirkungsgrad der Brauchwarmwasserleitungen der für Wohnzwecke bestimmten PEB-Einheit (Einfamilienhaus) l (-) - er wird wie $\eta_{tubing,bath\ i}$ ermittelt, wobei folgende Werte vorausgesetzt werden:

- $r_{water,bath\ i,net} = 1$ und
- $l_{tubing,bath\ i} = 5$ m

Dabei wird der Standardwert eingesetzt: $V_{unit\ l} = 0$.

Der monatliche Bruttoenergiebedarf für das Brauchwarmwasser einer Dusche oder Badewanne m, welche sich in einem Gebäude befindet, das weder für Wohn- noch für industrielle Zwecke bestimmt und nicht Teil einer PEN-Einheit ist, $Q_{water,ncalc,nres,bath\ m,gross,m}$, wird wie folgt ermittelt:

$$Q_{water,ncalc,nres,bath\ m,gross,m} = \frac{213 \cdot t_m}{\eta_{tubing,ncalc,nres,bath\ m}} \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 295

Dabei ist:

t_m die Länge des betroffenen Monats in Ms, siehe

74	EEW-Methode 2017

Tabelle [1]

$\eta_{tubing,ncalc,nres,bath\ m}$	der Beitrag zum Systemwirkungsgrad der Brauchwarmwasserleitungen, die eine Dusche oder Badewanne versorgen, (-) - er wird wie $\eta_{tubing,bath\ i}$ ermittelt, wobei folgende Werte vorausgesetzt werden: - $r_{water,bath\ i,net} = 1$ und - $l_{tubing,bath\ i} = 5$ m.

Der monatliche Bruttoenergiebedarf für das Brauchwarmwasser einer Küchenspüle n, welche sich in einem Gebäude befindet, das weder für Wohn- noch für industrielle Zwecke bestimmt und nicht Teil einer PEN-Einheit ist, $Q_{water,ncalc,nres,sink\ n,gross,m}$, wird wie folgt ermittelt:

$$Q_{water,ncalc,nres,sink\ n,gross,m} = \frac{A_{f,sink} \cdot 30,53 \cdot t_m}{\eta_{tubing,ncalc,nres,sink\ n}} \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 296

Dabei ist:

$A_{f,sink}$	die Nutzfläche der Räume, die der Zubereitung von Speisen dienen, in m², gemäß § 5.10.2 des Anhangs PEN
t_m	die Länge des betroffenen Monats in Ms, siehe

76	EEW-Methode 2017

Tabelle [1]

$\eta_{tubing,ncalc,nres,sink\ n}$	der Beitrag zum Systemwirkungsgrad der Brauchwarmwasserleitungen, die eine Küchenspüle versorgen - er wird wie $\eta_{tubing,bath\ i}$ ermittelt, wobei folgende Werte vorausgesetzt werden: - $r_{water,sink\ i,net}$ = 1 und - $l_{tubing,sink\ i}$ = 5 m

10 Endenergieverbrauch für Heizung, Warmwasserbereitung und Kühlung

10.1 Vorbemerkung

Die Wärmeerzeuger werden bei der Bewertung des Endenergieverbrauchs berücksichtigt. Dies geschieht im Allgemeinen mit dem Erzeugungswirkungsgrad und bei Wärmepumpen mit der Jahresarbeitszahl (JAZ). Gegebenenfalls wird zugleich der nutzbare Beitrag von Solarthermiesystemen berücksichtigt. Für die Kühlung wird ein spezielles Verfahren angewendet.

Bei der Erweiterung eines Gebäudes können folgende Fälle auftreten:

- Wenn der Anbau unabhängig von den bestehenden Geräten mit einem neuen Wärmeerzeuger beheizt wird, wird das unten stehende Verfahren uneingeschränkt angewandt.
- Werden neue Wärmeerzeuger eingesetzt, die kombiniert mit den existierenden Geräten betrieben werden, muss das unten stehende Verfahren ohne Berücksichtigung der bestehenden Geräte angewandt werden.
- Werden keine zusätzlichen Geräte installiert, sondern nur die bestehenden Geräte genutzt, kann das Verfahren für bestehende Geräte angewandt werden. Wenn nicht alle erforderlichen Informationen vorliegen, können Standardwerte verwendet werden.

10.2 Monatlicher Endenergieverbrauch für Raumheizung

10.2.1 Prinzip

Die zum Beheizen einer Energiezone erforderliche Energie kann von einem einzigen Gerät oder von einer Kombination parallel geschalteter Geräte geliefert werden. Um den letztgenannten Fall behandeln zu können, wird das Prinzip des vorrangig angeschlossenen Geräts einerseits und des/der zusätzlich angeschlossenen Geräts/Geräte andererseits eingeführt. Liegt keine Parallelschaltung mehrerer Geräte vor (Regelfall), so ergibt sich ein Hauptanteil, der 100 % ausmacht. Aus den nachstehenden Formeln ergibt sich demnach für den Verbrauch der zusätzlichen Geräte der Betrag Null.

Dieser Grundsatz findet auch für Wärmepumpen mit integrierter elektrischer Widerstandsheizung Anwendung, bei denen die Wärmepumpe und die elektrische Widerstandsheizung als parallel geschaltete Erzeuger betrieben werden können. Der Minister kann zusätzliche und/oder abweichende Spezifikationen zur Berücksichtigung von Wärmepumpen mit integrierter elektrischer Widerstandsheizung festlegen.

10.2.2 Berechnungsregel

Der Endenergieverbrauch für Heizung pro Monat und Energiezone ohne die Energie der Hilfsaggregate ergibt sich wie folgt:

Gl. 93

$$Q_{heat,final,sec\ i,m,pref} = \frac{f_{heat,m,pref} \cdot (1 - f_{as,heat,sec\ i,m}) \cdot Q_{heat,gross,sec\ i,m}}{\eta_{gen,heat,pref}} \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 297

$$Q_{heat,final,sec\ i,m,npref} = \sum_{k} \frac{f_{heat,m,npref\ k} \cdot (1 - f_{as,heat,sec\ i,m}) \cdot Q_{heat,gross,sec\ i,m}}{\eta_{gen,heat,npref\ k}} \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

$f_{heat,m,pref}$	der durchschnittliche monatliche Anteil der von dem/den Hauptwärmeerzeuger(n) gelieferten Wärme an der Gesamtwärmemenge, wie nachstehend bestimmt
$f_{heat,m,npref\ k}$	der monatliche Anteil an der Gesamtwärmeerzeugung, der von dem/den Nebenwärmeerzeuger(n) k geleistet wird, wie nachstehend bestimmt (-)
$f_{as,heat,sec\ i,m}$	der Anteil des Gesamtwärmebedarfs für die Beheizung der Energiezone i, der vom Solarthermiesystem abgedeckt wird, bestimmt gemäß Punkt 10.4 (-)
$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf für die Beheizung der Energiezone i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 9.2
$\eta_{gen,heat,pref}$	der monatliche Erzeugungswirkungsgrad des/der Hauptwärmeerzeuger(s), bestimmt gemäß Punkt 10.2.3 (-)
$\eta_{gen,heat,npref}$	der monatliche Erzeugungswirkungsgrad des/der Nebenwärmeerzeuger(s), bestimmt gemäß Punkt 10.2.3 (-)

Für die Zusammenfassung und Aufteilung von Haupt- und Nebenwärmeerzeugern gelten dieselben Regeln wie in Punkt 7.1, 7.2.1 und 7.3.1 der Anlage A.2 des vorliegenden Erlasses angegeben.

Der monatliche Anteil der vom Hauptwärmeerzeuger gelieferten Wärme an der Gesamtwärmemenge wird wie folgt bestimmt:

- Wenn nur eine einzige Art von Wärmeerzeuger vorhanden ist: $f_{heat,m,pref} = 1$
- ansonsten gilt:
  - Wenn es sich bei dem Hauptwärmeerzeuger weder um eine gebäudegebundene Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung noch um eine Wärmepumpe handelt, die Außenluft als Wärmequelle nutzt, sind die Werte für $f_{heat,m,pref}$ der

- Tabelle [34] zu entnehmen. Bei Anwendung der

- Tabelle [34] ist eine lineare Interpolation der Zwischenschwerte für x_m durchzuführen.
- Wenn der Hauptwärmeerzeuger eine Kraft-Wärme-Kopplungsanlage ist, werden die Werte für $f_{heat,m,pref}$ aus Tabelle [10] übernommen.
- Wenn es sich bei dem Hauptwärmeerzeuger um eine Wärmepumpe handelt, die Außenluft als Wärmequelle nutzt, sind die Werte für $f_{heat,m,pref}$ der **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** zu entnehmen. Bei Anwendung der **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ist eine lineare Interpolation der Zwischenschwerte für x_m durchzuführen.

Wenn der/die Nebenerzeuger nur in Betrieb ist/sind, wenn bei voller Leistung des Haupterzeugers dessen Leistung nicht ausreicht, um dem herrschenden Bedarf nachzukommen, wird die Regelung von Haupt- und Nebenerzeuger(n) als eine „Regelung für zusätzliche Spitzenleistung" angesehen. In allen anderen Fällen, sowie, wenn der Haupterzeuger währenddessen nicht in Betrieb ist, wird von einer „schaltenden Regelung der Spitzenleistung" ausgegangen.

Ein Haupterzeuger kann als Erzeuger mit begrenzter Modulation angesehen werden, wenn die Leistung bei variierendem Wärmebedarf nur unterhalb eines Grenzwertes von 80 % der Nennleistung moduliert werden kann. Ansonsten wird das Gerät als modulierender Haupterzeuger angesehen.

Die Werte für $f_{heat,m,pref}$ werden immer in Abhängigkeit der Hilfsvariablen x_m angegeben. Diese Hilfsvariable wird gemäß § 7.3.1 des Anhangs EEN zum vorliegenden Erlass ermittelt.

Tabelle [34]: Aufstellung des monatlichen Anteils der von dem/den Haupterzeugern gelieferten Gesamtwärme in Abhängigkeit der Funktion $f_{heat,m,pref}$ – wenn es sich beim Haupterzeuger weder um eine Anlage für Kraft-Wärmekopplung, noch um eine Wärmepumpe, die Außenluft als Wärmequelle nutzt, handelt

Hilfsvariable x_m	Modulierender Haupterzeuger		Haupterzeuger mit begrenztem Modulationsbereich	
	Schaltende Regelung der Spitzenleistung	Zusätzliche Regelung der Spitzenleistung	Schaltende Regelung der Spitzenleistung	Zusätzliche Regelung der Spitzenleistung
$x_m = 0$	1,00	1,00	0	0
$x_m = 0,05$	0,99	1,00	0	0
$x_m = 0,15$	0,97	0,99	0,04	0,06
$x_m = 0,25$	0,93	0,99	0,08	0,14
$x_m = 0,35$	0,87	0,97	0,15	0,25
$x_m = 0,45$	0,78	0,96	0,20	0,38
$x_m = 0,55$	0,62	0,92	0,19	0,49
$x_m = 0,65$	0,48	0,86	0,16	0,55
$x_m = 0,75$	0,35	0,79	0,13	0,56
$x_m = 0,85$	0,28	0,74	0,11	0,57
$x_m = 0,95$	0,25	0,71	0,10	0,56
$x_m = 1,05$	0,16	0,63	0,06	0,53
$x_m = 1,15$	0,15	0,61	0,06	0,52
$x_m = 1,25$	0,14	0,59	0,06	0,52
$x_m = 1,35$	0,09	0,51	0	0,45
$x_m = 1,45$	0,08	0,47	0	0,41
$x_m = 1,55$	0,07	0,46	0	0,41
$x_m = 1,65$	0,07	0,46	0	0,40
$x_m = 1,75$	0,06	0,44	0	0,40
$x_m = 1,85$	0,05	0,44	0	0,37
$x_m = 1,95$	0	0,39	0	0,33
$x_m = 2,05$	0	0,36	0	0,32
$x_m = 2,15$	0	0,35	0	0,31
$x_m = 2,25$	0	0,34	0	0,29
$x_m = 2,35$	0	0,31	0	0,28
$x_m = 2,45$	0	0,30	0	0,28
$x_m = 2,55$	0	0,30	0	0,28
$x_m = 2,65$	0	0,30	0	0,27
$x_m = 2,75$	0	0,28	0	0,26
$x_m = 2,85$	0	0,28	0	0,26
$x_m = 2,95$	0	0,27	0	0,26
$x_m = 3,00$	0	0,25	0	0,24
$3,00 < x_m$	0	0,25	0	0,24

Tabelle [10]: Aufstellung des monatlichen Anteils der von dem/den Haupterzeuger(n) gelieferten Gesamtwärme in Abhängigkeit der Funktion $f_{heat,m,pref}$ – wenn es sich beim Haupterzeuger um eine Anlage für Kraft-Wärmekopplung handelt

Konfiguration		**Monatlicher Anteil**
$V_{stor,cogen} < V_{stor,30\ min}$	$0 \leq x_m < 0,3$	0
	$0,3 \leq x_m < 0,9$	$\frac{2}{3} \cdot x_m - 0,2$
	$0,9 \leq x_m < 1,3$	$0,43 \cdot x_m + 0,013$
	$1,3 \leq x_m < 8,9$	$\frac{1,05 \cdot x_m - 0,245}{(x_m + 0,1)^2}$
	$8,9 \leq x_m$	$\frac{1}{x_m}$
$V_{stor,cogen} \geq V_{stor,30\ min}$	$0 \leq x_m < 0,05$	0
	$0,05 \leq x_m < 0,35$	$1,66 \cdot x_m - 0,083$
	$0,35 \leq x_m < 0,9$	$0,36 \cdot x_m + 0,376$
	$0,9 \leq x_m < 8,9$	$\frac{1,05 \cdot x_m - 0,245}{(x_m + 0,1)^2}$
	$8,9 \leq x_m$	$\frac{1}{x_m}$

Die in der Tabelle verwendeten Symbole sind wie folgt definiert:

$V_{stor,cogen}$ Fassungsvermögen des Speicherbehälters für die Speicherung der von der KWK-Anlage bereitgestellten Wärme in m^3

$V_{stor,30\ min}$ Minimales Fassungsvermögen des Speicherbehälters im m^3, mit dem die von der lokalen KWK-Anlage bei maximaler Leistung in 30 Minuten erzeugte Wärme gespeichert werden kann, bestimmt gemäß Abschnitt A.6 der Anlage A.2 des vorliegenden Erlasses

Tabelle [35]: Aufstellung des monatlichen Anteils der von dem/den Haupterzeugern gelieferten Gesamtwärme in Abhängigkeit der Funktion $f_{heat,m,pref}$ – wenn es sich beim Haupterzeuger um eine Wärmepumpe handelt, wekche die Außenluft als Wärmequelle nutzt

Regelung	Schaltende Regelung der Spitzenleistung						Zusätzliche Regelung der Spitzenleistung					
$f_{\theta,heat} \cdot COP_{test}$	< 2,25	< 2,50	< 2,75	< 3,00	< 3,50	≥ 3,50	< 2,25	< 2,50	< 2,75	< 3,00	< 3,50	≥ 3,50
x_m = 0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
x_m = 0,05	0,73	0,82	0,91	0,97	0,99	0,99	0,73	0,82	0,91	0,97	1,00	1,00
x_m = 0,15	0,65	0,79	0,89	0,94	0,97	0,97	0,65	0,80	0,90	0,96	0,99	0,99
x_m = 0,25	0,53	0,68	0,79	0,85	0,93	0,93	0,53	0,70	0,81	0,89	0,98	0,99
x_m = 0,35	0,40	0,54	0,66	0,73	0,83	0,84	0,41	0,56	0,69	0,79	0,92	0,96
x_m = 0,45	0,33	0,45	0,56	0,64	0,73	0,75	0,34	0,48	0,61	0,72	0,88	0,93
x_m = 0,55	0,30	0,41	0,50	0,56	0,62	0,63	0,33	0,46	0,59	0,70	0,84	0,89
x_m = 0,65	0,27	0,35	0,42	0,46	0,51	0,52	0,31	0,44	0,56	0,66	0,80	0,84
x_m = 0,75	0,23	0,28	0,33	0,37	0,40	0,41	0,31	0,42	0,54	0,63	0,74	0,78
x_m = 0,85	0,20	0,25	0,29	0,31	0,34	0,34	0,31	0,42	0,53	0,61	0,71	0,74
x_m = 0,95	0,17	0,21	0,24	0,27	0,29	0,30	0,30	0,40	0,49	0,57	0,67	0,71
x_m = 1,05	0,13	0,15	0,18	0,20	0,21	0,21	0,28	0,38	0,46	0,53	0,62	0,64
x_m = 1,15	0,12	0,15	0,17	0,18	0,20	0,20	0,26	0,36	0,45	0,51	0,60	0,62
x_m = 1,25	0,11	0,13	0,15	0,17	0,18	0,18	0,25	0,33	0,41	0,48	0,57	0,60
x_m = 1,35	0,07	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,25	0,33	0,40	0,45	0,52	0,53
x_m = 1,45	0,05	0,06	0,08	0,09	0,09	0,10	0,20	0,27	0,34	0,40	0,47	0,49
x_m = 1,55	0	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,17	0,24	0,30	0,36	0,44	0,47
x_m = 1,65	0	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,17	0,24	0,30	0,36	0,44	0,47
x_m = 1,75	0	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,17	0,24	0,30	0,36	0,44	0,47
x_m = 1,85	0	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,17	0,24	0,30	0,36	0,44	0,47
x_m = 1,95	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,36	0,40	0,40
x_m = 2,05	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,36	0,40	0,40
x_m = 2,15	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,30	0,36	0,40
x_m = 2,25	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,30	0,36	0,36
x_m = 2,35	0	0	0	0	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,30	0,32	0,32
x_m = 2,45	0	0	0	0	0	0	0,17	0,24	0,30	0,30	0,30	0,32
x_m = 2,55	0	0	0	0	0	0	0,17	0,24	0,30	0,30	0,30	0,32
x_m = 2,65	0	0	0	0	0	0	0,17	0,24	0,30	0,30	0,30	0,32
x_m = 2,75	0	0	0	0	0	0	0,10	0,16	0,20	0,24	0,27	0,30
x_m = 2,80	0	0	0	0	0	0	0,10	0,14	0,18	0,20	0,25	0,25
2,80 < x_m	0	0	0	0	0	0	0,10	0,14	0,18	0,20	0,25	0,25

Die in der Tabelle verwendeten Symbole haben folgende Bedeutung:

COP_{test}	die Leistungszahl der Wärmepumpe, gemäß § 10.2.3.3 ermittelt (-)
$f_{\theta,heat}$	ein Korrekturfaktor für die Differenz zwischen der Auslegungstemperatur für den Vorlauf des Wärmeabgabesystems (bzw. hier der Speichergeräte) und der Temperatur am Ausgang des Kondensators, gemäß § 10.2.3.3 ermittelt. (-)

Sollte die betreffende Energiezone von einem Nebenwärmeerzeuger bedient werden oder sollten alle Nebenerzeuger den gleichen Wirkungsgrad gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** aufweisen (und den gleichen Energieträger nutzen), so wird der monatliche Anteil des/der Nebenerzeuger(s) an der Wärmeerzeugung k wie folgt ermittelt:

Gl. 298 $f_{heat,m,npref\ k} = 1 - f_{heat,m,pref}$ (-)

Sollte die betreffende Energiezone von mehreren Nebenwärmeerzeugern versorgt werden, die unterschiedliche Wirkungsgrade gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** aufweisen (und/oder verschiedene Energieträger nutzen), so wird der monatliche Anteil des Nebenerzeugers an der Wärmeerzeugung k wie folgt ermittelt:

Gl. 299 $$f_{heat,m,npref,k} = (1-f_{heat,m,pref}) \cdot \frac{P_{gen,heat,npref\ k}}{\sum_k P_{gen,heat,npref\ k}}$$ (-)

Dabei ist:

$f_{heat,m,npref\ k}$	der monatliche Anteil an der Gesamtwärmeerzeugung, der von dem/den Nebenerzeuger(n) k übernommen wird (-)
$f_{heat,m,pref}$	der monatliche Anteil an der Gesamtwärmeerzeugung, der von dem/den Haupterzeuger(n) k geliefert wird (-)
$P_{gen,heat,npref\ k}$	die Gesamtnennleistung des/der Nebenerzeuger(s) k in kW.

Die Werte aller Nebenwärmeerzeuger k sind zu addieren.

ANMERKUNG 1 Nennleistung der Heizkessel ist die in den europäischen Richtlinien für Heizkessel ausgewiesene Nennleistung

ANMERKUNG 2 Die thermische Leistung der Wärmepumpen wird gemäß der Norm NBN EN 14511 unter den Testbedingungen ermittelt, die in § 10.2.3.3 dargelegt sind.

ANMERKUNG 3 Die thermische Leistung einer gebäudegebundenen Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung wird entsprechend des Verfahrens für Gasanlagen ermittelt.

10.2.3 Erzeugungswirkungsgrad für Raumheizung und Luftbefeuchtung

10.2.3.1 Prinzip

Der Erzeugungswirkungsgrad für Heizung wird definiert als das Verhältnis der Wärmelieferung durch die Wärmeerzeugungsanlage an das Wärmeverteilsystem zu der für die Erzeugung dieser Wärme erforderlichen Energie. Der Stromverbrauch der Hilfsaggregate für Warmwasserkessel und Warmlufterzeuger wird in Abschnitt 11.1.1.2 berechnet.

Die Bestimmung des Erzeugungswirkungsgrads gemäß der Beschreibung im vorliegenden Kapitel gilt auch für die Wärmeerzeugung für die Luftbefeuchtung, siehe Punkt 7.4.1 der Anlage A.2 des vorliegenden Erlasses.

10.2.3.2 Erzeugungswirkungsgrad von Wärmeerzeugern, die keine elektrischen Wärmepumpen sind

Der Erzeugungswirkungsgrad ist in Tabelle [11] angegeben. Für die meisten Gerätearten finden sich in Spalte 3 der Tabelle Standardwerte.

Tabelle [11]: Erzeugungswirkungsgrad für Heizung (außer elektrische Wärmepumpen)

Wärmeerzeuger	**Erzeugungswirkungsgrad $\eta_{gen,heat}$**	
Zentralheizung	Detaillierte Berechnung	Standardwerte
Warmwasser-Brennwertkessel (1)(2)	$f_{NCV/GCV}[\eta_{30\%} + 0,003 .(\theta_{30\%} - \theta_{ave,boiler})]$	0,73
- Warmwasserkessel ohne Brennwerttechnik (1) (2)	$f_{NCV/GCV}\ \eta_{30\%}$	0,73
- Warmlufterzeuger (1)	$f_{NCV/GCV}\ \eta_{30\%}$	0,73
Lokale Kraft-Wärme-Kopplung	$\varepsilon_{cogen,th}$	-[7]
Externe Wärmelieferung	$\eta_{heat,dh}$	0,97
Elektrische Widerstandsheizung (1)	1,00	1,00
Einzelheizung (3)		
Kohleofen	$f_{NCV/GCV}$ 0,77	
Holzofen	$f_{NCV/GCV}$ 0,77	
Ölofen	$f_{NCV/GCV}$ 0,80	
Gasofen	$f_{NCV/GCV}$ 0,83	
Elektrische Widerstandsheizung	1,00	
Sonderfälle	Äquivalenz (4)	

(1) Wenn das Gerät außerhalb des geschützten Volumens aufgestellt ist, muss der errechnete Wirkungsgrad um 0,02 reduziert werden.

[7] Der thermische Wirkungsgrad einer KWK-Anlage wird gemäß Anlage A.2 Abschnitt A.2 des vorliegenden Erlasses bestimmt. Da die Leistung einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage mit einem festen Wirkungsgrad bestimmt wird, der von der elektrischen Leistung abhängt, wird kein Standardwert angegeben. Ggf. kann in Anlage A.2 Abschnitt A.2.1 des vorliegenden Erlasses eine vereinfachte Methode zur Bestimmung der elektrischen Leistung vorgegeben werden.

2) Wenn der Kessel mit einer Regelung für Betrieb mit konstanter Kesseltemperatur ausgestattet ist, also auch in Zeiten ohne Wärmebedarf[8] (zwischen 2 Betriebsphasen des Brenners kann der Kessel somit nicht unbegrenzt bis auf Raumtemperatur abkühlen), muss man den errechneten Wirkungsgrad um 0,05 reduzieren. Ist nicht genau bekannt, wie der Kessel gesteuert wird, wird davon ausgegangen, dass eine derartige Regelung vorliegt (und dass der Heizkessel nicht abkühlen kann).

(3) Wenn der Hersteller für den Erzeugungswirkungsgrad einer Einzelheizung einen nach den vom Minister festgelegten Vorgaben bestimmten Wert vorweisen kann, darf dieser Wert anstelle des oben aufgeführten Standardwertes verwendet werden.

(4) Abweichungen von den oben stehenden Kategorien müssen nach Antrag auf Anwendung des Äquivalenzprinzips oder ggf. gemäß den vom Minister festgelegten Vorgaben berechnet werden. Ersatzweise kann auch der Standardwert 0,73 verwendet werden.

Die Symbole in der Tabelle sind wie folgt definiert:

$f_{NCV/GCV}$	Multiplikationsfaktor für das Verhältnis von Heizwert zu Brennwert des verwendeten Brennstoffs gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage
$\eta_{30\ \%}$	Wirkungsgrad bei 30 % Teillast. Bei Warmlufterzeugern, deren Wirkungsgrad bei 30 % Teillast nicht gemessen werden kann, darf der Wert bei Vollast verwendet werden.
$\theta_{30\ \%}$	Kesseleingangstemperatur, bei der der Wirkungsgrad bei 30 % Teillast bestimmt wurde, in °C
$\theta_{ave,boiler}$	Anwendbare saisonale Durchschnittstemperatur des Kesselwassers in °C, wie nachstehend bestimmt
$\varepsilon_{cogen,th}$	Thermischer Wirkungsgrad der KWK-Anlage wie in Anlage A.2 Abschnitt A.2 des vorliegenden Erlasses bestimmt
$\eta_{heat,dh}$	Wirkungsgrad einer externen Wärmelieferung, zu bestimmen gemäß den vom Minister festgelegten Vorgaben

Bei Brennwertkesseln wird die saisonale Durchschnittstemperatur des Kesselwassers wie folgt bestimmt:

Gl. 95 $\theta_{ave,boiler} = 6,4 + 0,63 \cdot \theta_{return,design}$ (°C)

Dabei ist:

$\theta_{ave,boiler}$	die saisonale Durchschnittstemperatur des Kesselwassers in °C
$\theta_{return,design}$	die Auslegungs-Rücklauftemperatur des Wärmeabgabesystems in °C

Der Standardwert für die Auslegungs-Rücklauftemperatur beträgt 45 °C bei Flächenheizungen (Fußboden-, Wand- oder Deckenheizung) und 70 °C bei allen anderen Wärmeabgabesystemen. Wenn in einer Energiezone beide Arten von Systemen vorkommen, wird das System mit der höheren Auslegungs-Rücklauftemperatur berücksichtigt.[9]

[8] Unabhängig davon, ob die Kesseltemperatur konstant bleibt oder trotzdem auf eine niedrigere Temperatur (aber nicht auf Raumtemperatur) absinken kann.

[9] Es ist jederzeit möglich, eine Energiezone in mehrere kleinere Energiezonen zu unterteilen und für jede Energiezone das entsprechende Wärmeabgabesystem zu berücksichtigen.

Bessere Werte können verwendet werden, wenn sie den vom Minister festgelegten Vorgaben entsprechen oder ggf. auf Antrag auf Anwendung des Äquivalenzprinzip.

Der Erzeugungswirkungsgrad eines so genannten „Combilus-Systems" wird gemäß den vom Minister festgelegten Zusatzspezifikationen bestimmt.

10.2.3.3 Erzeugungswirkungsgrad elektrischer Wärmepumpen

Bei elektrischen Wärmepumpen entspricht der Erzeugungswirkungsgrad der Jahresarbeitszahl (JAZ). Die Jahresarbeitszahl gibt das Verhältnis der von der Wärmepumpe im Laufe der Heizperiode gelieferten Wärme zu der zu diesem Zweck erforderlichen Energie an. Die Jahresarbeitszahl hängt von der durchschnittlichen Temperatur des Verdampfers und der durchschnittlichen Temperatur des Kondensators im betreffenden Zeitraum und der für die Entnahme der Wärme an der Quelle und das Abtauen des Verdampfers benötigten Energie in diesem Zeitraum ab. Die Jahresarbeitszahl schwankt entsprechend der von der Wärmepumpe genutzten Wärmequelle:

- Erdwärme: Die Wärmepumpe pumpt ein Wärmeträgerfluid (im Allgemeinen eine Frostschutzlösung, z. B. ein Wasser-Glykol-Gemisch) über einen vertikal oder horizontal im Erdreich eingelassenen Wärmetauscher. Die dem Boden mit Hilfe dieses Wärmeträgerfluids entzogene Wärme wird an den Verdampfer geleitet. Als Alternativlösung kann das Kältemittel der Wärmepumpe direkt in erdverlegten Leitungen zirkulieren und dort verdampfen.
- Grundwasser: Das Grundwasser wird hochgepumpt, gibt seine Wärme an den Verdampfer ab und wird dann wieder in den Boden zurückgeleitet.
- Außenluft: Die Außenluft wird mit Hilfe eines Ventilators zum Verdampfer geführt und gibt dort ihre Wärme ab.
- Abluft: Die Abluft des Lüftungssystems wird zum Verdampfer geleitet und gibt dort ihre Wärme ab.

Der Minister kann zusätzliche und/oder abweichende Spezifikationen für die Berechnung von COP_{test} und JAZ festlegen.

Hinweis:

Im vorliegenden Text sind unter Wärmepumpen aktive Maschinen zu verstehen, die Wärme von einer Wärmequelle mit niedriger Temperatur aufnehmen und diese Wärme mit einer höheren Temperatur zur Raumheizung, Luftbefeuchtung oder Warmwasserbereitung abgeben. Für eine solche Temperaturerhöhung muss natürlich (eine geringe Menge) verwertbare Energie zugeführt werden.

Bei bestimmten Lüftungssystemen ist es auch möglich, die Wärme der Abluft mit Hilfe passiver Wärmetauscher auf die (kältere) Frischluft zu übertragen. Die Übertragung der Wärme erfolgt in diesem Fall auf ganz natürliche Weise von der höheren zur niedrigeren Temperatur ohne zusätzliche Energiezufuhr (abgesehen von einer kleinen Menge an zusätzlicher Hilfsenergie, zum Beispiel für den geringen zusätzlichen Verbrauch der Ventilatoren zur Überwindung des zusätzlichen Druckverlusts des Wärmetauschers). Geräte dieser Art gibt es in verschiedenen Ausführungen (zum Beispiel Plattenwärmetauscher mit Gegenstrom und Kreuzstrom, Rotationswärmetauscher, Rohrbündelwärmeübertrager, Rückgewinnungssysteme etc.). Sie werden hier mit dem Oberbegriff Wärmerückgewinnungsgeräte bezeichnet. Die Bewertung der Energieeffizienz von Wärmerückgewinnungsgeräten erfolgt bei der Behandlung der Lüftungsverluste in Punkt 7.4.

Werden Wärmepumpen in der Lüftungsanlage eingesetzt, werden sie häufig mit Wärmerückgewinnungsgeräten kombiniert, da dies aus energetischer Sicht normalerweise attraktiver ist. Um eine doppelte Berücksichtigung zu vermeiden, bezieht sich der Leistungsfaktor der Wärmepumpe im vorliegenden Kapitel nur auf die Wärmepumpe im eigentlichen Sinn ohne Einbeziehung der Wirkung des Wärmerückgewinnungsgeräts, da diese bei der Berechnung im Kapitel Lüftung explizit berücksichtigt wird. Durch die Kombination der Bewertung der Wärmepumpe im engeren Sinn im Rahmen des vorliegenden Kapitels und der Bewertung des Wärmerückgewinnungsgeräts im Kapitel Lüftung ergibt sich bei der Bestimmung des charakteristischen Energieverbrauchs eine korrekte Bewertung des kombinierten Systems insgesamt.

Als Standardwert für $\eta_{gen,heat}$ für Wärmepumpen mit Luft als Wärmequelle und Wärmeträger wird 1,25 festgelegt. Für alle anderen Wärmepumpenarten wird als Standardwert für $\eta_{gen,heat}$ 2,00 festgelegt. Der Erzeugungswirkungsgrad kann mit der unten stehenden Methode auch detailliert bestimmt werden.

In diesem Fall entspricht der Erzeugungswirkungsgrad der Wärmepumpen der Jahresarbeitszahl (JAZ):

Gl. 96 $\eta_{gen,heat} = SPF$ (-)

Dabei ist:

Gl. 97 $SPF = f_{\theta,heat} \cdot f_{\Delta\theta} \cdot f_{pumps} \cdot f_{AHU} \cdot COP_{test}$ (-)

Dabei ist:

$f_{\theta,heat}$ ein Korrekturfaktor für die Differenz zwischen der Auslegungs-Vorlauftemperatur des Wärmeabgabesystems (oder ggf. Wärmespeichersystems) und der Ausgangstemperatur des Kondensators bei der Prüfung gemäß NBN EN 14511 bei Wasser als Wärmeübertragungsmedium

$f_{\Delta\theta}$ ein Korrekturfaktor für die Temperaturdifferenz zwischen dem Wärmeabgabesystem unter Auslegungsbedingungen (oder ggf. dem Wärmespeichersystem) und dem durch den Kondensator fließenden Wasser unter Prüfbedingungen gemäß NBN EN 14511 bei Wasser als Wärmeübertragungsmedium

f_{pumps} ein Korrekturfaktor für den Energieverbrauch einer Pumpe im Kreis zum Verdampfer

f_{AHU} ein Korrekturfaktor für die Differenz zwischen dem Auslegungs-Luftvolumenstrom und dem Luftvolumenstrom bei der Prüfung gemäß NBN EN 14511; f_{AHU} ist nur bei an die Lüftung angeschlossenen Wärmepumpen relevant.

COP_{test} die Leistungszahl (coefficient of performance) der Wärmepumpe gemäß NBN EN 14511 unter den in

Tabelle [12] beschriebenen Prüfbedingungen:

Tabelle [12]: Prüfbedingungen für die Bestimmung von COP_{test}

Wärmequelle	**Wärmeabgabe**	**Prüfbedingungen**
Gemäß Tabelle 3 der Norm NBN EN 14511-2		
Außenluft, eventuell in Kombination mit Fortluft	Umluft, eventuell in Kombination mit Außenluft	A2/A20
Außenluft, eventuell in Kombination mit Fortluft	Nur Außenluft, ohne Verwendung eines Wärmerückgewinnungsgeräts	A2/A2
Nur Außenluft	Nur Außenluft, mit Verwendung eines Wärmerückgewinnungsgeräts	A2/A20
Nur Fortluft, ohne Verwendung eines Wärmerückgewinnungsgeräts	Umluft, eventuell in Kombination mit Außenluft	A20/A20
Nur Fortluft, ohne Verwendung eines Wärmerückgewinnungsgeräts	Nur Außenluft, ohne Verwendung eines Wärmerückgewinnungsgeräts	A20/A2
Nur Fortluft, mit Verwendung eines Wärmerückgewinnungsgeräts	Umluft, eventuell in Kombination mit Außenluft	A2/A20
Gemäß Tabelle 5 der Norm NBN EN 14511-2		
Erdreich über Wasserkreis	Umluft, eventuell in Kombination mit Außenluft	B0/A20
Erdreich über Wasserkreis	Nur Außenluft, ohne Verwendung eines Wärmerückgewinnungsgeräts	B0/A2
Erdreich über Wasserkreis	Nur Außenluft, mit Verwendung eines Wärmerückgewinnungsgeräts	B0/A20
Erdreich über Grundwasser	Umluft, eventuell in Kombination mit Außenluft	W10/A20
Erdreich über Grundwasser	Nur Außenluft, ohne Verwendung eines Wärmerückgewinnungsgeräts	W10/A2
Erdreich über Grundwasser	Nur Außenluft, mit Verwendung eines Wärmerückgewinnungsgeräts	W10/A20

Gemäß Tabelle 7 der Norm NBN EN 14511-2		
Erdreich über Wasserkreis	Wasser	B0/W35
Erdreich über Grundwasser	Wasser	W10/W35
Gemäß Tabelle 12 der Norm NBN EN 14511-2		
Nur Außenluft, eventuell in Kombination mit Fortluft, ohne Verwendung eines Wärmerückgewinnungsgeräts	Wasser	A2/W35
Nur Fortluft, ohne Verwendung eines Wärmerückgewinnungsgeräts	Wasser	A20/W35
Dabei ist: A Luft als Medium (air). Die folgende Zahl ist die Eingangstemperatur bei trockener Thermometerkugel in °C. B Zwischengeschalteter Wärmeträger mit niedrigerem Gefrierpunkt als Wasser (Sole). Die folgende Zahl ist die Eingangstemperatur des Verdampfers in °C. W Wasser als Medium (water). Die folgende Zahl ist die Eingangstemperatur des Verdampfers oder die Ausgangstemperatur des Kondensators in °C.		

Hinweis: Manche Prüfbedingungen entsprechen den „standard rating conditions" der Norm NBN EN 14511-2. Andere entsprechen den „application rating conditions". Die meisten Prüfbedingungen für die direkte Erwärmung der Außenluft wurden ergänzt: Diese speziellen Kombinationen oder Temperaturbedingungen tauchen so in der Norm nicht auf.

Korrekturfaktor $f_{\theta,heat}$

- Luft als Wärmeträger: $f_{\theta,heat}=1$
- Wasser als Wärmeträger:

Gl. 98 $$f_{\theta,heat} = 1 + 0,01 \cdot (43 - \theta_{supply,\ design}) \quad (-)$$

Dabei ist:

$\theta_{supply,design}$ die Vorlauftemperatur des Wärmeabgabesystems in °C bei Auslegungsbedingungen. Hier müssen nicht nur das Wärmeabgabesystem, sondern auch die Abmessungen eines eventuellen Pufferspeichers (maximale Speichertemperatur) berücksichtigt werden. Als Standardwert kann für Flächenheizungssysteme (Fußboden-, Wand- und Deckenheizung) $\theta_{supply,design}$ = 55 °C und für alle anderen Wärmeabgabesysteme $\theta_{supply,design}$ = 90 °C verwendet werden.

Wenn in einer Energiezone beide Systemarten vorkommen, wird das System mit der höheren Vorlauftemperatur berücksichtigt.[10]

[10] Es ist jederzeit möglich, eine Energiezone in mehrere kleinere Energiezonen zu unterteilen und für jede Energiezone das entsprechende Wärmeabgabesystem zu berücksichtigen.

Bessere Werte können verwendet werden, wenn sie den vom Minister festgelegten Vorgaben entsprechen oder ggf. auf Antrag auf Anwendung des Äquivalenzprinzip.

Korrekturfaktor $f_{\Delta\theta}$

- Luft als Wärmeträger: $f_{\Delta\theta} = 1$
- Wasser als Wärmeträger:

Gl. 99 $$f_{\Delta\theta} = 1 + 0{,}01 \cdot \left(\Delta\theta_{design} - \Delta\theta_{test}\right) \quad (-)$$

Dabei ist:

$\Delta\theta_{design}$ der Temperaturunterschied in °C zwischen Vorlauf und Rücklauf des Wärmeabgabesystems (oder gegebenenfalls des Wärmespeichersystems) unter Auslegungsbedingungen und $\boldsymbol{\Delta\theta}_{test}$ der Temperaturanstieg des durch den Kondensator fließenden Wassers in °C. Bei den Prüfungen gemäß der Norm NBN EN 14511 kann $f_{\Delta\theta} = 0{,}93$ als Standardwert verwendet werden.

Korrekturfaktor f_{pumps}

- Keine Pumpe für die Zuleitung der Wärme zum Verdampfer: $f_{pumps} = 1$ (Luft als Wärmequelle oder Direktverdampfung im Boden)
- Elektrische Leistung der Pumpe nicht bekannt: $f_{pumps} = 5/6$
- Elektrische Leistung der Pumpe (P_{pumps} in kW) bekannt:

Gl. 100 $$f_{pumps} = \frac{1}{1 + P_{pumps}/P_{HP}} \quad (-)$$

Dabei ist:

P_{HP} die elektrische Leistung (in kW) der Wärmepumpe gemäß der Norm NBN EN 14511 unter denselben Prüfbedingungen wie für die Bestimmung von COP_{test}

Korrekturfaktor f_{AHU}

Dieser Faktor ist nur relevant, wenn die Zuluft und/oder Abluft des Lüftungssystems genutzt wird.

- Abluft als einzige Wärmequelle (ohne vorheriges Mischen mit der Außenluft), Zuluft als einziger Wärmeträger (ohne Rückführung der Raumluft)

Gl. 101 $$f_{AHU} = \frac{0{,}51 + 0{,}7 \min\left(\dot{V}_{supply}; \dot{V}_{extr}\right)/\dot{V}_{max}}{0{,}51 + 0{,}7\ \dot{V}_{test}/\dot{V}_{max}} \quad (-)$$

Als Standardwert kann verwendet werden: $f_{AHU} = 0{,}51$

- Abluft als einzige Wärmequelle (ohne vorheriges Mischen mit der Außenluft), wobei die Wärme nicht nur an die Zuluft abgegeben wird:

Gl. 102 $$f_{AHU} = \frac{0{,}75 + 0{,}35\ \dot{V}_{extr}/\dot{V}_{max}}{0{,}75 + 0{,}35\ \dot{V}_{test}/\dot{V}_{max}} \quad (-)$$

Als Standardwert kann verwendet werden: $f_{AHU} = 0{,}75$

- Zuluft als einziger Wärmeträger (ohne Rückführung der Raumluft), wobei die Abluft nicht die einzige Wärmequelle ist:

Gl. 103 $$f_{AHU} = \frac{0,75 + 0,35\ \dot{V}_{supply}/\dot{V}_{max}}{0,75 + 0,35\ \dot{V}_{test}/\dot{V}_{max}}$$ (-)

Als Standardwert kann verwendet werden: $f_{AHU} = 0,75$

- In allen anderen Fällen: $f_{AHU} = 1$

Dabei ist:

$\dot{V}_{max}$	der maximale Luftvolumenstrom in der Anlage in m^3/h gemäß Herstellerangaben. Wenn der Hersteller eine Spanne angibt, wird der größte Wert verwendet.
$\dot{V}_{test}$	der Luftvolumenstrom in der Anlage in m^3/h bei der Prüfung gemäß NBN EN 14511
$\dot{V}_{extr}$	der Auslegungs-Abluftvolumenstrom in der Anlage in m^3/h
$\dot{V}_{supply}$	der Auslegungs-Zuluftvolumenstrom in der Anlage in m^3/h

10.3 Monatlicher Endenergieverbrauch für Warmwasserbereitung

10.3.1 Prinzip

Die für die Warmwasserbereitung erforderliche Energie kann von einem einzigen Erzeuger oder einer Kombination parallel geschalteter Geräte geliefert werden. Eventuell kann man für die verschiedenen Entnahmestellen im Bad und in der Küche verschiedene Erzeuger (oder eine Kombination von Geräten) verwenden. Um den Fall mehrerer parallel geschalteter Geräte zu behandeln, wird genau wie für die Heizung das Prinzip des vorrangig angeschlossenen und des/der zusätzlich angeschlossenen Geräts/Geräte eingeführt. Liegt keine Parallelschaltung mehrerer Geräte vor (Regelfall), ergibt sich ein Hauptanteil, der 100 % ausmacht. Die nachstehenden Formeln geben ergeben also den Verbrauch null für den Nebenwärmeerzeuger.

Dieses Prinzip gilt auch für Wärmepumpen mit integrierter elektrischer Widerstandsheizung, bei denen die Wärmepumpe und die elektrische Widerstandsheizung als parallel geschaltete Erzeuger betrieben werden können.

Ausnahme: Wenn die Produktionseffizienz einer Wärmepumpe mit integrierter elektrischer Widerstand bestimmt wird gemäß § 10.3.3.4.1 und der elektrische Widerstand wurde während des Tests aktiviert nach der europäischen Verordnung betrifft, ist das Gerät ein einziger Generator betrachtet. Wenn die Effizienz der Produktion einer Wärmepumpe mit integrierter elektrischer Widerstand bestimmt wird gemäß § 10.3.3.4.1 und dem elektrischen Widerstand während des Tests nicht nach der europäischen Verordnung betroffenen aktiviert wurde, diese Ausnahme tut nicht der Vorzugs / nichtpräferenzielle gelten Formalismus erhalten ist und die Herstellungseffizienz des integrierten elektrischen Widerstand gemäß § 10.3.3.4.2 bestimmt.

10.3.2 Berechnungsregel

Der monatliche Endenergieverbrauch für Warmwasserbereitung ergibt sich wie folgt:

Gl. 104 $$Q_{water,bath\ i,final,m,pref} = \frac{f_{water,bath\ i,m,pref} \cdot (1 - f_{as,water,bath\ i,m}) \cdot Q_{water,bath\ i,gross,m}}{\eta_{gen,water,bath\ i,m,pref} \cdot \eta_{stock,water,bath\ i,m,pref}} \quad (MJ)$$

Gl. 300 $$Q_{water,bath\ i,final,m,npref} = \sum_k \frac{f_{water,bath\ i,m,npref\ k} \cdot (1 - f_{as,water,bath\ i,m}) \cdot Q_{water,bath\ i,gross,m}}{\eta_{gen,water,bath\ i,m,npref\ k} \cdot \eta_{stor,water,bath\ i,m,npref\ k}} \quad (MJ)$$

Gl. 106 $$Q_{water,sink\ i,final,m,pref} = \frac{f_{water,sink\ i,m,pref} \cdot (1 - f_{as,water,sink\ i,m}) \cdot Q_{water,sink\ i,gross,m}}{\eta_{gen,water,sink\ i,m,pref} \cdot \eta_{stock,water,sink\ i,m,pref}} \quad (MJ)$$

Gl. 301 $$Q_{water,sink\ i,final,m,npref} = \sum_k \frac{f_{water,sink\ i,m,npref\ k} \cdot (1 - f_{as,water,sink\ i,m}) \cdot Q_{water,sink\ i,gross,m}}{\eta_{gen,water,sink\ i,m,npref\ k} \cdot \eta_{stor,water,sink\ i,m,npref\ k}} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$f_{water,m,pref}$ der monatliche Anteil des/der Hauptwärmeerzeuger(s) an der Gesamtwärmelieferung für Warmwasserbereitung, mit dem Index „bath i" bzw. „sink i" (-):

- Wenn es nur einen Wärmeerzeuger gibt, gilt: $f_{water,m,pref} = 1$
- Arbeiten mehrere Wärmeerzeuger, die auch die Heizung versorgen, versorgen, parallel, so ist der Wert je nachdem der

Tabelle [34], Tabelle [10] oder **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** zu entnehmen.

- Sind mehrere Wärmeerzeuger, die ausschließlich die Brauchwarmwasserbereitung bedienen, parallel geschaltet, so ist der Wert

Tabelle [36] zu entnehmen.

$f_{water,m,npref\ k}$ der monatliche Anteil an der Gesamtwärmelieferung für die Brauchwarmwasserbereitung des/der Nebenwärmeerzeuger(s) k mit der Kenngröße 'bath i' oder 'sink i' entsprechend der Situation (-):

- Gibt es nur ein Gerät, so gilt:

Gl. 302 $f_{water,m,npref\ k} = 1 - f_{water,m,pref}$ (-)

- Sind mehrere Wärmeerzeuger, die auch die Heizung bedienen, parallel geschaltet, so wird der Wert $f_{water,m,npref\ k}$ gemäß § 10.2.2 ermittelt.

- Sind mehrere Wärmeerzeuger, die ausschließlich die Brauchwarmwasserbereitung versorgen, parallel geschaltet, so wird der Wert $f_{water,m,npref\ k}$ wie nachstehend erläutert ermittelt.

$f_{as,m}$ der Anteil am Gesamtwärmebedarf, der mit dem Solarthermiesystem abgedeckt wird, bestimmt gemäß Punkt 10.4, jeweils mit dem Index „water,bath i" bzw. „water, sink i" für die Warmwasserbereitung für Dusche/Badewanne bzw. Küchenspüle

$Q_{water,bath\ i,gross,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Warmwasserbereitung für eine Dusche oder Badewanne i, bestimmt gemäß Punkt 9.3.1

$Q_{water,sink\ i,gross,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf für Warmwasserbereitung für eine Küchenspüle i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 9.3.1

$\eta_{gen,water,bath\ i,m,pref}$ der monatliche Erzeugungswirkungsgrad der/des Hauptwärmeerzeuger/s für Warmwasserbereitung für eine Dusche oder Badewanne i, bestimmt gemäß Punkt 10.3.3 (-)

$\eta_{gen,water,bath\ i,m,n\ pref}$ der monatliche Erzeugungswirkungsgrad der/des Nebenwärmeerzeuger/s für Warmwasserbereitung für eine Dusche oder Badewanne i, bestimmt gemäß Punkt 10.3.3 (-)

$\eta_{gen,water,sink\ i,m,pref}$ der monatliche Erzeugungswirkungsgrad der/des Hauptwärmeerzeuger/s für Warmwasserbereitung für eine Küchenspüle i, bestimmt gemäß Punkt 10.3.3 (-)

$\eta_{gen,water,sink\ i,m,n\ pref}$ der monatliche Erzeugungswirkungsgrad der/des Nebenwärmeerzeuger/s für Warmwasserbereitung für eine Küchenspüle i, bestimmt gemäß Punkt 10.3.3 (-)

$\eta_{stock,water,bath\ i,m,pref}$ und $\eta_{stock,water,bath\ i,m,npref}$ der monatliche Speicherwirkungsgrad des Warmwasserspeichers für die angeschlossene Dusche oder Badewanne i mit dem Index „pref" bzw. „npref" für Haupt- oder Nebenwärmeerzeuger, bestimmt gemäß Punkt 10.3.3 (-)

$\eta_{stock,water,sink\ i,m,pref}$ und $\eta_{stock,water,sink\ i,m,npref}$ der monatliche Speicherwirkungsgrad des Warmwasserspeichers für die angeschlossene Küchenspüle i mit dem Index „pref" bzw. „npref" für Haupt- oder Nebenwärmeerzeuger, bestimmt gemäß Punkt 10.3.3 (-)

Wenn der Warmwasserspeicher an einen oder mehrere Hauptwärmeerzeuger und Nebenwärmeerzeuger angeschlossen ist (was oft der Fall ist), gilt mit dem Index „bath i" bzw. „sink i":

Gl. 255 $\eta_{stock,water,m,pref} = \eta_{stock,water,m,npref}$ (-)

Die in

Tabelle [36] angegebenen Werte für $f_{water,m,pref}$ werden in Abhängigkeit der Hilfsvariablen x_m ausgedrückt, welche gemäß § 7.3.1 des EEN Anhangs des vorlegenden Erlasses ermittelt wird.

Tabelle [36]: Monatlicher Anteil an der Gesamtwärme, $f_{heat,m,pref}$, den der/die Haupterzeuger für die Brauchwarmwasserbereitung liefern

Hilfsvariable x_m	Monatlicher Anteil
$x_m = 0$	1,00
$x_m = 0,05$	1,00
$x_m = 0,15$	0,99
$x_m = 0,25$	0,98
$x_m = 0,35$	0,96
$x_m = 0,45$	0,93
$x_m = 0,55$	0,93
$x_m = 0,65$	0,90
$x_m = 0,75$	0,69
$x_m = 0,85$	0,56
$x_m = 0,95$	0,51
$x_m = 1,0$	0,48
$1,0 < x_m$	$0,4765.x_m^{-0,998}$

Sollten mehrere Nebenwärmeerzeuger mit unterschiedlichen Wirkungsgraden gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** in Betrieb sein (und/oder verschiedene Energieträger nutzen), die ausschließlich die Brauchwarmwasserbereitung bedienen, so werden die monatlichen Anteile des/der Nebenerzeuger(s) k an der Brauchwarmwasserbereitung wie folgt ermittelt:

Gl. 303 $$f_{water,m,npref,k} = (1-f_{water,m,pref}) . \frac{P_{gen,water,npref,k}}{\sum_k P_{gen,water,npref,k}} \quad (-)$$

Dabei ist:

$f_{water,m,npref\ k}$ der monatliche Anteil an der Gesamtwärme, den der/die Nebenwärmeerzeuger k liefern (-)

$f_{water,m,pref}$ der monatliche Anteil an der Gesamtwärme, den der/die Hauptwärmeerzeuger für die Brauchwarmwasserbereitung liefern (-)

$P_{gen,water,npref\ k}$ die Gesamtnennleistung des/der Nebenwärmeerzeuger(s) k für die Brauchwarmwasserbereitung in kW.

Die Werte aller Nebenwärmeerzeuger k sind zu addieren.

ANMERKUNG 1 Nennleistung der Heizkessel ist die in den europäischen Richtlinien für Heizkessel ausgewiesene Nennleistung

ANMERKUNG 2 Die thermische Leistung der Wärmepumpen wird gemäß der Norm NBN EN 14511 unter den Testbedingungen ermittelt, die in § 10.2.3.3 dargelegt sind.

ANMERKUNG 3 Die thermische Leistung einer gebäudegebundene Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung wird entsprechend des Verfahrens für Gasanlagen ermittelt.

10.3.3 Erzeugungs- und Speicherungswirkungsgrad für Brauchwarmwasser

10.3.3.1 Prinzip

Der Erzeugungswirkungsgrad und der Speicherwirkungsgrad der Warmwasserbereitung werden nach Möglichkeit mit Hilfe der Produktdaten bestimmt, die in der Europäischen Union harmonisiert angegeben werden.

Zu diesem Zweck wird im vorliegenden Text auf zwei Europäische Richtlinien verwiesen:

- EU-Richtlinie 2009/125/EG vom 21. Oktober 2009, die so genannte Ökodesign-Richtlinie, zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte
- Richtlinie 2010/30/EU vom 19. Mai 2010 über die Angabe des Verbrauchs an Energie und anderen Ressourcen durch energieverbrauchsrelevante Produkte mittels einheitlicher Etiketten und Produktinformationen

und insbesondere auf die Delegierten Verordnungen, die diese Richtlinien ergänzen:

- Verordnung (EU) Nr. 811/2013 der Kommission vom 18. Februar 2013 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Energiekennzeichnung von Raumheizgeräten, Kombiheizgeräten, Verbundanlagen aus Raumheizgeräten, Temperaturreglern und Solareinrichtungen sowie von Verbundanlagen aus Kombiheizgeräten, Temperaturreglern und Solareinrichtungen
- Verordnung (EU) Nr. 812/2013 der Kommission vom 18. Februar 2013 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Energieeffizienzkennzeichnung von Warmwasserbereitern, Warmwasserspeichern und Verbundanlagen aus Warmwasserbereitern und Solareinrichtungen
- Verordnung (EU) Nr. 813/2013 der Kommission vom 2. August 2013 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Raumheizgeräten und Kombiheizgeräten
- Verordnung (EU) Nr. 814/2013 der Kommission vom 2. August 2013 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Warmwasserbereitern und Warmwasserspeichern

Der Stromverbrauch durch Hilfsaggregate für die Warmwasserbereitung wurde ggf. beim Erzeugungswirkungsgrad eingerechnet.

10.3.3.2 Einteilung von Warmwasserbereitungssystemen

Warmwasserbereitungssysteme können in unterschiedliche Kategorien eingeteilt werden:

- Systeme, für welche die Verordnung (EU) Nr. 811/2013 gilt, d. h. Wärmeerzeugungssysteme für Heizung und Warmwasserbereitung mit einer Nennleistung bis max. 70 kW, außer den in der Verordnung genannten Ausnahmen
- Systeme, für welche die Verordnung (EU) Nr. 813/2013 gilt, d. h. Wärmeerzeugungssysteme für Heizung und Warmwasserbereitung mit einer Nennleistung bis max. 400 kW, außer den in der Verordnung genannten Ausnahmen
- Systeme, für welche die Verordnung (EU) Nr. 812/2013 gilt, d. h. Systeme, die ausschließlich der Warmwasserbereitung dienen, mit einer Nennleistung bis max. 70 kW und eventuell einem Speicher mit max. 500 Litern, außer den in der Verordnung genannten Ausnahmen

- Systeme, für welche die Verordnung (EU) Nr. 814/2013 gilt, d. h. Systeme, die ausschließlich der Warmwasserbereitung dienen, mit einer Nennleistung bis max. 400 kW und eventuell einem Speicher mit max. 2000 Litern, außer den in der Verordnung genannten Ausnahmen
- Systeme, für die keine der o. g. Verordnungen gilt. Dazu gehören insbesondere Wärmeerzeuger speziell für gasförmige oder flüssige Brennstoffe, die aus Biomasse gewonnen wurden, oder feste Brennstoffe (z. B. Pellets oder Kohle) sowie KWK-Anlagen mit einer elektrischen Spitzenleistung von mindestens 50 kW.

10.3.3.3 Für die Berechnung des Erzeugungswirkungsgrads und des Speicherwirkungsgrads von Warmwasser erforderliche Daten

Kursiv und unterstrichen gedruckte Begriffe werden in der anzuwendenden Verordnung definiert (Kursivdruck und Unterstreichung jeweils nur bei der ersten Nennung).

Als Klimaverhältnisse sind die *durchschnittlichen Klimaverhältnisse* zu berücksichtigen, die in den genannten Verordnungen definiert sind.

10.3.3.3.1 Systeme, für welche die Verordnung (EU) Nr. 811/2013 oder die Verordnung (EU) Nr. 812/2013 gilt

Für die Systeme, für welche die Verordnung (EU) Nr. 811/2013 oder die Verordnung (EU) Nr. 812/2013 gilt, sind folgende Eingangsdaten für die Berechnung des Erzeugungswirkungsgrads und des Speicherwirkungsgrads zu verwenden, die in der Verordnung (EU) Nr. 811/2013 und in der Verordnung (EU) Nr. 812/2013 definiert werden:

- *Warmwasserbereitungs-Energieeffizienz* η_{wh} in % bzw. ersatzweise *Energieeffizienzklasse der Warmwasserbereitung*
- *Angegebenes Lastprofil*
- Ggf. *Warmhalteverluste* (eines *Warmwasserspeichers*) S in W

Diese Daten können aus folgenden Quellen stammen:

- einem Etikett im Sinne von Anhang III der geltenden Verordnung
- einem Produktdatenblatt im Sinne von Anhang IV der geltenden Verordnung
- den technischen Unterlagen im Sinne von Anhang V der geltenden Verordnung
- den in den in Anhang VI der geltenden Verordnung genannten Fällen bereitzustellenden Informationen

Bei *solarbetriebenen Warmwasserspeichern* entspricht die Energieeffizienz (bzw. ggf. die Energieeffizienzklasse) der *Warmwasserbereitungs-Energieeffizienz des Warmwasserbereiters* $\eta_{wh,nonsol}$ laut Definition in Anhang VIII der geltenden Verordnung, wobei die Leistung des Sonnenkollektors gemäß Punkt 10.4 bewertet wird. Falls $\eta_{wh,nonsol}$ allerdings nicht verfügbar ist, wird der solarbetriebene Warmwasserbereiter gemäß Punkt 10.3.3.3.3 und 10.3.3.4.2 bewertet, auch wenn für ihn eine der genannten Verordnungen gilt.

Für *Kombiheizgeräte* mit *Solareinrichtung* entspricht die zu berücksichtigende Energieeffizienz (bzw. ggf. die Energieeffizienzklasse) der Energieeffizienz für die Warmwasserbereitung alleine ohne Berücksichtigung der Solareinrichtung, deren Leistung gemäß Punkt 10.4 bewertet wird.

Falls die Warmwasserbereitungs-Energieeffizienz η_{wh} nicht bekannt ist, die Energieeffizienzklasse jedoch bekannt ist, kann die Energieeffizienz η_{wh} als Mindestenergieeffizienz für das entsprechende angegebene Lastprofil berücksichtigt werden, das in der Verordnung (EU) Nr. 811/2013 und in der Verordnung (EU) Nr. 812/2013 definiert und in Tabelle [30] angegeben wird.

Tabelle [30]: Mindestenergieeffizienz η_{wh} in % der Warmwasserbereitungs-Energieeffizienzklassen entsprechend dem angegebenen Lastprofil gemäß Verordnung (EU) Nr. 811/2013 und Verordnung (EU) Nr. 812/2013

		Angegebenes Lastprofil							
		3XS	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL
Energieeffizienzklasse	A^{+++}	62	62	69	90	163	188	200	213
	A^{++}	53	53	61	72	130	150	160	170
	A^{+}	44	44	53	55	100	115	123	131
	A	35	35	38	38	65	75	80	85
	B	32	32	35	35	45	50	55	60
	C	29	29	32	32	36	37	38	40
	D	26	26	29	29	33	34	35	36
	E	22	23	26	26	30	30	30	32
	F	19	20	23	23	27	27	27	28

Anmerkung 1 Nach der Verordnung (EU) Nr. 813/2013 und der Verordnung (EU) Nr. 814/2014 ist das Inverkehrbringen von Warmwasserbereitern mit einer Energieeffizienz unter der Mindestenergieeffizienzklasse E seit 26. September 2015 nicht mehr erlaubt (außer in den in der Verordnung (EU) Nr. 814/2013 genannten Ausnahmefällen).

Anmerkung 2 Die Verordnung (EU) Nr. 811/2013 und die Verordnung (EU) Nr. 812/2013 sehen eine Klasse G für Systeme vor, deren Energieeffizienz unter der Mindestenergieeffizienzklasse F liegt. In Anbetracht von Anmerkung 1 und angesichts des unten erläuterten Standardwerts wird diese Klasse in Tabelle [30] nicht berücksichtigt.

Wenn weder die Warmwasserbereitungs-Energieeffizienz noch die Energieeffizienzklasse bekannt sind oder wenn das angegebene Lastprofil nicht bekannt ist, wird der Standardwert η_{wh} = 22 % verwendet.

10.3.3.3.2 Systeme, für welche die Verordnung (EU) Nr. 813/2013 oder die Verordnung (EU) Nr. 814/2013 gilt

Dies betrifft Systeme, für welche die Verordnung (EU) Nr. 813/2013 oder die Verordnung (EU) Nr. 814/2013 gilt, nicht jedoch die Verordnung (EU) Nr. 811/2013 und die Verordnung (EU) Nr. 812/2013, also Systeme mit einer Nennleistung zwischen 70 kW und 400 kW oder Systeme mit einer Speicherkapazität von 500 l bis 2000 l. Für diese Systeme sind folgende Eingangsdaten für die Berechnung des Erzeugungswirkungsgrads und des Speicherwirkungsgrads zu verwenden, die in der Verordnung (EU) Nr. 813/2013 und in der Verordnung (EU) Nr. 814/2013 definiert werden:

- Warmwasserbereitungs-Energieeffizienz η_{wh} in %
- Angegebenes Lastprofil
- Ggf. Warmhalteverluste (eines Warmwasserspeichers) S in W

Diese Daten können den technischen Unterlagen oder einer anderen Informationsquelle entnommen werden, die den Anforderungen in Artikel 4 und Anhang II der geltenden Verordnung entsprechen.

Für Kombiheizgeräte mit Solareinrichtung entspricht die zu berücksichtigende Energieeffizienz der Energieeffizienz für die Warmwasserbereitung alleine ohne Berücksichtigung der Solareinrichtung, deren Leistung gemäß Punkt 10.4 bewertet wird.

Wenn Energieeffizienz oder erklärtes Lastprofil nicht bekannt sind, ist der Standardwert η_{wh} = 32 % anzuwenden.

10.3.3.3.3 Systeme, für welche die genannten Verordnungen nicht gelten

Für Systeme, die nicht unter die Verordnung (EU) Nr. 811/2013, die Verordnung (EU) Nr. 812/2013, die Verordnung (EU) Nr. 813/2013 oder die Verordnung (EU) Nr. 814/2013 fallen, sind keine spezifischen Daten erforderlich. Der Erzeugungswirkungsgrad und der Speicherwirkungsgrad werden anhand der allgemeinen Systemkenndaten beurteilt.

10.3.3.4 Berechnungsregeln für den Erzeugungswirkungsgrad und den Speicherwirkungsgrad der Warmwasserbereitung

10.3.3.4.1 Systeme, für welche die genannten Verordnungen gelten

Der Erzeugungswirkungsgrad $\eta_{gen,water}$ und der Speicherwirkungsgrad $\eta_{stock,water}$ eines so genannten „Combilus-Systems" wird gemäß den ergänzenden Spezifikationen des Ministers bestimmt.

Erzeugungswirkungsgrad $\eta_{gen,water}$

Für Warmwasserbereitungsanlagen, die unter die Verordnung (EU) Nr. 811/2013, die Verordnung (EU) Nr. 812/2013, die Verordnung (EU) Nr. 813/2013 oder die Verordnung (EU) Nr. 814/2013 fallen, wird der Erzeugungswirkungsgrad (für den Brennwert) $\eta_{gen,water}$ gemäß Gl. 256 bestimmt.

Gl. 256 Wenn der Energieträger nicht Strom ist:

$$\eta_{gen,water} = (\eta_{wh} / 100) \cdot f_{stock>gen,water} \cdot f_{dim,gen,water}$$

Wenn der Energieträger Strom ist:

$$\eta_{gen,water} = (\eta_{wh} / 100) \cdot CC \cdot f_{stock>gen,water} \cdot f_{dim,gen,water} \quad (-)$$

Dabei ist:

η_{wh}	Warmwasserbereitungs-Energieeffizienz in %, angegeben für den Brennwert, bestimmt wie in Punkt 10.3.3.3.1 oder 10.3.3.3.2 erläutert
CC	Umrechnungskoeffizient (für Strom) wie in den genannten Verordnungen definiert, mit dem Wert 2,50 (-)
$f_{stock>gen,water}$	Korrekturfaktor für die Berücksichtigung des Einflusses der Speicherung auf den Erzeugungswirkungsgrad (-), wie unten angegeben bestimmt
$f_{dim,gen,water}$	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung der Auslegung der Warmwasserbereitungsanlage (-), dieser Faktor ist derzeit konventionell als 1,00 festgelegt

Korrekturfaktor $f_{stock>gen,water}$ und Speicherwirkungsgrad $\eta_{stock,water}$

Wenn keine Speicherung erfolgt (etwa bei einem Durchlauferhitzer) oder wenn die Warmwasserbereitungs-Energieeffizienz in die Speicherung integriert bestimmt wird (etwa bei einem in den Warmwasserbereiter integrierten Warmwasserspeicher), so gilt:

- $f_{stock>gen,water} = 1,00$
- $\eta_{stock,water} = 1,00$

Wenn eine Speicherung erfolgt und wenn die Warmwasserbereitungs-Energieeffizienz ungeachtet des Vorhandenseins der Speicherung bestimmt wird (etwa bei einem getrennten Warmwasserspeicher) oder wenn man nicht weiß, ob die Warmwasserbereitungs-Energieeffizienz in die Speicherung integriert bestimmt wird oder nicht, so gilt:

- $f_{stock>gen,water} = 1,02$
- $\eta_{stock,water,m}$ wird für jeden Monat gemäß folgender Formel bestimmt:

Gl. 257 $$\eta_{stock,water,m} = \frac{Q_{stock,water,gross,m}}{(Q_{stock,water,gross,m} + Q_{loss,stock,water,m})} \quad (-)$$

Dabei ist:

$Q_{stock,water,gross,m}$ Monatlicher Bruttoenergiebedarf für die Warmwasserbereitung insgesamt für sämtliche Entnahmestellen des Warmwasserspeichers in MJ, bestimmt gemäß Gl. 258

$Q_{loss,stock,water,m}$ Monatliche Speicherverluste des Warmwasserspeichers in MJ, bestimmt gemäß Gl. 259

Dabei ist:

Gl. 258 $$Q_{stock,water,gross,m} = \sum_{bath\ j} Q_{water,bath\ j,gross,m} + \sum_{sink\ k} Q_{water,sink\ k,gross,m} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$Q_{water,bath\ i,gross,m}$ Monatlicher Bruttoenergiebedarf für Warmwasserbereitung für eine Dusche oder Badewanne i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 9.3.1

$Q_{water,sink\ i,gross,m}$ Monatlicher Bruttoenergiebedarf für Warmwasserbereitung für eine Küchenspüle i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 9.3.1

Für alle Duschen oder Badewannen j und für alle Küchenspülen k, die an den Warmwasserspeicher angeschlossen sind, ist die Summe zu bilden.

Der monatliche Speicherverlust des Warmwasserspeichers berechnet sich wie folgt:

Gl. 259 $$Q_{loss,stock,water,m} = S.t_m \quad (MJ)$$

Dabei ist:

S Warmhalteverluste des Warmwasserspeichers in W gemäß Definition in Punkt 10.3.3.3 bzw. ggf. ersatzweise gemäß Gl. 260

t_m Länge des betreffenden Monats in Ms gemäß

Tabelle [1]

Wenn die Warmhalteverluste S nicht bekannt sind, ist folgender Standardwert zu verwenden:

Gl. 260 $S = 31 + 16{,}66 \cdot V^{0,4}$ (W)

Dabei ist:

V Fassungsvermögen des Warmwasserspeichers in Liter

Wenn das Fassungsvermögen des Warmwasserspeichers nicht bekannt ist, ist folgender Standardwert zu verwenden: V = 2000 Liter

10.3.3.4.2 Systeme, für welche die genannten Verordnungen nicht gelten

Bei Systemen, für welche die genannten Verordnungen nicht gelten, werden der Erzeugungs- und der Speicherwirkungsgrad nicht getrennt, sondern zusammen ermittelt. Die unten genannten Berechnungswerte gelten sowohl für Warmwasserbereiter, die nur Warmwasser erhitzen, als auch für Geräte, die sowohl für die Raumheizung als auch für die Warmwasserbereitung genutzt werden.

Der Wirkungsgrad $\eta_{gen,water} \cdot \eta_{stock,water}$ eines so genannten „Combilus-Systems" wird gemäß den ergänzenden Spezifikationen des Ministers bestimmt.

Andere Geräte als Brennergeräte

Für andere Geräte als Brennergeräte wird das Produkt von Erzeugungswirkungsgrad $\eta_{gen,water}$ und Speicherwirkungsgrad $\eta_{stock,water}$ in Tabelle [31] angegeben.

Tabelle [31]: Berechnungswerte für ($\eta_{gen,water} \cdot \eta_{stock,water}$) für andere Geräte als Brennergeräte

	Durchlauferhitzer[11]	Mit Wärmespeicherung[12]
Elektrische Widerstandsheizung	0,75	0,70
Elektrische Wärmepumpe	1,45	1,40
Lokale Kraft-Wärme-Kopplung (1)	$\varepsilon_{cogen,th}$	$\varepsilon_{cogen,th}$ - 0,05

[11] Bei Durchlauferhitzern wird nur dann Wärme erzeugt, wenn Warmwasser entnommen wird. Es erfolgt keine Speicherung des Warmwassers in der Anlage. Sobald kein Warmwasser mehr entnommen wird, hört auch die Wärmeerzeugung auf und das gesamte System kühlt auf Raumtemperatur ab (sofern nicht erneut Warmwasser entnommen wird).

[12] Warmwasserbereitungsanlagen mit Wärmespeicher halten eine bestimmte Wärmemenge in einem Speicherbehälter vor, auch wenn kein Warmwasser entnommen wird. Die Wärme kann entweder als Warmwasser an sich oder als Kesselwasser gespeichert werden. In letzterem Fall wird das Warmwasser über einen Wärmetauscher erneut aufgeheizt, wenn Warmwasser entnommen wird. Dasselbe Produkt von Erzeugungs- und Speicherwirkungsgrad gilt auch, wenn die Anlage die Wärme nicht permanent vorhält, sondern in bestimmten Zeiten frei abkühlen kann (beispielsweise nachts).

Externe Wärmelieferung	$\eta_{water,dh}$	$\eta_{water,dh}$ – 0,05
Sonstiges	Äquivalenz (2)	

(1) Diese Berechnungswerte beinhalten bereits den Wirkungsgrad für den Brennwert.

(2) Ausnahmen von den genannten Kategorien müssen auf Antrag auf Anwendung des Äquivalenzprinzips oder ggf. nach den Vorgaben des Ministers behandelt werden.

Die Symbole in der Tabelle sind wie folgt definiert:

$T_{cogen,th}$ thermischer Wirkungsgrad der KWK-Anlage wie in Anlage A.2 Abschnitt A.2 des vorliegenden Erlasses bestimmt

$\eta_{water,dh}$ zu berücksichtigender Wirkungsgrad für die Lieferung externer Wärme für die Warmwasserbereitung, im Einzelnen nach den Vorgaben des Ministers zu bestimmen oder mit dem Standardwert 0,97 zu berechnen

Brennergeräte

Bei Brennergeräten sind mehrere Konstellationen denkbar:

- Für Einzelbrennergeräte[13] gilt:
  - Für Durchlauferhitzer: $\eta_{gen,water} \cdot \eta_{stock,water} = 0,50$
  - Für Geräte mit Wärmespeicherung: $\eta_{gen,water} \cdot \eta_{stock,water} = 0,45$

- Für Gemeinschaftsbrennergeräte[14] mit einer Nennleistung bis 70 kW und eventuell einer Speicherkapazität bis 500 Liter gilt:
  - Für Durchlauferhitzer: $\eta_{gen,water} \cdot \eta_{stock,water} = 0,50$
  - Für Geräte mit Wärmespeicherung: $\eta_{gen,water} \cdot \eta_{stock,water} = 0,45$

- Für Gemeinschaftsbrennergeräte[14] mit einer Nennleistung über 70 kW oder eventuell mit einer Speicherkapazität über 500 Liter wird das Produkt von Erzeugungswirkungsgrad $\eta_{gen,water}$ und Speicherwirkungsgrad $\eta_{stock,water}$ in

[13] Damit sind Brennergeräte gemeint, mit denen nur eine EEW-Einheit versorgt wird (also kein Mehrfamilienhaus).

[14] Damit sind Geräte gemeint, mit denen mehrere EEW-Einheiten oder ein Mehrfamilienhaus versorgt werden.

- Tabelle [32] angegeben.

Tabelle [32]: Berechnungswerte für ($\eta_{gen,water}$ · $\eta_{stock,water}$) für Gemeinschaftsbrennergeräte für Warmwasser mit einer Nennleistung über 70 kW und einer eventuellen Speicherkapazität über 500 Liter

Art Warmwasserspeicher	Ohne Warmwasser speicher	Indirekt beheizte(r) Warmwasserspeicher (1)			Direkt beheizte(r) Warmwasserspeicher (2)
Dämmstärke x des bzw. der Warmwasser-Speicherin mm / Heizkesseltyp	---	20 mm ≤ x	10 mm ≤ x < 20 mm	0 mm ≤ x < 10 mm	0 mm ≤ x
Kein Brennwertkessel	0,75	0,67	0,60	0,37	0,50
Brennwertkessel	0,85	0,76	0,68	0,42	
(1) Mit Verwendung eines Wärmeträgers (2) Mit einem Direkterwärmungssystem im Gerät selbst					

Anmerkung: Diese Berechnungswerte beinhalten bereits den Wirkungsgrad für den Brennwert.

10.4 Monatlicher Nutzenergiebeitrag eines Solarthermiesystems

Bei der Berechnung des monatlichen Nutzenergiebeitrags werden nur hochwertige thermische Solaranlagen berücksichtigt. Der Minister kann Regeln zur Bestimmung der Güte von thermischen Solaranlagen definieren. Der Minister kann festlegen, welche Bedingungen eine thermische Solaranlage erfüllen muss, um als hochwertige thermische Solaranlage eingestuft zu werden.

Der monatliche Nutzenergiebeitrag eines Solarthermiesystems wird wie folgt bestimmt:

- Falls das System für die Raumheizung und die Warmwasserbereitung genutzt wird, sei auf Punkt 10.4.1 verwiesen.
- Falls es nur für die Warmwasserbereitung genutzt wird, sei auf Punkt 10.4.2 verwiesen.
- Falls die Energiezone i nicht an ein Solarthermiesystem angeschlossen ist, beträgt $f_{as,heat,sec\ i,m}$ null.
- Falls eine spezielle Entnahmestelle (Badewanne oder Dusche i oder Küchenspüle i) nicht an ein Solarthermiesystem angeschlossen ist, beträgt $f_{as,water,bath\ i,m}$ und/oder $f_{as,water,sink\ i,m}$ jeweils null.

10.4.1 Raumheizung und Warmwasserbereitung

10.4.1.1 Vereinfachter Ansatz

Der monatliche Nutzenergiebeitrag (als Anteil des Gesamtwärmebedarfs) eines Solarthermiesystems für Heizung und Warmwasserbereitung wird wie folgt bestimmt:[15]

Gl. 108
$$f_{as,heat,sec\ i,m} = f_{as,water,bath\ i,m} = f_{as,water,sink\ i,m} = \min\left(1 ; \eta_{as,sh+wh,m} Q_{as,m} / Q_{demand,as,sh+wh,m}\right) \quad (-)$$

Dabei ist:

Gl. 109
$$Q_{as,m} = \sum_{j} \left(A_{as,j} \cdot I_{as,m,shad,j}\right) \quad (MJ)$$

Gl. 110
$$Q_{demand,as,sh+wh,m} = Q_{demand,as,water,m} + \sum_{i} Q_{heat,gross,sec\ i,m} \quad (MJ)$$

Gl. 111
$$Q_{demand,as,water,m} = \sum_{i} \left(Q_{water,bath\ i,gross,m} + Q_{water,sink\ i,gross,m}\right) \quad (MJ)$$

und dabei ist:

$\eta_{as,sh+wh,m}$	Monatsmittel des Wirkungsgrads des Solarthermiesystems (-)
$Q_{as,m}$	Monatliche Sonneneinstrahlung des Solarthermiesystems unter Berücksichtigung der Verschattung in MJ
$Q_{demand,as,sh+wh,m}$	Gesamtwärmebedarf in MJ, zu dem das Solarenergiesystem beiträgt
$A_{as,j}$	Aperturfläche der Kollektoren des Solarthermiesystems mit Ausrichtung j in m²
$I_{as,m,shad,j}$	Sonneneinstrahlung der Kollektorfläche mit Ausrichtung j im jeweiligen Monat unter Berücksichtigung der Verschattung in MJ/m², bestimmt gemäß Annexe C der vorliegenden Anlage
$Q_{demand,as,water,m}$	Monatlicher Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung in MJ, zu dem das Solarenergiesystem beiträgt
$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$	Monatlicher Nettoenergiebedarf für die Beheizung der Energiezone i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 9.2.1
$Q_{water,bath\ i,gross,m}$	Monatlicher Bruttoenergiebedarf für die Warmwasserbereitung für eine Dusche oder Badewanne i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 9.3.1
$Q_{water,sink\ i,gross,m}$	Monatlicher Bruttoenergiebedarf für die Warmwasserbereitung für eine Küchenspüle i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 9.3.1

Für alle Ausrichtungen j und alle von der Solaranlage mit Wärme für die Heizung belieferten Energiezonen i und alle von der Solaranlage mit Wärme für die Warmwasserbereitung versorgten Duschen, Badewannen und Küchenspülen i ist die Summe zu bilden.

[15] Der englische Begriff für f lautet 'solar fraction', nachfolgend übersetzt mit 'Solaranteil'. Theoretisch kann er zwischen 0 (Beitrag der Solarenergie = null) und 1 (Deckung des gesamten Bedarfs) liegen.

Das konstante Monatsmittel des Wirkungsgrads der Solarthermieanlage wird wie folgt berechnet:

Gl. 112 Wenn $\sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,\ m} > 0$:

$$\eta_{as\ sh+wh,m} = \min\left\{\max\left(0\ ;\ 0{,}16 + 0{,}2\ \frac{Q_{demand,as,water,a}}{Q_{as,a}} + 0{,}015\sqrt{\frac{\sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m}}{Q_{as,m}}}\right)\ ;\ 0{,}8\right\}$$

Wenn $\sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,\ m} = 0$:

$$\eta_{as,sh+wh,m} = \min\left\{\max\left(0\ ;\ 0{,}16 + 0{,}2\ \frac{Q_{demand,as,water,a}}{Q_{as,a}}\right)\ ;\ 0{,}8\right\} \ldots. \quad (-)$$

Dabei ist:

$Q_{demand,as,water,a}$ Jahreswärmebedarf der Anlage für die Warmwasserbereitung in MJ (entspricht der Summe der 12 Werte des monatlichen Bruttoenergiebedarfs für die Warmwasserbereitung $Q_{demand,as,water,m}$ in MJ)

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ Monatlicher Nettoenergiebedarf für die Beheizung der Energiezone i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 9.2.1

$Q_{as,a}$ Jährliche Sonneneinstrahlung des Solarthermiesystems in MJ (entspricht der Summe der Sonneneinstrahlung in jedem der 12 Monate in MJ)

Für alle Energiezonen i, denen das Solarthermiesystem Wärme für die Heizung liefert, ist die Summe zu bilden.

10.4.1.2 Ausführliche Berechnung

Wenn die Auslegung des Solarthermiesystems und die Kenndaten aller Komponenten bekannt sind, kann der monatliche Nutzenergiebeitrag (Solaranteil) mit einem vom Minister anerkannten geeigneten Berechnungsprogramm bestimmt werden. Der Verbrauch von Hilfsaggregaten (z. B. Umwälzpumpe) muss außerdem mit dem Umrechnungsfaktor in Primärenergie für Strom multipliziert und bei der Bestimmung des monatlichen Nutzenergiebeitrags abgezogen werden.

10.4.2 Warmwasser

10.4.2.1 Vereinfachtes Verfahren

Der monatliche Nutzenergiebeitrag (entspricht dem Gesamtwärmebedarf der Anlage) eines Solarthermiesystems, das ausschließlich zur Warmwasserbereitung beiträgt, berechnet sich wie folgt:

Gl. 113 $f_{as,water,bath\ i,m} = f_{as,water,sink\ i,m} = \min\left(1\ ;\ \eta_{as,water,m}\ .\ Q_{as,m}/Q_{demand,as,water,m}\right)$ (-)

Dabei ist:

$\eta_{as,water,m}$ Monatsmittel des Wirkungsgrads des Solarthermiesystems

$Q_{as,m}$ Monatliche Sonneneinstrahlung des Solarthermiesystems unter Berücksichtigung der Verschattung in MJ, bestimmt gemäß Punkt 10.4.1.1

$Q_{demand,as,water,m}$ Monatlicher Gesamtwärmebedarf der Anlage für die Warmwasserbereitung in MJ, bestimmt gemäß Punkt 10.4.1.1

Das Monatsmittel des Wirkungsgrads der Solarthermieanlage berechnet sich wie folgt:

Gl. 114 $$\eta_{as,water,m} = \min\left\{\max\left(0 ; 0,16 + 0,20 \cdot \frac{Q_{demand,as,water,a}}{Q_{as,a}}\right) ; 0,8\right\} \quad (-)$$

Dabei ist:

$Q_{demand,as,water,a}$ Jahreswärmebedarf für die Warmwasserbereitung in MJ, zu dem das Solarthermiesystem beiträgt (entspricht der Summe der 12 Werte des monatlichen Bruttoenergiebedarfs für Warmwasserbereitung $Q_{demand,as,water,m}$ in MJ)

$Q_{as,a}$ Jährliche Sonneneinstrahlung des Solarthermiesystems in MJ (entspricht der Summe der Sonneneinstrahlung in jedem der 12 Monate in MJ)

10.4.2.2 Ausführliche Berechnung

Wenn die Auslegung des Solarthermiesystems und die Kenndaten aller Komponenten bekannt sind, kann der monatliche Nutzenergiebeitrag (Solaranteil) mit einem vom Minister anerkannten geeigneten Berechnungsprogramm bestimmt werden. Der Verbrauch von Hilfsaggregaten (z. B. Umwälzpumpe) muss außerdem mit dem Umrechnungsfaktor in Primärenergie für Strom multipliziert und bei der Bestimmung des monatlichen Nutzenergiebeitrags abgezogen werden.

10.5 Äquivalenter monatlicher Energieverbrauch für Kühlung

Wenn der überschüssige Wärmegewinn zu hoch ist, ist das Überhitzungsrisiko sehr groß. Auch wenn beim Bau noch keine aktive Kühlung vorgesehen wurde, kann dies nachträglich noch geschehen. Aus diesem Grund berücksichtigt man in diesem Fall ebenfalls einen fiktiven äquivalenten Verbrauch für Kühlung (siehe Kapitel 8).

Der äquivalente monatliche Stromverbrauch für Kühlung wird wie folgt bestimmt:

Gl. 115 $$Q_{cool,final,sec\ i,m} = \frac{Q_{cool,net,sec\ i,m}}{8,1} \quad (kWh)$$

Dabei ist:

$Q_{cool,net,sec\ i,m}$ Nettomonatsbedarf an Energie für die Kühlung einer Energiezone i, bestimmt gemäß Punkt 8.5

8,1 das Produkt des pauschalen Systemwirkungsgrads (0,9), einer pauschalen EER des Kühlsystems (2,5) und des Umrechnungsfaktors von MJ in kWh (3,6)

11 Monatlicher Energieverbrauch der Hilfsaggregate

11.1 Monatlicher Energieverbrauch für die Hilfsfunktionen

11.1.1 Hilfsstromverbrauch für die Verteilung

11.1.1.1 Prinzip

In diesem Kapitel wird der monatliche Hilfsstromverbrauch für die Verteilung ermittelt. Für die Umwandlung in Primärenergie siehe § 13.5.

Für die Kühlung ist keine Berechnung der für Verteilung aufgewendeten Hilfsenergie erforderlich. Es wird davon ausgegangen, dass diese bei der Ermittlung des monatlichen Kühlenergieverbrauchs bereits berücksichtigt wurde (siehe § 10.5).

11.1.1.2 Rechenregel zur Ermittlung des Hilfsenergieverbrauchs für die Verteilung

11.1.1.2.1 Allgemeine Rechenregel

Der monatliche Hilfsstromverbrauch für die Verteilung wird wie folgt ermittelt:

Gl. 304 $$W_{aux,dis,\ m} = \sum_j P_{pumps,dis,\ instal,j} \cdot \frac{t_{on,dis,j}}{3,6} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{aux,dis,m}$	der monatliche Hilfsstromverbrauch in kWh für die Verteilung in einer PER-Einheit
$P_{pumps,dis,instal,j}$	der Wert in W für die installierte Leistung der Umwälzpumpe j, welche die fragliche PER-Einheit bedient, wie in § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ermittelt
$t_{on,dis,j}$	die monatliche Betriebszeit in Ms der Umwälzpumpe j für die Verteilung, wie im § 11.1.1.4 definiert.

Die Werte aller Umwälzpumpen, welche die PER-Einheit bedienen, sind zu addieren.

11.1.1.2.2 Ausnahmen

Die Umwälzpumpen, die der Sicherung dienen, sind für das System redundant. Ihr Verbrauch an Hilfsenergie ist außer Acht zu lassen.

11.1.1.3 Ermittlung der installierten Leistung $P_{pumps,dis,instal,j}$

Die installierte Leistung der Umwälzpumpe j in W, $P_{pumps,dis,instal,j}$, wird wie folgt ermittelt:

- Für Nassläuferpumpen: die durchschnittliche elektrische Leistung bei 100-prozentigem Durchfluss – sie trägt gemäß (CE-)Vorschrift Nr. 641/2009 die Bezeichnung $P_{L,100\%}$.
- Für Trockenläuferpumpen, bei denen der elektrische Motor vom Rotor getrennt ist: die maximale elektrische Leistung, die der Elektromotor bei fortlaufendem Betrieb leisten kann - sie wird entsprechend der Norm NBN EN 60034-1 für „Betriebsart S1" ermittelt.

Sollten keine Produktangaben vorliegen, können je nach Verteilungssystem folgende Standardwerte angewendet werden:

- für das Wärmeverteilungssystem:

Gl. 305 $P_{pumps,dis,\ instal,j} = MAX(70 \quad 0,084 \cdot \sum_i V_{Sek.i})$ (W)

Dabei ist:

$V_{sec\ i}$ das Volumen der Energiezone i in m^3

Die Werte aller Energiezonen i, welche die Umwälzpumpe j bedient, sind zu addieren.

- für die Brauchwarmwasserverteilung (Zirkulationsleitungen):

Gl. 306 $$P_{pumps,dis,instal,j} = MAX\left(25; \frac{\Delta p_{pumps}}{\eta_{pumps}} . f_{insul,circ\ k} \cdot \frac{\sum_l \frac{l_{circ\ k,j} \cdot (60-\theta_{amb,January,j})}{R_{l,j}}}{\rho_W \cdot c_W \cdot \Delta\theta}\right)$$ (W)

- im Falle einer Kombination der Verteilung von heißem Wasser und die Verteilung für die Heizung (combilus):

Gl. 307 $$P_{pumps,dis,instal,j} = MAX\left(70; \frac{\Delta p_{pumps}}{\eta_{pumps}} . f_{insul,circ\ k} \cdot \frac{\sum_l \frac{l_{circ\ k,j} \cdot (60-\theta_{amb,January,j})}{R_{l,j}}}{\rho_W \cdot c_W \cdot \Delta\theta}\right)$$ (W)

Dabei ist:

Δp_{pumps}	die minimale Förderhöhe in Pa, die wie nachstehend beschrieben ermittelt wird
$f_{insul,circ\ k}$	ein Korrekturfaktor, der die Auswirkungen von Wärmebrücken auf den Wärmewiderstand der Teilstücke der Zirkulationsleitung k, wie in § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** definiert, (-);
$l_{circ\ k,l}$	die Länge des Teilstücks l der Zirkulationsleitung k in m
η_{pumps}	der Wirkungsgrad der Umwälzpumpe - es wird allgemein der Wert 0,2 angewendet (-)
$\theta_{amb,January,l}$	die durchschnittliche Umgebungstemperatur des Leitungsteilstücks l im Monat Januar in °C, wie in § 9.3.2.2 definiert
$R_{l,l}$	der lineare Wärmewiderstand $R_{l,l}$ des Teilstücks l in m.K/W, wie in § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** definiert
ρ_W	Dichte des Wassers in kg/m³ - für diese wird allgemein der Wert 998 kg/m³ angesetzt
c_W	die spezifische Wärmespeicherfähigkeit von Wasser in J/(kg.K) - für diese wird allgemein der Wert 4182 kg/m³ angesetzt
$\Delta\theta$	die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf in K. Ihr Wert ist allgemein auf 5 K festgelegt.

Die Werte aller Teilstücke l der Zirkulationsleitung k, welche die Umwälzpumpe j bedient, sind zu addieren.

Die minimale Förderhöhe wird durch Folgendes bestimmt:

Gl. 308 $\Delta p_{pumps} = \sum_l l_{circ\ k,l} \cdot 300$ (Pa)

Dabei ist:

$l_{circ\ k,l}$ die Länge des Teilstücks l der Zirkulationsleitung k in m.

Für die Auslegung der Umwälzpumpen wird ein Combilus wie eine Leitung der Brauchwarmwasserverteilung behandelt.

Muss die Summe aller Segmente der Zirkulationsleitung k, die durch die Pumpe j bedient werden.

Bedient eine Umwälzpumpe mehrere PEN- und/oder PER-Einheiten, so ist die Leistung der Umwälzpumpe ($_{pumps,dis,instal,j}$) entsprechend des Bruttowärmebedarfs der jeweiligen PEN- und/oder PER-Einheiten proportional auf diese zu verteilen. Der Bruttowärmebedarf wird in Abhängigkeit des Verteilungssystems ermittelt.

Im Falle der Wärmezufuhr für die Heizung, muss die Verteilung auf der Grundlage der Bruttoenergiebedarf für die Heizung vorgenommen werden. Im Falle einer Verteilung von heißem Wasser oder combilus, muss die Verteilung auf der Grundlage des Bruttoinlands heißem Wasser hergestellt werden.

11.1.1.4 Ermittlung der Betriebszeit $t_{on,dis,j,m}$

Die monatliche Betriebszeit $t_{on,dis,j,m}$ in Ms der Umwälzpumpe j wird je nach Verteilungssystem folgendermaßen ermittelt:

- Für Umwälzpumpen für Warmwasser (Zirkulationsleitung) zu verteilen:

Gl. 309 $t_{on,dis,j,m} = t_m$ (Ms)

- Für Umwälzpumpen für die Verteilung Heizung:

Gl. 310 $t_{on,dis,j,m} = \max(t_{on,dis,heat,j,m,seci})$ (Ms)

avec :

t_m die Länge des betreffenden Monats in Ms, siehe

Tabelle [1];

$t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$ Zeit monatlich Betrieb der Pumpe j für die Verteilung für die Heizung im Energiesektor i, bestimmt, wie unten dargestellt, in Ms.

Zeit monatlich Betrieb der Pumpe j für die Verteilung für die Heizung im Energiesektor i, $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$, Wärme, j, m, s i, wird wie folgt bestimmt:

- für eine Spaltrohrpumpe mit Steuerung (Regelung ausgenommen Ein / Aus) der EEI ist bekannt:

Gl. 311 $$t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = MIN\left(t_{heat,sec\,i,\ m} \cdot \left(0,6+0,625 \cdot \frac{EEI}{0,23}\right)\ ;\ t_m \cdot \frac{1}{2}\right) \quad (Ms)$$

- für einen Zirkulator Rotor mit Steuer belüftet (Regelung ausgenommen Ein / Aus):

Gl. 312 $$t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = MIN\left(t_{heat,sec\,i,\ m}\ ;\ t_m \cdot \frac{1}{2}\right) \quad (Ms)$$

- für einen Zirkulator mit EIN / AUS-Regelung oder einen Zirkulator Rotor mit Steuer ertrunken (Regelung ausgenommen Ein / Aus) der EEI ist unbekannt:

Gl. 313 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = t_m \cdot \frac{1}{2}$ (Ms)

- in allen anderen Fällen oder wenn die Regelung ist nicht bekannt:

Gl. 314 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = t_m$ (Ms)

Dabei ist:

$t_{heat,sec\ i,m}$	die übliche monatliche Betriebszeit des Wärmeabgabesystems der Energiezone i in Ms, sie wird gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ermittelt.
EEI	der Energieeffizienzindex gemäß (CE-)Vorschrift Nr. 641/2009 (-)
t_m	die betroffene Monatslänge in Ms, ausgewiesen in

Tabelle [1].

Bezüglich der Betriebszeit wird ein Combilus wie eine Leitung der Brauchwarmwasserverteilung behandelt.

Wenn die Umwälzpumpe j mehrere Energiezonen (in der betroffenen PER-Einheit oder in anderen PER- oder PEN-Einheiten) bedient, muss für ton,dis,j der maximale Wert angenommen werden, der wie nachstehend beschrieben berechnet wird.

11.1.2 Hilfsstrom der Erzeugung

11.1.2.1 Prinzip

In diesem Kapitel wird der monatliche elektrische Hilfsenergieverbrauch der Hilfsgeräte des Wärmeerzeugungssystems ermittelt. Für die Umwandlung in Primärenergieverbrauch siehe § 13.5.

Für die Kühlung ist keine Berechnung der für Verteilung aufgewendeten Hilfsenergie erforderlich. Sie ist beim pauschalen Erzeugungswirkungsgrad bereits mit einberechnet.

11.1.2.2 Rechenregel für die Ermittlung der elektrischen Hilfsenergie des Erzeugungssystems

11.1.2.2.1 Allgemeine Rechenregel

Der monatliche Hilfsstromverbrauch für Erzeugung in der PER-Einheit, $W_{aux,gen,m}$, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 315 $W_{aux,gen,m} = W_{throttle/fans,gen,m} + W_{electr,gen,m}$ (kWh)

Dabei ist:

$W_{throttle/fans,gen,m}$ der monatliche Stromverbrauch in kWh der Gasventile und/oder Ventilatoren der Erzeuger in der betreffenden PER-Einheit - er wird gemäß § 11.1.2.3 ermittelt

$SW_{electr,gen,m}$ der monatliche Stromverbrauch der Elektronik und der Anzeigevorrichtungen der Erzeuger in der betreffenden PER-Einheit in kWh - er wird wie unten aufgeführt definiert.

$W_{electr,gen,m}$ definiert sich wie folgt:

Gl. 316 $W_{electr,gen,\ m} = \sum_j P_{electr,gen,\ j} \cdot \frac{t_m}{3,6}$ (kWh)

Dabei ist:

$P_{electr,gen,j}$	die im Standby-Modus der Elektronik für die Erzeugung verlorene Leistung in W – sie beträgt 10 W pro Erzeuger
t_m	die betroffene Monatslänge in Ms, ausgewiesen in

Tabelle [1].

Grundsätzlich sind die Werte aller Erzeuger j zu addieren, welche die PER-Einheit bedienen.

Wenn ein Generatoreinheiten mehrere PEN dient und / oder PER, sollte die Leistung im Standby-Modus Verluste aufgeteilt werden, so proportional zwischen PEN-Einheiten und / oder EEW betroffenen bezogen auf das Gesamtbruttobedarf PEN-Einheiten und / oder betroffenen PER. Wenn der Generator wird nur zum Heizen verwendet wird, während die Verteilung auf der Grundlage der Brutto-Anforderungen für die Heizung vorgenommen werden müssen. Wenn der Generator nur für Warmwasser verwendet wird, dann wird die Verteilung auf der Grundlage des Bruttoenergiebedarf für Warmwasser gemacht werden. Wenn der Generator für beide verwendet wird, so ist die Verteilung auf der Grundlage der Bruttoenergiebedarf für die Heizung und für Heißwasser erfolgen.

11.1.2.2.2 Ausnahmen

Bei Brauchwarmwasseranlagen, deren Wirkungsgrad für die Erzeugung und für die Speicherung gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**ermittelt wurde, ist der elektrische Hilfsenergieverbrauch des Erzeugers bereits berücksichtigt worden. Er ist daher in Gl. 315 außer Acht zu lassen.

Der eventuelle Hilfsenergieverbrauch von Einzelheizungen ist beim Erzeugungswirkungsgrad bereits mit einberechnet und daher nicht erneut bei den Berechnungen zu berücksichtigen.

11.1.2.3 Definition des monatlichen Stromverbrauchs von Gasventilen und/oder Ventilatoren $W_{throttle/fans,gen,m}$

11.1.2.3.1 Allgemeine Rechenregel

$W_{throttle/fans,gen,m}$ wird wie folgt definiert:

Gl. 317 $$W_{throttle/fans,\,gen,\,m} = \sum_j P_{throttle/fans,gen,spec} \cdot P_{throttle/fans,gen,j} \cdot \frac{t_{on,gen,j}}{3,6} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$P_{throttle/fans,gen,spec}$	die spezifische Leistung der Erzeuger, die mit einem Ventilator und/oder einem Gasventil ausgestattet sind - sie wird als gleich 1 W/kW angesehen.
$P_{throttle/fans,gen,j}$	die Nennleistung des Erzeugers j in kW
$t_{on,gen,j}$	die Betriebszeit des Gasventils und/oder des Ventilators, der den Erzeuger j bedient in MS, gemäß § 11.1.2.3.2 bestimmt.

Die Werte aller Kälteerzeuger, welche die PER-Einheit bedienen und mit einem Gasventil und/oder einem Ventilator arbeiten, sind zu addieren.

Wenn ein Generator dient mehrere PEN-Einheiten und / oder EEW, die Nennleistung des Generators in der Gl. 317 muss proportional Weg zwischen EEN-Einheiten und / oder EEW verteilt betroffenen bezogen auf das Gesamtbruttobedarf EEN-Einheiten und / oder EEW betroffen. Wenn der Generator wird nur zum Heizen verwendet wird, während die Verteilung auf der Grundlage der Brutto-Anforderungen für die Heizung vorgenommen werden müssen. Wenn der Generator nur für Warmwasser verwendet wird, dann wird die Verteilung auf der Grundlage des

Bruttoenergiebedarf für Warmwasser gemacht werden. Wenn der Generator für beide verwendet wird, so ist die Verteilung auf der Grundlage der Bruttoenergiebedarf für die Heizung und für Heißwasser erfolgen.

11.1.2.3.2 Definition der Betriebszeit $t_{on,gen,j}$

$t_{on,gen,j}$ wird wie folgt definiert:

Gl. 318

$$t_{on,gen,j,m}=MIN[t_m;\frac{\left(\begin{array}{c}\Sigma_i Q_{heat,gross,sec\ i,\ m}+\Sigma_k Q_{water,bath\ k,\ gross,m}\\ +\Sigma_k Q_{water,sink\ k,\ gross,m}+\Sigma_k Q_{water,other\ k,\ gross,m}+\Sigma_l Q_{hum,net,l}+\Sigma_o \Sigma_n \frac{Q_{cool,gross,sec\ n,m}}{EER_{nom,o}}\end{array}\right)}{P_{throttle/fans,gen,j}\cdot 1000}] \quad (Ms)$$

Dabei ist:

t_m	die Länge des betreffenden Monats in Ms, siehe Tabelle [1]
$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für die Heizung der Räume in der Energiezone i - er wird gemäß § 9.2.1 dieses Anhangs für EEW-Einheiten gemäß § 6.2 des Anhangs EEN für EEN-Einheiten ermittelt, solange dieser Bedarf vom Erzeuger j entsprechend § 10.2.2 dieses Anhangs für EEW-Einheiten oder mit § 7.2.1 des Anhangs EEN für EEN-Einheiten gedeckt wird
$Q_{water,bath\ k,gross,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für das Brauchwarmwasser einer Dusche oder Badewanne l - er wird gemäß § 9.3.1 dieses Anhangs für EEW-Einheiten gemäß § 6.5 des Anhangs EEN für EEN-Einheiten ermittelt, solange dieser Bedarf vom Erzeuger j entsprechend § 10.3.2 dieses Anhangs für EEW-Einheiten oder mit § 7.6 des Anhangs EEN für EEN-Einheiten gedeckt wird
$Q_{water,sink\ k,gross,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für das Brauchwarmwasser einer Küchenspüle l - er wird gemäß § 9.3.1 dieses Anhangs für EEW-Einheiten gemäß § 6.5 des Anhangs EEN für EEN-Einheiten ermittelt, solange dieser Bedarf vom Erzeuger j entsprechend § 10.3.2 dieses Anhangs für EEW-Einheiten oder mit § 7.6 des Anhangs EEN für EEN-Einheiten gedeckt wird
$Q_{water,other\ k,gross,m}$	monatliche Bruttoenergiebedarf für Warmwasser aus einem anderen Nutzungs k, gemäß bestimmt § 6.5 von Anhang EEN, MJ, vorausgesetzt, dass diese Bedürfnisse durch j Generator in Übereinstimmung mit der abgedeckt werden § 7.6 des Anhangs EEN
$Q_{hum,net,l,m}$	das monatliche Nettoenergiebedarf für die Befeuchtung der Befeuchtung Gerät, auf § 5.11 des Anhangs EEN bestimmt, sofern MJ diese Bedürfnisse durch j Generator in Übereinstimmung mit der § 7.2.1 abgedeckt sind Anhang EEN
$Q_{cool,gross,sec\ n,m}$	monatliche Bruttoenergiebedarf für die lokale Energiesektor Kühl n durch die Kältemaschine durch Absorption unter § 6.2 des Anhangs PEN, MJ, sofern bestimmt geliefert, dass diese Bedürfnisse durch die Kältemaschine abgedeckt sind durch Absorption o gemäß § 7.2.2 des Anhangs EEN und vorgesehen, um Wärme für die Kühlmaschine durch Absorption o j wird durch den Generator gemäß § 7.2.1 des Anhangs PEN abgedeckt
$EER_{nom,o}$	der Koeffizient der durch Absorption o Effizienz der Kühlmaschinenkühlung , bestimmt nach § 7.5.2 des Anhangs PEN, (-)
$P_{throttle/fans,gen,j}$	die Nennleistung des Erzeugers j in kW.

Seien Sie immer die Summe aus:

- alle Energiesektoren i (EEW in der Beobachtungseinheit oder einer anderen Einheit EEW oder EEN), die durch den Generator j bedient werden;
- alle Bäder oder Duschen k (EEW in der Beobachtungseinheit oder einer anderen Einheit EEW oder EEN), die durch den Generator j bedient werden;
- alle k Küchenspülen (EEW in der Beobachtungseinheit oder einer anderen Einheit EEW oder EEN), die durch den Generator j bedient werden;
- alle anderen Zeichnungspunkte k (eine andere Einheit EEN), die durch den Generator j bedient werden;
- alle Befeuchtung Geräte l (eine andere Einheit EEN), die durch den Generator j bedient werden;
- Keine alle Energiesektoren (in einer anderen EEN-Einheit), die von der Kältemaschine durch Absorption o und alle o Kältemaschinen bedient werden, die durch den Generator j bedient werden.

11.2 Monatlicher Stromverbrauch der Ventilatoren

11.2.1 Prinzip

Bei der Berechnung des monatlichen Stromverbrauchs der Ventilatoren werden Ventilatoren in mechanischen Lüftungssystemen für Hygienelüftung und/oder in Warmluftheizungsanlagen berücksichtigt. Davon ausgenommen sind Abzugsventilatoren von A- oder B-Systemen, die der Anmerkung 3 in Abschnitt 4.3.1.3 der Norm NBN D50-001 entsprechen.

Folgende Ventilatoren werden demnach nicht berücksichtigt: Zusatzventilatoren für andere Anwendungen (etwa eine Dunstabzugshaube) und Ventilatoren für die Belüftung, mit denen ausschließlich Räume belüftet werden, für welche keine Anforderungen hinsichtlich der Hygienelüftung gelten.

Bei der Berechnung des Stromverbrauchs kann ein vereinfachtes Verfahren (Verfahren 1, siehe Punkt 11.2.2) oder ein ausführliches Verfahren (Verfahren 2 und Verfahren 3, siehe Punkt 11.2.3) angewandt werden. Die Entscheidung für Verfahren 1, 2 oder 3 gilt für die gesamte EEW-Einheit.

Mit „Lüftungsmodus" ist in den folgenden Abschnitten gemeint, dass der Ventilator nur für die Hygienelüftung, also die Frischluftzufuhr (oder ggf. die Versorgung des Aufenthaltsbereichs mit aufbereiteter Luft) bzw. für den Luftabzug ins Freie betrieben wird. Mit „Heizmodus" ist gemeint, dass der Ventilator läuft, damit die (teilweise umgewälzte) erwärmte Luft in die angeschlossenen Räume geleitet wird. Eine Hygienelüftung kann damit kombiniert sein, muss aber nicht.

11.2.2 Monatlicher Stromverbrauch der Ventilatoren - vereinfachtes Verfahren (Verfahren 1)

Beim vereinfachten Verfahren berechnet sich der monatliche Stromverbrauch der Ventilatoren einer EEW-Einheit insgesamt wie folgt:

Gl. 261 $$W_{aux,fans,m} = \sum_{z} W_{aux,fans,zonez,m} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{aux,fans,zone\ z,m}$ Monatlicher Stromverbrauch der Ventilatoren in der Lüftungszone z in kWh, wie nachstehend bestimmt

Für alle Lüftungszonen der EEW-Einheit muss die Summe gebildet werden.

Der monatliche Stromverbrauch der Ventilatoren einer Lüftungszone wird wie folgt bestimmt:

Gl. 262 $$W_{aux,fans,zonez,m} = t_m \cdot \left(f_{vent,zonez,m} \cdot \Phi_{fans,vent,zonez} + f_{heat,zonez,m} \cdot \Phi_{fans,heat,zonez}\right) / 3,6 \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

t_m Länge des betreffenden Monats in Ms, siehe

Tabelle [1]

$f_{vent,zone\ z,m}$	Konventioneller monatlicher Zeitanteil, in dem die Ventilatoren einer Lüftungszone z im Lüftungsmodus betrieben werden (ohne Einheit), bestimmt gemäß Punkt 11.2.2.3
$\Phi_{fans,vent,zone\ z}$	Berechnungswert der elektrischen Leistung aller Ventilatoren der Lüftungszone z im Lüftungsmodus insgesamt in W, bestimmt gemäß Punkt 11.2.2.1
$f_{heat,zone\ z,m}$	Konventioneller monatlicher Zeitanteil, in dem die Ventilatoren einer Lüftungszone z im Heizmodus betrieben werden (ohne Einheit), bestimmt gemäß Punkt 11.2.2.3
$\Phi_{fans,heat,zone\ z}$	Berechnungswert der elektrischen Leistung aller Ventilatoren der Lüftungszone z im Heizmodus insgesamt in W, bestimmt gemäß Punkt 11.2.2.2

11.2.2.1 Standardberechnungswert für die elektrische Leistung im Lüftungsmodus

Als Berechnungswert für die elektrische Leistung aller Ventilatoren der Lüftungszone z im Lüftungsmodus insgesamt werden die Werte in Tabelle [16] zugrunde gelegt.

Tabelle [16]: Standardberechnungswert für die elektrische Leistung im Lüftungsmodus ($V_{sec\ i}$: Volumen der Energiezone i)

Lüftungsanlage	**Ventilatorart**	**Leistung $\Phi_{fans,vent,zone\ z}$ (W)**
Natürlicher Zustrom, natürliche Ableitung	n. zutr.	0
Mechanische Zuluft- oder Abluftanlage	Wechselstromventilator	0,125 $\Sigma V_{sec\ i}$
	Gleichstromventilator	0,085 $\Sigma V_{sec\ i}$
Mechanische Zu- und Abluftanlage	Wechselstromventilator	0,235 $\Sigma V_{sec\ i}$
	Gleichstromventilator	0,150 $\Sigma V_{sec\ i}$
Mechanische Abluftanlage mit Nutzung der Abluft als Wärmequelle für eine Wärmepumpe	Wechselstromventilator	0,145 $\Sigma V_{sec\ i}$
	Gleichstromventilator	0,100 $\Sigma V_{sec\ i}$

Mechanische Zu- und Abluftanlage mit Nutzung der Abluft als Wärmequelle für eine Wärmepumpe	Wechselstromventilator	0,270 $\Sigma V_{sec\ i}$
	Gleichstromventilator	0,185 $\Sigma V_{sec\ i}$

Bei der Anwendung von Tabelle [16] wird der Wert für Gleichstromventilatoren zugrunde gelegt, wenn alle Ventilatoren in der Lüftungszone z mit einem bürstenlosen Gleichstrommotor angetrieben werden (EC-Motor). In allen anderen Fällen ist der Wert für Wechselstromventilatoren zu verwenden.

Für das Volumen aller Energiezonen i der jeweiligen Lüftungszone ist die Summe zu bilden.

11.2.2.2 Standardberechnungswert für die elektrische Leistung im Heizmodus

Als Berechnungswert für die elektrische Leistung aller Ventilatoren der Lüftungszone z im Heizmodus insgesamt werden die Werte in

124	EEW-Methode 2017

Tabelle [17] zugrunde gelegt.

Tabelle [17]: Standardberechnungswert für die elektrische Leistung im Heizmodus ($V_{sec\ i}$: Volumen der Energiezone i)

Lüftungsanlage	Ventilatorregelung	Leistung $\Phi_{fans,heat,zone\ z}$ (W)
Keine Warmluftheizung	n. zutr.	0
Warmluftheizung	Keine Regelung oder nicht-automatische Regelung	$0{,}780 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$
	Automatische Regelung	$0{,}525 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$

Für das Volumen aller Energiezonen i der jeweiligen Lüftungszone ist die Summe zu bilden.

11.2.2.3 Bestimmung des konventionellen monatlichen Zeitanteils, in dem die Ventilatoren im Lüftungs- oder im Heizmodus betrieben werden

Der konventionelle monatliche Zeitanteil, in dem die Ventilatoren der Lüftungszone z im Lüftungs- oder im Heizmodus betrieben werden, wird wie folgt berechnet:

- Wenn die Ventilatoren in der Lüftungszone z nur für Heizung eingesetzt werden und nicht für Hygienelüftung, gilt für alle Monate:
  - $f_{vent,zone\ z,m} = 0$
  - $f_{heat,zone\ z,m}$ wie mit **Gl. 264** bestimmt
- Wenn die Ventilatoren in der Lüftungszone z nur für Hygienelüftung eingesetzt werden und nicht für Warmluftheizung, gilt für alle Monate:
  - $f_{vent,zone\ z,m} = 1$
  - $f_{heat,zone\ z,m} = 0$
- Wenn in der Lüftungszone z gleichzeitig Ventilatoren für Hygienelüftung und Ventilatoren für Warmluftheizung eingesetzt werden (oder wenn es Ventilatoren gibt, die für beide Zwecke eingesetzt werden), so gilt für alle Monate m:

Gl. 263 $f_{vent,zone\ z,m} = 1 - f_{heat,zone\ z,m}$ (-)

Gl. 264 $$f_{heat,zone\ z,m} = \min\left[1; \sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m} \Big/ \left(1000 \cdot P_{nom,zonez} \cdot t_m\right)\right]$$ (-)

Dabei ist:

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$	Monatlicher Bruttoenergiebedarf für Heizung der Energiezone i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 9.2.1
$P_{nom,zone\ z}$	Summe der Nennleistung der Warmlufterzeuger, mit denen die Lüftungszone z versorgt wird, in kW
t_m	Länge des betreffenden Monats in Ms, siehe

Tabelle [1]

Für alle Energiezonen i der Lüftungszone z ist die Summe zu bilden.

11.2.3 Monatlicher Stromverbrauch der Ventilatoren - ausführliche Berechnung

Beim ausführlichen Berechnungsverfahren berechnet sich der monatliche Stromverbrauch aller Ventilatoren einer EEW-Einheit insgesamt wie folgt:

Gl. 265 $$W_{aux,fans,m} = \sum_{j} W_{aux,fans,m,j} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{aux,fans,m,j}$ Monatlicher Stromverbrauch des Ventilators (der Ventilatorengruppe) j in kWh, wie nachstehend bestimmt

Für alle Ventilatoren(-gruppen) j, die zur Hygienelüftung der EEW-Einheit beitragen (Zuluft und/oder Luftabzug und/oder Umwälzung), und alle Ventilatoren für die Warmluftheizung (eventuell kombiniert mit Hygienelüftung) ist die Summe zu bilden.

Der monatliche Stromverbrauch des Ventilators (der Ventilatorengruppe) j wird wie folgt bestimmt:

Gl. 266 $$W_{aux,fans,m,j} = t_m \cdot \left(f_{vent,m,j} \cdot \Phi_{fans,vent,j} + f_{heat,m,j} \cdot \Phi_{fans,heat,j}\right) / 3,6 \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

t_m Länge des betreffenden Monats in Ms, siehe

Tabelle [1]

$f_{vent,zone\ z,m}$	Konventioneller monatlicher Zeitanteil, in dem die Ventilatoren im Lüftungsmodus betrieben werden (ohne Einheit), bestimmt gemäß Punkt 11.2.2.3
$\Phi_{fans,vent,zone\ z}$	Berechnungswert der elektrischen Leistung aller Ventilatoren im Lüftungsmodus insgesamt in W, bestimmt gemäß Punkt 11.2.2.1
$f_{heat,zone\ z,m}$	Konventioneller monatlicher Zeitanteil, in dem die Ventilatoren im Heizmodus betrieben werden (ohne Einheit), bestimmt gemäß Punkt 11.2.2.3
$\Phi_{fans,heat,zone\ z}$	Berechnungswert der elektrischen Leistung aller Ventilatoren im Heizmodus insgesamt in W, bestimmt gemäß Punkt 11.2.2.2

11.2.3.1 Berechnungswert der elektrischen Leistung im Lüftungsmodus - ausführliche Berechnung

Der Berechnungswert der elektrischen Leistung im Lüftungsmodus kann wahlweise mit einem der beiden folgenden Verfahren bestimmt werden:

- Verfahren 2: Bestimmung des Berechnungswerts bei einem repräsentativen Betriebspunkt anhand der installierten elektrischen Leistung (Punkt 11.2.3.1.1)
- Verfahren 3: Bestimmung des Berechnungswerts bei einem repräsentativen Betriebspunkt anhand der gemessenen elektrischen Leistung in Nennstellung (Punkt 11.2.3.1.2)

Wenn mit einem Ventilator (einer Ventilatorengruppe) mehrere EE-(EEW- oder BSE-)Einheiten[16] bedient werden, etwa bei einem zentralen System für mehrere Wohnungen, wird der Berechnungswert der elektrischen Leistung in der jeweiligen Zone z bestimmt durch Multiplikation:

- des nachfolgend bestimmten Gesamtberechnungswerts
- des Verhältnisses zwischen dem Höchstwert des für die jeweilige EEW-Einheit verlangten Volumenstroms und der Summe des Höchstwerts der für alle Lüftungszonen verlangten Volumenströme, die mit dem betreffenden Ventilator bedient werden.

Wenn mit einem Ventilator (einer Ventilatorengruppe) auch die Luftzufuhr und/oder Luftabsaugung in Räumen gewährleistet wird, für die keine Anforderungen hinsichtlich der Hygienelüftung gelten, kann für diese Räume kein (zusätzlicher) Abzug geltend gemacht werden.

11.2.3.1.1 Option Verfahren 2: Bestimmung des Berechnungswerts anhand der installierten elektrischen Leistung

Der Berechnungswert wird gleichzeitig für alle Ventilatoren bestimmt, mit denen eine Lüftungszone versorgt wird.

Wenn mit einem Ventilator (einer Ventilatorengruppe) mehrere Lüftungszonen und/oder EE-(EEW- oder BSE-)Einheiten versorgt werden, wird der Berechnungswert gleichzeitig für alle Ventilatoren bestimmt, mit denen all diese Lüftungszonen und/oder EE-Einheiten versorgt werden.

[16] Wenn mit dem Ventilator auch Bereiche für Nichtwohnzwecke versorgt werden, ist statt dem Höchstwert der verlangten Volumenströme der Auslegungswert zu berücksichtigen.

Das Verfahren besteht aus zwei Schritten:

Schritt 1: Bestimmung des Verhältnisses der Volumenströme am repräsentativen Betriebspunkt und in Nennstellung

Das Verhältnis der Volumenströme $\beta_{\dot{V}}$ wird wie in Punkt 11.2.3.1.3 beschrieben bestimmt.

Schritt 2: Bestimmung der elektrischen Leistung am repräsentativen Betriebspunkt

Die elektrische Leistung eines jeden Ventilators (einer jeden Ventilatorengruppe) j im Lüftungsmodus am repräsentativen Betriebspunkt wird wie folgt bestimmt:

Gl. 267 $$\Phi_{fans,vent,j} = f_{ctrl,j} \cdot P_{fans,max,j} \quad (W)$$

Dabei ist:

$f_{ctrl,j}$	Reduktionsfaktor (ohne Einheit) für die Art der Volumenstromregelung des Systems für den Ventilator (die Ventilatorengruppe) j, einschließlich Bedarfslüftung, bestimmt gemäß Punkt 11.2.3.1.4
$P_{fans,max,j}$	Maximale elektrische Leistung des Elektromotors oder der Elektromotor-Ventilator-Kombination des Ventilators (der Ventilatorengruppe) j in W

Eine Definition der maximalen elektrischen Leistung findet sich in Punkt 2 der vorliegenden Anlage.

11.2.3.1.2 Option Verfahren 3: Bestimmung des Berechnungswerts anhand der gemessenen elektrischen Leistung in Nennstellung

Der Berechnungswert wird gleichzeitig für alle Ventilatoren bestimmt, mit denen eine oder mehrere Lüftungszonen versorgt werden.

Wenn mit einem Ventilator (einer Ventilatorengruppe) mehrere EE-(EEW- oder BSE-)Einheiten versorgt werden, wird der Berechnungswert gleichzeitig für alle Ventilatoren bestimmt, mit denen all diese EE-Einheiten versorgt werden.

Das Verfahren besteht aus drei Schritten, für die eventuell ergänzende Bedingungen gelten:

Schritt 1: Einstellen der Nennstellung und Messen der Volumenströme und der aufgenommenen elektrischen Leistung

Alle Ventilatoren werden auf Nennstellung gestellt. In allen Räumen, die mit den Ventilatoren versorgt werden, wird dann der Volumenstrom der mechanischen Frischluftzufuhr $\dot{V}_{mech.supply,rm\ r}$ (bei Aufenthaltsräumen ggf. einschließlich des umgewälzten Volumenstroms) und/oder der Volumenstrom des mechanischen Luftabzugs ins Freie $\dot{V}_{mech.extr,rmr}$ gemessen. Für jeden Ventilator (jede Ventilatorengruppe) wird anschließend vor Ort die aufgenommene elektrische Leistung $P_{fans,nom,j}$ gemäß den vom Minister festgelegten Vorgaben gemessen.

Für jeden Raum r, in dem ein mechanischer Zuluftstrom durch einen oder mehrere Ventilatoren(-gruppe(n)) erzeugt wird, muss folgende Bedingung erfüllt werden:

Gl. 268 $\dot{V}_{mech.supply,rm\ r} \geq \dot{V}_{req,supply,rm\ r}$ (m³/h)

Für jeden Raum r, in dem ein mechanischer Abluftstrom durch einen oder mehrere Ventilatoren(-gruppe(n)) erzeugt wird, muss folgende Bedingung erfüllt werden:

Gl. 269 $\dot{V}_{mech.extr,rm\ r} \geq \dot{V}_{req,extr,rm\ r}$ (m³/h)

Dabei ist:

$\dot{V}_{req,supply,rm\ r}$	Verlangter Frischluftstrom im Raum r in m³/h
$\dot{V}_{req,extr,rmr}$	Verlangter Abluftstrom ins Freie im Raum r in m³/h
$\dot{V}_{mech.supply,rm\ r}$	In Schritt 1 von 11.2.3.1.2 gemessener Frischluftstrom in Raum r, bei Aufenthaltsräumen ggf. inklusive des umgewälzten Luftstroms, in m³/h
$\dot{V}_{mech.extr,rmr}$	In Schritt 1 von 11.2.3.1.2 gemessener Abluftstrom ins Freie in m³/h

Wenn diese Bedingungen nicht erfüllt werden, muss Verfahren 2 oder Verfahren 1 angewandt werden (vereinfachte Berechnung).

Schritt 2: Bestimmung des Verhältnisses der Volumenströme am repräsentativen Betriebspunkt und in Nennstellung

Das Verhältnis der Volumenströme $\beta_{\dot{V}}$ wird wie in 11.2.3.1.3 beschrieben bestimmt.

Das Verhältnis der Volumenströme $\beta_{\dot{V}}$ muss kleiner/gleich 1 sein. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt wird, muss Verfahren 2 oder Verfahren 1 angewandt werden (vereinfachte Berechnung).

Schritt 3: Bestimmung der elektrischen Leistung am repräsentativen Betriebspunkt

Die elektrische Leistung eines jeden Ventilators (einer jeden Ventilatorengruppe) j im Lüftungsmodus am repräsentativen Betriebspunkt wird wie folgt bestimmt:

Gl. 270 $\Phi_{fans,vent,j} = f_{ctrl,j} \cdot P_{fans,nom,j}$ (W)

Dabei ist:

$f_{ctrl,j}$	Reduktionsfaktor (ohne Einheit) für die Art der Volumenstromregelung des Systems für den Ventilator (die Ventilatorengruppe) j, einschließlich Bedarfslüftung, bestimmt gemäß Punkt 11.2.3.1.4
$P_{fans,nom,j}$	In Nennstellung gemessene Leistungsaufnahme des Ventilators (der Ventilatorengruppe) j in W, wie in Schritt 1 bestimmt

11.2.3.1.3 Bestimmung des Verhältnisses der Volumenströme am repräsentativen Betriebspunkt und in Nennstellung

Das Verhältnis der Volumenströme $\beta_{\dot{V}}$ wird wie folgt bestimmt.

- Wenn Verfahren 2 angewandt wird:

- Bei einem System B:

Gl. 271 $$\beta_{\dot{V}} = \min\left(1;0,65\cdot\frac{\sum_{z}\dot{V}_{req,zonez}}{\sum_{r}\dot{V}_{req,supply,rmr}}\right) \quad (-)$$

- Bei einem System C:

Gl. 272 $$\beta_{\dot{V}} = \min\left(1;0,65\cdot\frac{\sum_{z}\dot{V}_{req,zonez}}{\sum_{r}\dot{V}_{req,extr,rmr}}\right) \quad (-)$$

- Bei einem System D:

Gl. 273 $$\beta_{\dot{V}} = \min\left(1;0,65\cdot\frac{\sum_{z}\dot{V}_{req,zonez}}{\min\left(\sum_{r}\dot{V}_{req,supply,rmr};\sum_{r}\dot{V}_{req,extr,rmr}\right)}\right) \quad (-)$$

- Wenn Verfahren 3 angewandt wird:
  - Bei einem System B:

Gl. 274 $$\beta_{\dot{V}} = \max\left[0,65;0,65\cdot\frac{\sum_{z}\dot{V}_{req,zonez}}{\sum_{r}\dot{V}_{mech.supply,rmr}}\right] \quad (-)$$

  - Bei einem System C:

Gl. 275 $$\beta_{\dot{V}} = \max\left[0,65;0,65\cdot\frac{\sum_{z}\dot{V}_{req,zonez}}{\sum_{r}\dot{V}_{mech.extr,rmr}}\right] \quad (-)$$

  - Bei einem System D:

Gl. 276 $$\beta_{\dot{V}} = \max\left[0,65;0,65\cdot\frac{\sum_{z}\dot{V}_{req,zonez}}{\min\left(\sum_{r}\dot{V}_{mech.supply,rmr};\sum_{r}\dot{V}_{mech.extr,rmr}\right)}\right] \quad (-)$$

Dabei ist:

$\dot{V}_{req,zonez}$ Höchstwert der in der Lüftungszone verlangen Volumenströme in m^3/h, wie nachstehend bestimmt

$\dot{V}_{req,supply,rm\ r}$ Verlangter Frischluftstrom im Raum r in m³/h

$\dot{V}_{req,extr,rmr}$ Verlangter Abluftstrom ins Freie im Raum r in m³/h

$\dot{V}_{mech.supply,rm\ r}$ In Schritt 1 von 11.2.3.1.2 gemessener Frischluftstrom in Raum r, bei Aufenthaltsräumen ggf. inklusive des umgewälzten Luftstroms, in m³/h

$\dot{V}_{mech.extr,rmr}$ In Schritt 1 von 11.2.3.1.2 gemessener Abluftstrom ins Freie in m³/h

Für alle Räume r und alle Lüftungszonen z und/oder alle EE-(EEW- oder BSE-)Einheiten, die mit dem Ventilator (der Ventilatorengruppe) versorgt werden, ist die Summe zu bilden.

Der Höchstwert der in der Lüftungszone z verlangten Volumenströme wird wie folgt bestimmt:

Gl. 277 $$\dot{V}_{req,zonez} = \max\left(\sum_{r}\dot{V}_{req,supply,rmr};\sum_{r}\dot{V}_{req,extr,rmr}\right) \quad (m^3/h)$$

Dabei ist:

$\dot{V}_{req,supply,rm\ r}$ Verlangter Frischluftstrom im Raum r in m³/h

$\dot{V}_{req,extr,rmr}$ Verlangter Abluftstrom ins Freie im Raum r in m³/h

Für alle Räume der Lüftungszone z ist die Summe zu bilden.

11.2.3.1.4 Reduktionsfaktor für die Art der Volumenstromregelung (und Bedarfslüftung)

Der Reduktionsfaktor $f_{ctrl,j}$ zur Berücksichtigung der Art der Volumenstromregelung des Systems für den Ventilator (die Ventilatorengruppe) j einschließlich Bedarfslüftung wird bestimmt, indem die Regelstrategie des Lüftungssystems und die Art der Drehzahlsteuerung des Ventilators wie in Tabelle [33] angegeben berücksichtigt werden.

Wenn der Reduktionsfaktor $f_{ctrl,j}$ für eine Ventilatorengruppe j berechnet wird, die mehrere Ventilatoren umfasst, ist die Regelstrategie des Lüftungssystems und die Art der Drehzahlsteuerung des Ventilators möglicherweise für die unterschiedlichen Ventilatoren nicht gleich. Als Reduktionsfaktor $f_{ctrl,j}$ der Ventilatorengruppe j gilt dann der höchste Wert der einzelnen Reduktionsfaktoren $f_{ctrl,j}$, die für jeden Ventilator der Ventilatorengruppe gesondert bestimmt wurden.

Tabelle [33]: Berechnungsformeln für $f_{ctrl,j}$ für unterschiedliche Konfigurationen

Regelstrategie des Lüftungssystems / Drehzahlsteuerung des Ventilators	Variable Drehzahl-steuerung, variabler Druck	Variable Drehzahl-steuerung, konstanter Druck	Drosselung und alle anderen Steuerungs-arten
EC-Motor mit geregelter Kommutierung oder Asynchronmotor mit	$0.2+0.8\cdot(f_{reduc}\cdot\beta_{\dot{V}})^3$	$0.4+0.6\cdot(f_{reduc}\cdot\beta_{\dot{V}})^2$	1

Frequenzsteuerung			
WS-Motor mit Spannungsregelung (mit Trafo oder Halbleitern)	$0.4+0.6\cdot(f_{reduc}\cdot\beta_{\dot{V}})^3$	$0.4+0.6\cdot(f_{reduc}\cdot\beta_{\dot{V}})^2$	1
Alle anderen Arten von Motor- oder Ventilatorsteuerung	1	1	1

Dabei ist:

Gl. 278 $f_{reduc} = f_{reduc,vent,heat,zonez}$ (-)

und dabei ist:

$\beta_{\dot{V}}$ Verhältnis der Volumenströme am repräsentativen Betriebspunkt und in Nennstellung, bestimmt gemäß 11.2.3.1.3 (-)

f_{reduc} Reduktionsfaktor für Lüftung in der Lüftungszone z für den monatlichen Stromverbrauch der Ventilatoren (-)

$f_{reduc,vent,heat,zonez}$ Reduktionsfaktor für Lüftung in der Lüftungszone z für die Heizungsberechnungen, bestimmt gemäß 7.8.6 (-)

Zur Anwendung der Regelstrategie „Variable Drehzahlsteuerung, variabler Druck" müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Nur variable Drehzahl:
  - Der Ventilator j darf nur eine einzige EEW-Einheit versorgen.
  - Das Zu- oder Abluftnetz, zu dem der Ventilator gehört, darf nur eine Drehzahlsteuerung des Ventilators j haben und darf keine (manuelle oder automatische) Drosselvorrichtung zur (raum- oder zonenweisen, zentralen oder manuellen) Steuerung dieses Netzes haben.
  - Bei einer manuellen Steuerung muss der Ventilator j mit einem Steuerschalter bedient werden können, der in der betreffenden EEW-Einheit zugänglich ist und mindestens drei Einstellpositionen hat.
- Drehzahlsteuerung mit Drosselung:
  - Mit dem Ventilator j können eine oder mehrere EEW-Einheiten versorgt werden.
  - Das Zu- oder Abluftnetz, zu dem der Ventilator j gehört, muss mit selbsttätigen Klappen für die raum- oder zonenweise oder die zentrale Steuerung des Netzes ausgestattet sein:
    - Bei raumweiser Steuerung muss jeder Raum, der mit dem Ventilator j versorgt wird, eine selbsttätige Klappe haben.
    - Bei zonenweiser Steuerung muss jede Zone, die mit dem Ventilator j versorgt wird, eine selbsttätige Klappe haben.
    - Bei zentraler Steuerung (nur wenn der Ventilator j mehrere EEW-Einheiten versorgt) muss jede EEW-Einheit, die mit dem Ventilator j versorgt wird, eine selbsttätige Klappe haben.
  - Die Drehzahl des Ventilators j und das Öffnen der diversen selbsttätigen Klappen des Zu- oder Abluftnetzes, zu dem der Ventilator j gehört, müssen zusammen gesteuert werden, so dass permanent mindestens eine Klappe vollständig geöffnet ist.

Zur Anwendung der Regelstrategie „Variable Drehzahlsteuerung, konstanter Druck" müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Der Ventilator j muss ein selbstregelnder Ventilator sein, der einen konstanten Druck erzeugt.
- Das Zu- oder Abluftnetz, zu dem der Ventilator j gehört, muss mit Klappen für die raum- oder zonenweise, zentrale oder manuelle Steuerung des Netzes ausgestattet sein:
  - Raum- oder zonenweise Steuerung:
    - Mit dem Ventilator j können eine oder mehrere EEW-Einheiten versorgt werden.
    - Bei raumweiser Steuerung muss jeder Raum, der mit dem Ventilator j versorgt wird, eine selbsttätige Klappe haben.
    - Bei zonenweiser Steuerung muss jede Zone, die mit dem Ventilator j versorgt wird, eine selbsttätige Klappe haben.
  - Zentrale oder manuelle Steuerung:
    - Mit dem Ventilator j können mehrere EEW-Einheiten versorgt werden.
    - Bei zentraler Steuerung muss jede Zone, die mit dem Ventilator j versorgt wird, eine selbsttätige Klappe haben.
    - Bei manueller Steuerung muss jede EEW-Einheit, die mit dem Ventilator j versorgt wird, eine manuell mit einem Steuerschalter einstellbare Klappe haben, der in der betreffenden EEW-Einheit zugänglich ist und mindestens drei Einstellpositionen hat.

11.2.3.2 Berechnungswert der elektrischen Leistung im Heizmodus - ausführliche Berechnung

Die elektrische Leistung eines jeden Ventilators (jeder Ventilatorengruppe) j im Heizmodus wird wie folgt bestimmt:

Gl. 279 $$\Phi_{fans,heat,j} = P_{fans,max,j}$$ (W)

Dabei ist:

$P_{fans,max,j}$ Maximale elektrische Leistung des Elektromotors oder der Elektromotor-Ventilator-Kombination des Ventilators (der Ventilatorengruppe) j in W

Eine Definition der maximalen elektrischen Leistung findet sich in Punkt 2 der vorliegenden Anlage.

Wenn mit einem Ventilator (einer Ventilatorengruppe) auch die Heizung mehrerer EE-(EEW- oder BSE-)Einheiten versorgt wird, etwa bei einem zentralen System für mehrere Wohnungen, wird der Berechnungswert der elektrischen Leistung bestimmt durch Multiplikation:

- des nachfolgend bestimmten Gesamtberechnungswerts:
- des Verhältnisses vom maximalen Auslegungswert in der betreffenden EEW-Einheit zum maximalen Gesamtauslegungswert des Ventilators

11.2.3.3 Bestimmung des konventionellen monatlichen Zeitanteils, in dem die Ventilatoren im Lüftungs- oder im Heizmodus betrieben werden

Der konventionelle monatliche Zeitanteil, in dem ein Ventilator j im Heizmodus betrieben wird, wird wie folgt berechnet:

- Wenn der Ventilator j nur für Heizung eingesetzt wird und nicht für technische Lüftung, gilt für alle Monate:
  - $f_{vent,m,j} = 0$
  - $f_{heat,m,j}$ wie bestimmt mit **Gl. 281**
- Wenn der Ventilator j nur für Hygienelüftung eingesetzt wird und nicht für Warmluftheizung, gilt für alle Monate:
  - $f_{vent,m,j} = 1$
  - $f_{heat,m,j} = 0$
- Wenn der Ventilator j sowohl für Hygienelüftung als auch für Warmluftheizung eingesetzt wird, gilt für alle Monate m:

Gl. 280 $f_{vent,m,j} = 1 - f_{heat,m,j}$ (-)

Gl. 281 $$f_{heat,m,j} = \min\left[1; \sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m} \Big/ \left(1000 \cdot P_{nom,j} \cdot t_m\right)\right]$$ (-)

Dabei ist:

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$	Monatlicher Bruttoenergiebedarf für Heizung der Energiezone i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 9.2.1
$P_{nom,j}$	Nennleistung des Warmlufterzeugers[17] in kW
t_m	Länge des betreffenden Monats in Ms, siehe

[17] Wenn mit einem Ventilator mehrere Warmlufterzeuger versorgt werden, ist für $P_{nom,j}$ die Summe der Nennleistungen all dieser Geräte einzusetzen.

Tabelle [1]

Für alle Energiezonen i de l'unité EEW mit Warmluftheizung durch den Ventilator j ist die Summe zu bilden.

Wenn mit einem Ventilator j auch Räume außerhalb der jeweiligen EEW-Einheit beheizt werden, wird der Zähler (der monatliche Bruttoenergiebedarf) multipliziert mit dem Verhältnis des mit dem Ventilator j insgesamt beheizten Volumens zum la somme des Volumen der Energiezone i innerhalb der EEW-Einheit, bei der davon ausgegangen wird, dass sie mit dem Ventilator j beheizt wird.

11.3 Monatlicher Stromverbrauch für Zuluftvorkühlung

Der monatliche Stromverbrauch für Zuluftvorkühlung ergibt sich wie folgt:

Gl. 124 $W_{aux,precool,m} = W_{soil/water,m} + W_{evap,m}$ (kWh)

Dabei ist:

$W_{soil/water,m}$ Monatlicher Stromverbrauch der Erde/Wasser-Wärmepumpe in kWh gemäß Definition in 11.3.1

$W_{evap,m}$ Monatlicher Stromverbrauch in kWh für Kühlung durch Verdunstung gemäß Definition in 11.3.2

Bei anderen Techniken wird $W_{aux,precool,m}$ nach den Vorgaben des Ministers bestimmt.

11.3.1 Monatlicher Stromverbrauch der Erde/Wasser-Wärmepumpe

Der monatliche Stromverbrauch der Erde/Wasser-Wärmepumpe wird wie folgt bestimmt:

Gl. 125

$$W_{soil/water,m} = 0{,}278 \times t_m \cdot w_{soil/water,m} \cdot \left(\frac{\dot{V}_W}{3600} \cdot f \cdot \frac{L_{tube}}{D_{tube}} \cdot 500 \left(\frac{\dot{V}_W}{3600 n_{tube} \frac{\pi}{4} D_{tube}^2} \right)^2 + 150 \cdot \frac{\sum_i \dot{V}_{hyg,cool,sec\,i}}{3600} \right) \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

t_m Länge des betreffenden Monats in Ms, siehe

Tabelle [1]

$w_{soil/water,m}$ Monatlicher Faktor zur Berücksichtigung der Betriebszeit der Erde/Wasser-Wärmepumpe (-), bestimmt gemäß 0

$\dot{V}_W$ Durch die Erde/Wasser-Wärmepumpe geleiteter Volumenstrom in m³/h

f Reibungskoeffizient:

Gl. 126 Wenn Re < 2300: $$f = \frac{64}{Re}$$

In allen anderen Fällen gilt: $$f = \left(1,58 \cdot \ln(Re) - 3,28\right)^{-2} \quad (-)$$

Dabei ist:

Re Reynolds-Zahl (-), bestimmt gemäß Punkt 0

D_{tube} Innendurchmesser der Rohrleitung im Erdreich in m

L_{tube} Länge der Rohrleitung im Erdreich in m

n_{tube} Anzahl der parallel geführten Rohrleitungen

$\dot{V}_{hyg,cool,sec\,i}$ Volumenstrom der Hygienelüftung in der Energiezone i für die Kühlungsberechnungen in m³/h, bestimmt gemäß Punkt 7.8.5

Für alle Energiezonen i der Lüftungszone z, die an die Wärmepumpe angeschlossen sind, ist die Summe zu bilden.

11.3.2 Monatlicher Stromverbrauch für Kühlung durch Verdunstung

Der monatliche Stromverbrauch für Kühlung durch Verdunstung berechnet sich wie folgt:

Gl. 127 $$W_{evap,m} = 0,278 \cdot t_m \cdot 250 \cdot w_{evap,m} \cdot \frac{\sum_i \dot{V}_{hyg,cool,sec\,i}}{3600} \quad (kWh)$$

Dabei ist:

t_m Länge des betreffenden Monats in Ms, siehe

Tabelle [1]

$w_{evap,m}$	Monatlicher Faktor zur Berücksichtigung der Betriebszeit der Kühlung durch Verdunstung (-), bestimmt gemäß Punkt B.3.3
$\dot{V}_{hyg,cool,sec\ i}$	Volumenstrom der Hygienelüftung in der Energiezone i für die Kühlungsberechnungen in m^3/h, bestimmt gemäß Punkt 7.8.5

Für alle Energiezonen i der Lüftungszone z, die an die Verdunstungskühlanlage angeschlossen sind, ist die Summe zu bilden.

12 Monatliche Stromerzeugung mit lokalen PV-Anlagen und lokalen KWK-Anlagen

12.1 Photovoltaikanlagen

12.1.1 Prinzip

Die monatliche Stromerzeugung mit einer lokalen PV-Anlage wird bestimmt durch Multiplikation der monatlichen Sonneneinstrahlung mit dem Umwandlungswirkungsgrad. Abgesehen von der Bestimmung der Erzeugung ist das Verfahren ähnlich wie bei Solarthermieanlagen. Die Auswirkung der Verschattung ist jedoch größer. Sobald verschiedene Bereiche der PV-Anlage verschiedene Ausrichtungen, Einfallwinkel oder eine unterschiedliche Verschattung haben, müssen sie als einzelne Anlage berechnet werden.

Es werden nur die PV-Anlagen berücksichtigt, die auf dem gleichen Grundstück wie das Gebäude installiert sind, in dem sich die jeweilige EEW-Einheit befindet. Die Module müssen also faktisch auf dem Dach oder an der Fassade des Hauptgebäudes oder eines Nebengebäudes oder direkt auf dem Boden aufgestellt sein (z. B. bewegliche Solarmodule).

Sind mehrere EEW-Einheiten (für Wohn- und/oder für Nicht-Wohnzwecke) und/oder Gebäudeabschnitte an die PV-Anlage angeschlossen, die keine eigene (beheizte oder unbeheizte) EEW-Einheit bilden, wird die Stromerzeugung anteilig entsprechend dem V_{EPR}- oder V_{EPNR}-Volumen im Verhältnis zum Gesamtvolumen aller Gebäudeabschnitte auf die einzelnen Volumen aufgeteilt, die sich den mit der gemeinsamen PV-Anlage erzeugten Strom teilen.

12.1.2 Berechnungsregel

Die monatliche Stromerzeugung in kWh für eine PV-Anlage i berechnet sich wie folgt:

Gl. 128 $$W_{pv,m,i} = \frac{P_{pv,i} \cdot RF_{pv,i} \cdot c_{pv,i} \cdot I_{s,m,i,shad}}{3600} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$P_{pv,i}$	Spitzenleistung der PV-Anlage i in W bei einer Strahlungsleistung von 1000 W/m², bestimmt gemäß NBN EN 60904-1
$RF_{pv,i}$	Reduktionsfaktor der PV-Anlage (-) mit dem festen Wert 0,75
$c_{pv,i}$	Korrekturfaktor für die Verschattung, berechnet gemäß Punkt 12.1.3
$I_{s,m,i,shad}$	Sonneneinstrahlung auf der Oberfläche der PV-Anlage i im betreffenden Monat unter Berücksichtigung der Verschattung in MJ/m², bestimmt gemäß Annexe C der vorliegenden Anlage

12.1.3 Korrekturfaktor für die Verschattung

Der Korrekturfaktor für die Verschattung wird wie folgt bestimmt:

Gl. 129 $$c_{pv,i} = \max\left(0 \; ; \; 1{,}26 \cdot \frac{I_{s,m,i,shad}}{I_{s,m,i,horshad}} - 0{,}26\right) \quad (-)$$

Dabei ist:

$I_{s,m,i,shad}$ Sonneneinstrahlung in MJ/m² auf der Oberfläche der PV-Anlage i im betreffenden Monat unter Berücksichtigung der Verschattung durch feste Hindernisse, bestimmt gemäß Annexe C der vorliegenden Anlage

$I_{s,m,i,horshad}$ Sonneneinstrahlung in MJ/m² auf der Oberfläche der PV-Anlage i im betreffenden Monat unter Berücksichtigung der Horizontverschattung, bestimmt gemäß Annexe C der vorliegenden Anlage. Andere Hindernisse (Überstände und ähnliche Abschirmungen) werden bei dieser Berechnung also nicht berücksichtigt.

Anders als bei Fenstern und Solarthermieanlagen darf die Berechnung also nicht mit den Standardwerten F_S, die in Annexe C der vorliegenden Anlage angegeben werden, ausgeführt werden. Für PV-Anlagen muss immer eine detaillierte Erfassung der Verschattung vorgenommen werden.

(Falls es außer dem Horizont keine anderen verschattenden Hindernisse gibt, ist $I_{s,m,i,horshad}$ gleich $I_{s,m,i,shad}$, $c_{pv,m,i}$ gleich 1 und es erfolgt also kein Abzug vom erzeugten Strom.)

12.2 Kraft-Wärme-Kopplung

12.2.1 Prinzip

Mit einer KWK-Anlage werden Wärme und Strom zugleich erzeugt. Der Endenergieverbrauch (also der Brennstoffverbrauch) einer KWK-Anlage wird in Punkt 10.2.2 und 10.3.2 berechnet. In diesem Abschnitt wird die Stromerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung bestimmt. Der so erzeugte Strom wird in Punkt 13.8 in eingesparte Primärenergie umgerechnet.

12.2.2 Stromerzeugung

Die mit einer KWK-Anlage i lokal erzeugte Strommenge wird wie folgt bestimmt:

Gl. 130 $$W_{cogen,i,m} = \frac{\varepsilon_{cogen,elec}}{3{,}6} \cdot Q_{cogen,final,i,m} \quad (kWh)$$

Dabei ist:

$\varepsilon_{cogen,elec}$ Elektrischer Umwandlungswirkungsgrad der KWK-Anlage wie in Anlage A.2 Abschnitt A.2 des vorliegenden Erlasses bestimmt

$Q_{cogen,final,i,m}$ Monatlicher Endenergieverbrauch der KWK-Anlage i in MJ, wie nachstehend bestimmt

Der monatliche Endenergieverbrauch der KWK-Anlage i wird anhand der Nutzwärme bestimmt, die die KWK-Anlage liefern kann:

Gl. 131

$$Q_{cogen,final,i,m} = \sum_i f_{heat,m,pref} \cdot (1 - f_{as,heat,sec\,i,m}) \cdot Q_{heat,gross,seci,m} / \eta_{gen,heat,cogen} + \sum_i f_{water,bath\,i,m,pref} \cdot (1 - f_{as,water,bath\,i,m}) \cdot Q_{water,bath\,i,gross,m} / \eta_{gen,water,bath\,i,m,cogen} + \sum_i f_{water,sink\,i,m,pref} \cdot (1 - f_{as,water,sink\,i,m}) \cdot Q_{water,sink\,i,gross,m} / \eta_{gen,water,sink\,i,m,cogen} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$f_{heat,m,pref}$	Anteil der durch Kraft-Wärme-Kopplung an eine Energiezone i gelieferten Wärme, bestimmt gemäß Punkt 10.2.2
$f_{as,m}$	Anteil am Gesamtwärmebedarf, der mit dem Solarthermiesystem abgedeckt wird, bestimmt gemäß Punkt 10.4, jeweils mit dem Index „heat, sec i" für den Wärmebedarf der Energiezone i und „water,bath i" bzw. „water,sink i" für die Warmwasserbereitung für die Dusche oder Badewanne i bzw. für die Küchenspüle i
$Q_{heat,gross,sec\,i,m}$	Monatlicher Bruttoenergiebedarf für Heizung der Energiezone i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 9.2.1
$\eta_{gen,heat,cogen}$	Monatlicher Erzeugungswirkungsgrad der KWK-Anlage, bestimmt gemäß Punkt 10.2.3, (-)
$f_{water,bath\,i,m,pref}$	Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung an der Versorgung mit Wärme für die Warmwasserbereitung für eine Dusche oder Badewanne i, bestimmt gemäß Punkt 10.3.2
$Q_{water,bath\,i,gross,m}$	Monatlicher Bruttoenergiebedarf für Warmwasserbereitung für eine Dusche oder Badewanne i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 9.3.1
$\eta_{gen,water,bath\,i,m,cogen}$	Monatlicher Erzeugungswirkungsgrad der KWK-Anlage für die Warmwasserbereitung für die Badewanne oder Dusche i (-), bestimmt gemäß Punkt 10.3.3
$f_{water,sink\,i,m,pref}$	Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung an der Versorgung mit Wärme für die Warmwasserbereitung für eine Küchenspüle i, bestimmt gemäß Punkt 10.3.2
$Q_{water,sink\,i,gross,m}$	Monatlicher Bruttoenergiebedarf für die Warmwasserbereitung für eine Küchenspüle i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 9.3.1
$\eta_{gen,water,sink\,i,m,cogen}$	Monatlicher Erzeugungswirkungsgrad der KWK-Anlage für die Warmwasserbereitung für die Küchenspüle i (-), bestimmt gemäß Punkt 10.3.3

Für alle Energiezonen i der EEW-Einheit, die mit der KWK-Anlage i geheizt werden, und für alle Duschen, Badewannen und Küchenspülen i der EEW-Einheit, für die die KWK-Anlage i Wärme für die Warmwasserbereitung liefert, ist die Summe zu bilden.

13 Primärenergieverbrauch

13.1 Vorbemerkung

Bei der Umrechnung des Endenergieverbrauchs in den Primärenergieverbrauch werden die Umrechnungsfaktoren für Primärenergie in die Energiebilanz aufgenommen. Im Anschluss werden alle Einzelergebnisse zum charakteristischen Jahresverbrauch an Primärenergie addiert. Für lokal erzeugten Strom mit PV-Anlagen oder KWK-Anlagen wird bei der Berechnung ein Bonus für die entsprechende Brennstoffeinsparung in den Kraftwerken angerechnet.

13.2 Charakteristischer Jahresverbrauch an Primärenergie

Der charakteristische Jahresverbrauch an Primärenergie einer EEW-Einheit wird wie folgt bestimmt:

Gl. 132 $$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons} = \sum_{m=1}^{12} \left(E_{p,heat,m} + E_{p,water,m} + E_{p,aux,m} + E_{p,cool,m} - E_{p,pv,m} - E_{p,cogen,m} \right) \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$E_{p,heat,m}$ Monatlicher Primärenergieverbrauch für Raumheizung in MJ, bestimmt gemäß Punkt 13.3

$E_{p,water,m}$ Monatlicher Primärenergieverbrauch für Warmwasserbereitung in MJ, bestimmt gemäß Punkt 13.4

$E_{p,aux,m}$ Monatlicher Primärenergieverbrauch für Hilfsaggregate in MJ, bestimmt gemäß Punkt 13.5

$E_{p,cool,m}$ Äquivalenter monatlicher Primärenergieverbrauch für Kühlung in MJ, bestimmt gemäß Punkt 0

$E_{p,pv,m}$ Monatliche Primärenergieeinsparung durch die Stromerzeugung mit PV-Anlagen in MJ, bestimmt gemäß Punkt 13.7

$E_{p,cogen,m}$ Monatliche Primärenergieeinsparung durch die Stromerzeugung mit einer lokalen KWK-Anlage in MJ, bestimmt gemäß Punkt 13.8

13.3 Primärenergieverbrauch für Raumheizung

Der monatliche Primärenergieverbrauch der EEW-Einheit für Heizung wird wie folgt bestimmt:

Gl. 133 $$E_{p,heat,m} = \sum_{i} \left(f_p \cdot Q_{heat,final,sec\ i,m,pref} + f_p \cdot Q_{heat,final,sec\ i,m,npref} \right) \quad (MJ)$$

Dabei ist:

f_p Konventioneller Umrechnungsfaktor der Energiequelle des betreffenden Wärmeerzeugers in Primärenergie gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage (-)

$Q_{heat,final,sec\ i,m,pref}$ Monatlicher Endenergieverbrauch des Hauptwärmeerzeugers für Raumheizung einer Energiezone i in MJ, ohne den Energieverbrauch für Hilfsaggregate, bestimmt gemäß Punkt 10.2.2

$Q_{heat,final,sec\ i,m,npref}$ Monatlicher Endenergieverbrauch des Hilfswärmeerzeugers für Raumheizung einer Energiezone i in MJ, ohne den Energieverbrauch für Hilfsaggregate, bestimmt gemäß Punkt 10.2.2

Für alle Energiezonen I der EEW-Einheit ist die Summe zu bilden.

13.4 Primärenergieverbrauch für Warmwasserbereitung

Der monatliche Primärenergieverbrauch der EEW-Einheit für Warmwasserbereitung wird wie folgt bestimmt:

Gl. 134
$$E_{p,water,m} = \sum_i \left(f_p \cdot Q_{water,bath\ i,final,m,pref} + f_p \cdot Q_{water,bath\ i,final,m,npref} \right) + \sum_i \left(f_p \cdot Q_{water,sink\ i,final,m,pref} + f_p \cdot Q_{water,sink\ i,final,m,npref} \right) \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

f_p	Konventioneller Umrechnungsfaktor der Energiequelle des betreffenden Wärmeerzeugers in Primärenergie gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage (-)
$Q_{water,bath\ i,final,m,pref}$	Monatlicher Endenergieverbrauch des Hauptwärmeerzeugers für Warmwasserbereitung für eine Dusche oder eine Badewanne i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 10.3.2
$Q_{water,bath\ i,final,m,npref}$	Monatlicher Endenergieverbrauch des Nebenwärmeerzeugers für Warmwasserbereitung für eine Dusche oder eine Badewanne i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 10.3.2
$Q_{water,sink\ i,final,m,pref}$	Monatlicher Endenergieverbrauch des Hauptwärmeerzeugers für Warmwasserbereitung für eine Küchenspüle i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 10.3.2
$Q_{water,sink\ i,final,m,npref}$	Monatlicher Endenergieverbrauch des Nebenwärmeerzeugers für Warmwasserbereitung für eine Küchenspüle i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 10.3.2

Für alle Duschen und Badewannen i der EEW-Einheit sowie für alle Küchenspülen i der EEW-Einheit ist die Summe zu bilden.

13.5 Primärenergieverbrauch von Hilfsaggregaten

Der Primärenergieverbrauch der Zusatzgeräte, der Lüftung und der Vorkühlung, $E_{p,aux,m,}$, wird wie folgt berechnet:

Gl. 319
$$E_{p,aux,m} = f_p \cdot 3,6 \cdot (W_{aux,fans,m} + W_{aux,dis,m} + W_{aux,gen,m} + W_{precool,m}) \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

f_p	Konventioneller Umrechnungsfaktor der betreffenden Energiequelle in Primärenergie gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage (-)
$W_{aux,fans,m}$	der monatliche Stromverbrauch in kWh der Ventilatoren in der PER-Einheit - er wird gemäß § 11.2 ermittelt.
$W_{aux,dis,m}$	der monatliche Hilfsstromverbrauch in kWh für die Verteilung in der PER-Einheit - er wird gemäß § 11.1.1
$W_{aux,gen,m}$	der monatliche Hilfsstromverbrauch in kWh der Erzeugung in der PER-Einheit - er wird gemäß § 11.1.2.
$W_{aux,precool,m}$	Monatlicher Stromverbrauch der Vorkühlung der Zuluft in kWh, bestimmt gemäß Punkt 11.3

13.6 Äquivalenter Primärenergieverbrauch für Kühlung

Der äquivalente monatliche Energieverbrauch für Kühlung wird wie folgt bestimmt:

Gl. 136 $$E_{p,cool,m} = \sum_i \left(f_p \cdot 3,6 \cdot Q_{cool,final,sec\ i,m}\right)$$ (MJ)

Dabei ist:

$Q_{cool,final,sec\ i,m}$ Äquivalenter monatlicher Energieverbrauch für Kühlung in kWh, bestimmt gemäß Punkt 10.5

f_p Konventioneller Umrechnungsfaktor in Primärenergie für Strom gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage (-)

Für alle Energiezonen i der EEW-Einheit ist die Summe zu bilden.

13.7 Primärenergieeinsparung durch Stromerzeugung mit einer PV-Anlage

Die äquivalente monatliche Primärenergieeinsparung durch die Stromerzeugung mit PV-Anlagen wird wie folgt bestimmt:

Gl. 137 $$E_{p,pv,m} = \sum_i \left(f_p \cdot 3,6 \cdot W_{pv,m,i}\right)$$ (MJ)

Dabei ist:

f_p Konventioneller Umrechnungsfaktor in Primärenergie für Strom gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage (-)

$W_{PV,m,i}$ Monatliche Stromerzeugung der lokalen PV-Anlage i in kWh, bestimmt gemäß Punkt 12.1.2

Für alle PV-Anlagen i ist die Summe zu bilden, wobei die Aufteilungsregeln in Punkt 12.1.1 zu berücksichtigen sind.

13.8 Primärenergieeinsparung durch Stromerzeugung mit einer lokalen KWK-Anlage

Die äquivalente monatliche Primärenergieeinsparung durch die Stromerzeugung mit einer oder mehreren lokalen KWK-Anlagen wird wie folgt bestimmt:

Gl. 138 $$E_{p,cogen,m} = \sum_i \left(f_p \cdot 3,6 \cdot W_{cogen,m,i}\right)$$ (MJ)

Dabei ist:

f_p Konventioneller Umrechnungsfaktor für die Stromerzeugung mit Kraft-Wärme-Kopplung in Primärenergie gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage (-)

$W_{cogen,i,m}$ Monatliche Stromerzeugung der lokalen KWK-Anlage in kWh, bestimmt gemäß Punkt 12.2.2

Für alle lokalen KWK-Anlagen i einer EEW-Einheit ist die Summe zu bilden.

14 CO_2-Emissionen

14.1 Vorbemerkung

Der Endenergieverbrauch setzt sich zusammen aus der Menge der verbrauchten Brennstoffe und der Menge des verbrauchten Stroms. Dabei fallen gewisse CO_2-Emissionen an. Der Strom, der mit PV-Anlagen und/oder KWK-Anlagen erzeugt wird, ermöglicht die Vermeidung von CO_2-Emissionen bei der herkömmlichen Stromerzeugung und wird abgezogen. Diese CO_2-Emissionen können für einen Teilverbrauch bestimmt und im Anschluss zur charakteristischen jährlichen CO_2-Emission addiert werden.

Die CO_2-Emissionsfaktoren ((f_{CO2}) der verschiedenen Energieträger finden sich in Annexe F der vorliegenden Anlage.

14.2 Charakteristische jährliche CO_2-Emission

Die charakteristische jährliche CO_2-Emission durch den Energieverbrauch einer EEW-Einheit wird wie folgt bestimmt:

Gl. 241 $$CO_{2,tot} = \sum_{m=1}^{12} (CO_{2,heat,m} + CO_{2,water,m} + CO_{2,aux,m} + CO_{2,cool,m} - CO_{2,PV,m} - CO_{2,cogen,m}) \quad (kg)$$

$CO_{2,heat,m}$	Monatliche CO_2-Emission durch Raumheizung in kg, bestimmt gemäß Punkt 14.3
$CO_{2,water,m}$	Monatliche CO_2-Emission durch Warmwasserbereitung in kg, bestimmt gemäß Punkt 14.4
$CO_{2,aux,m}$	Monatliche CO_2-Emission durch Hilfsaggregate in kg, bestimmt gemäß Punkt 14.5
$CO_{2,cool,m}$	Äquivalente monatliche CO_2-Emission durch Kühlung in kg, bestimmt gemäß Punkt 14.6
$CO_{2,PV,m}$	Pro Monat vermiedene CO_2-Emission durch Stromerzeugung mit lokalen PV-Anlagen in kg, bestimmt gemäß Punkt 14.7
$CO_{2,cogen,m}$	Pro Monat vermiedene CO_2-Emission durch Stromerzeugung mit einer lokalen KWK-Anlage in kg, bestimmt gemäß Punkt 14.8

14.3 Monatliche CO_2-Emission durch Raumheizung

Die monatliche CO_2-Emission einer EEW-Einheit durch Raumheizung wird wie folgt bestimmt:

Gl. 242 $$CO_{2,heat,m} = \sum_{i} (f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{heat,final,sec\ i,m,pref} + f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{heat,final,sec\ i,m,npref}) \quad (kg)$$

Dabei ist:

f_{CO2}	CO_2-Emissionsfaktor des Energieträgers des jeweiligen Wärmeerzeugers im Verhältnis zum Heizwert in kg/MJ gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage
$f_{NCV/GCV}$	Multiplikationsfaktor gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage, der dem Verhältnis von Heizwert zu Brennwert des verwendeten Brennstoffs entspricht (-)
$Q_{heat,final,sec\ i,m,pref}$	Monatlicher Endenergieverbrauch des Hauptwärmeerzeugers für Raumheizung einer Energiezone i in MJ, ohne den Energieverbrauch für Hilfsaggregate, bestimmt gemäß Punkt 10.2.2

$Q_{heat,final,sec\ i,m,npref}$ Monatlicher Endenergieverbrauch des Hilfswärmeerzeugers für Raumheizung einer Energiezone i in MJ, ohne den Energieverbrauch für Hilfsaggregate, bestimmt gemäß Punkt 10.2.2

Für alle Energiezonen i der EEW-Einheit ist die Summe zu bilden.

14.4 Monatliche CO_2-Emission durch Warmwasserbereitung

Die monatliche CO_2-Emission der EEW-Anlage durch Warmwasserbereitung wird wie folgt ermittelt:

Gl. 243

$$CO_{2,water,m} = \sum_i (f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{water,bath\ i,final,m,pref} + f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{water,bath\ i,final,m,npref}) + \sum_i (f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{water,sink\ i,final,m,pref} + f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{water,sink\ i,final,m,npref}) \quad (kg)$$

Dabei ist:

f_{CO2} CO_2-Emissionsfaktor des Energieträgers des jeweiligen Wärmeerzeugers im Verhältnis zum Heizwert in kg/MJ gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage

$f_{NCV/GCV}$ Multiplikationsfaktor gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage, der dem Verhältnis von Heizwert zu Brennwert des verwendeten Brennstoffs entspricht (-)

$Q_{water,bath\ i,final,m,pref}$ Monatlicher Endenergieverbrauch des Hauptwärmeerzeugers für Warmwasserbereitung für eine Dusche oder eine Badewanne i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 10.3.2

$Q_{water,bath\ i,final,m,npref}$ Monatlicher Endenergieverbrauch des Nebenwärmeerzeugers für Warmwasserbereitung für eine Dusche oder eine Badewanne i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 10.3.2

$Q_{water,sink\ i,final,m,pref}$ Monatlicher Endenergieverbrauch des Hauptwärmeerzeugers für Warmwasserbereitung für eine Küchenspüle i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 10.3.2

$Q_{water,sink\ i,final,m,npref}$ Monatlicher Endenergieverbrauch des Nebenwärmeerzeugers für Warmwasserbereitung für eine Küchenspüle i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 10.3.2

Für alle Duschen und Badewannen i der EEW-Einheit sowie für alle Küchenspülen i der EEW-Einheit ist die Summe zu bilden.

14.5 Monatliche CO_2-Emission durch den Energieverbrauch von Hilfsaggregaten

Die monatliche CO_2-Emission der EEW-Einheit durch Hilfsaggregate wird wie folgt bestimmt:

Gl. 320

$$CO_{2,aux,m} = f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot 3{,}6 \cdot \left(W_{aux,fans,m} + W_{aux,dis,m} + W_{aux,gen,m} + W_{aux,precool,m}\right) \quad (kg)$$

Dabei ist:

f_{CO2} CO_2-Emissionsfaktor des Energieträgers des jeweiligen Wärmeerzeugers im Verhältnis zum Heizwert in kg/MJ gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage

$f_{NCV/GCV}$ Multiplikationsfaktor gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage, der dem Verhältnis von Heizwert zu Brennwert des verwendeten Brennstoffs entspricht (-)

$W_{aux,fans,m}$ der monatliche Stromverbrauch in kWh der Ventilatoren in der PER-Einheit - er wird gemäß § 11.2 ermittelt.

$W_{aux,dis,m}$ der monatliche Hilfsstromverbrauch in kWh der Verteilung in der PER-Einheit - er wird gemäß § 11.1.1

$W_{aux,gen,m}$ der monatliche Hilfsstromverbrauch in kWh der Erzeugung in der PER-Einheit - er wird gemäß § 11.1.2.

$W_{aux,precool,m}$ Monatlicher Stromverbrauch der Vorkühlung der Zuluft in kWh, bestimmt gemäß Punkt 11.3

Für alle Zündflammen i der Wärmeerzeuger, die zur Heizung und/oder Warmwasserbereitung der EEW-Einheit beitragen, ist die Summe zu bilden.

14.6 Monatliche CO_2-Emission durch Kühlung

Die monatliche CO_2-Emissionen der EEW-Anlage durch Kühlung wird wie folgt bestimmt:

Gl. 245 $$CO_{2,cool,m} = \sum_i (s_{cool,i} \cdot f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot 3,6 \cdot Q_{cool,final\ sec\ i,m}) \quad \text{(kg)}$$

Dabei ist:

$s_{cool,i}$ Multiplikationsfaktor, bestimmt für jede Energiezone i mit folgendem Wert:

1 bei Vorhandensein einer aktiven Kühlung

0 bei Fehlen jeglicher aktiven Kühlung

f_{CO2} CO_2-Emissionsfaktor des Energieträgers des jeweiligen Wärmeerzeugers im Verhältnis zum Heizwert in kg/MJ gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage

$f_{NCV/GCV}$ Multiplikationsfaktor gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage, der dem Verhältnis von Heizwert zu Brennwert des verwendeten Brennstoffs entspricht (-)

$Q_{cool,final,sec\ i,m}$ Äquivalenter monatlicher Energieverbrauch für Kühlung in kWh, bestimmt gemäß Punkt 10.5

Für alle Energiezonen i der EEW-Einheit ist die Summe zu bilden.

14.7 Monatlich vermiedene CO_2-Emission durch Stromerzeugung mit einer lokalen PV-Anlage

Die CO_2-Emission der EEW-Einheit, die jeden Monat durch die Stromerzeugung mit lokalen PV-Anlagen vermieden wird, wird wie folgt bestimmt:

Gl. 246 $$CO_{2,PV,m} = \sum_i \left(f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot 3,6 \cdot W_{PV,m,i}\right) \quad \text{(kg)}$$

Dabei ist:

f_{CO2} CO_2-Emissionsfaktor des Energieträgers des jeweiligen Wärmeerzeugers im Verhältnis zum Heizwert in kg/MJ gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage

$f_{NCV/GCV}$ Multiplikationsfaktor gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage, der dem Verhältnis von Heizwert zu Brennwert des verwendeten Brennstoffs entspricht (-)

$W_{PV,m,i}$ Monatliche Stromerzeugung der lokalen PV-Anlage i in kWh, bestimmt gemäß Punkt 12.1.2

Für alle lokalen PV-Anlagen i der EEW-Einheit ist die Summe zu bilden, wobei die Aufteilungsvorgaben in Punkt 12.1.1 zu berücksichtigen sind.

14.8 Monatlich vermiedene CO_2-Emission durch Stromerzeugung mit einer lokalen KWK-Anlage

Die CO_2-Emission der EEW-Einheit, die jeden Monat durch die Stromerzeugung mit einer lokalen KWK-Anlage vermieden werden kann, wird wie folgt bestimmt:

Gl. 247 $$CO_{2,PV,m} = \sum_i \left(f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot 3,6 \cdot W_{cogen,m,i}\right) \quad \text{(kg)}$$

Dabei ist:

f_{CO2}	CO_2-Emissionsfaktor des Energieträgers des jeweiligen Wärmeerzeugers im Verhältnis zum Heizwert in kg/MJ gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage
$f_{NCV/GCV}$	Multiplikationsfaktor gemäß Annexe F der vorliegenden Anlage, der dem Verhältnis von Heizwert zu Brennwert des verwendeten Brennstoffs entspricht (-)
$W_{cogen,i,m}$	Monatliche Stromerzeugung der lokalen KWK-Anlage in kWh, bestimmt gemäß Punkt 12.2.2

Für alle lokalen KWK-Anlagen i einer EEW-Einheit ist die Summe zu bilden.

Annexe A Behandlung von angrenzenden unbeheizten Räumen

Für angrenzende unbeheizte Räume wird ein Reduktionsfaktor b bestimmt (siehe NBN EN ISO 13789).

Bei der Bestimmung der Energieeffizienz können angrenzende unbeheizte Räume standardmäßig nach einer der beiden unten aufgeführten vereinfachten Möglichkeiten angegeben behandelt werden.

A.1 Möglichkeit 1

Es ist immer noch zulässig, die Außengeometrie von angrenzenden unbeheizten Räumen zu vernachlässigen:

- Bei der Bestimmung des Nettoenergiebedarfs für Heizung wird angenommen, dass die Temperatur in angrenzenden unbeheizten Räumen der Außentemperatur entspricht (Reduktionsfaktor b = 1). Es wird davon ausgegangen, dass keine Sonneneinstrahlung bis zum geschützten Volumen vordringt.
- Bei der Berechnung des Indikators für Überhitzungsgefahr und bei der Bestimmung des Nettoenergiebedarfs für Kühlung wird angenommen, dass die Temperatur in angrenzenden unbeheizten Räumen der im geschützten Volumen entspricht (Reduktionsfaktor b = 0). Der Transmissionswärmestrom vom geschützten Volumen in angrenzende unbeheizte Räume wird also nicht berücksichtigt. Bezüglich der Sonneneinstrahlung wird davon ausgegangen, dass angrenzende unbeheizte Räume kein Hindernis darstellen.

A.2 Möglichkeit 2

Diese Möglichkeit gilt nur, wenn der angrenzende unbeheizte Raum nur an eine Energiezone angrenzt, und wenn es zwischen dem angrenzenden unbeheizten Raum und dem geschützten Volumen keine Hygienelüftung gibt.

Wenn ein unbeheizter angrenzender Raum an mehrere Energiezonen grenzt, kann der Minister ergänzende Vorschriften festlegen, die eine Unterteilung des unbeheizten angrenzenden Raums in mehrere kleinere fiktive unbeheizte angrenzende Räume ermöglichen, die jeweils an nur eine Energiezone angrenzen.

Wenn mehrere angrenzende unbeheizte Räume auch aneinander grenzen, wird davon ausgegangen, dass es zwischen den angrenzenden unbeheizten Räumen keine Wärmetransmission und keinen Luftaustausch (durch Hygienelüftung oder durch In- oder Exfiltration) gibt. Die Wand wird auch als opak betrachtet.

Interne Wärmegewinne werden in angrenzenden unbeheizten Räumen als gleich 0 zugrunde gelegt.

Der Reduktionsfaktor b ist nach der Norm NBN EN ISO 13789 zu bestimmen. In Bezug auf Bauknoten sind die in Punkt 7.4 genannten Vorgaben anzuwenden (Unterscheidung zwischen Berechnungen für Heizung einerseits und Berechnungen für Kühlung und Überhitzung andererseits).

Die indirekten Solargewinne der angrenzenden Energiezone (siehe Punkt 7.10.2) entsprechen dem Anteil (1-b) der in angrenzenden unbeheizten Räumen absorbierten Solargewinne. Sowohl der Reduktionsfaktor b als auch die Solargewinne können bei den Heizungsberechnungen und den Berechnungen für den Überhitzungsindikator und für Kühlung aufgrund einer unterschiedlichen Luftwechselrate und/oder einem unterschiedlichen Nutzungsfaktor des etwaigen Sonnenschutzes unterschiedlich sein.

Die direkte Sonneneinstrahlung durch den angrenzenden unbeheizten Raum wird nur berücksichtigt, wenn die äußere Wand des angrenzenden unbeheizten Raums senkrecht zur Fenstermitte zwischen angrenzendem unbeheiztem Raum und geschütztem Volumen auch transparent/durchscheinend ist. Bei der Bestimmung der Verschattungswinkel des Fensters zwischen angrenzendem unbeheiztem Raum und geschütztem Volumen ist die Geometrie des angrenzenden unbeheizten Raums zu berücksichtigen (z. B. Dach opak). Von der durch das Fenster zwischen angrenzendem unbeheiztem Raum und geschütztem Volumen einfallenden Sonneneinstrahlung ist das Produkt aus $0,95 \times F_F \times g_g$ der gegenüberliegenden transparenten/durchscheinenden Außenwand abzuziehen. Bei der Bestimmung des Solargewinns, der im angrenzenden unbeheizten Raum absorbiert wird, ist die direkte Sonneneinstrahlung im angrenzenden unbeheizten Raum vom Solargewinn insgesamt im angrenzenden unbeheizten Raum abzuziehen.

Annexe B Volumenstrom der Hygienelüftung

Ein begrenztes Volumen, das nicht für Wohnzwecke bestimmt ist, kann Teil einer EEW-Einheit sein.

In dem Teil eines Gebäudes, der zu Wohnzwecken bestimmt ist, müssen die Lüftungsvorrichtungen den Anforderungen in Anlage C.2 des vorliegenden Erlasses entsprechen. Diese Anforderungen beinhalten eine Mindestauslegungsleistung. Im Folgenden ist unter dem Begriff „verlangter Volumenstrom" für Wohnbereiche die in Anlage C.2 des vorliegenden Erlasses festgelegte Mindestauslegungsleistung zu verstehen. Immer wenn die Rede vom „verlangten Frischluftstrom" ist, wird die gesamte Mindestauslegungsleistung der Zuluftzuleitung eines Raumes hinzugerechnet, es wird also davon ausgegangen, dass keine Rückführung der Raumluft vorgenommen wird.

Die Lüftungsvorrichtungen von nicht für Wohnzwecke bestimmten Gebäudeabschnitten müssen die Anforderungen in Anlage C.3 des vorliegenden Erlasses erfüllen. Dieser beinhaltet den minimalen Volumenstrom (für eine bestimmte Mindestauslastung und eine bestimmte Mindestqualität der Luft), für den die Lüftungsvorrichtungen ausgelegt sein müssen. Der Architekt kann für eine höhere Auslastung eine höhere Auslegungsleistung, eine bessere gewünschte Luftqualität usw. wählen. In nicht für Wohnzwecke bestimmten Gebäudeabschnitten wird der vom Architekten festgelegte Volumenstrom im Folgenden mit dem Begriff „verlangter Volumenstrom" bezeichnet.

Im Folgenden werden verschiedene Termini der mechanischen Systeme in der so genannten "Nennstellung" der Ventilatoren beurteilt. Soweit auf der Schalttafel nicht ausdrücklich etwas anderes angegeben ist, entspricht die Nennstellung der Maximalstellung. In der Nennstellung muss die mechanische Luftzufuhr oder -ableitung in jedem Raum mindestens dem verlangten Volumenstrom entsprechen.

Der Multiplikationsfaktor m und der Reduktionsfaktor für Vorwärmung r muss für jede Lüftungszone einzeln bestimmt werden. Räume der EEW-Einheit, für die keine Anforderungen bezüglich Zuluft, Überströmung oder Abluftableitung nach außen gelten, sind einer benachbarten Lüftungszone zuzuordnen. Wenn es mehrere benachbarte Lüftungszonen gibt, sind sie der Zone zuzuordnen, mit der sie ggf. über eine innere Verbindung verbunden sind. Wenn es keine solche Verbindung gibt, kann die Zuordnung nach eigenem Ermessen erfolgen.

Nach den in Punkt 5.3 festgelegten Vorgaben für die Aufteilung einer EEW-Einheit in Energiezonen kann eine Energiezone nicht mehrere Lüftungszonen umfassen, da eine Energiezone immer nur eine Art von Lüftungssystem haben darf. Eine Lüftungszone kann durchaus mehrere Energiezonen umfassen., weil beispielsweise die diversen Gebäudeteile unterschiedliche Wärmeabgabesysteme haben (z. B. ein Wohnhaus mit nur einem Lüftungssystem, jedoch mit Heizkörpern im 1. Stock und Fußbodenheizung im Erdgeschoss).

Der Minister kann festlegen, welche Vorgaben für die einzelnen Räume bei der Messung des Volumenstroms anzuwenden sind, die der detaillierten Berechnung der Faktoren m und r_{preh} zugrunde liegt.

B.1 Bestimmung des Multiplikationsfaktors $m_{sec\ i}$ für den Volumenstrom

Der Multiplikationsfaktor $m_{sec\ i}$ einer Energiezone i entspricht dem Multiplikationsfaktor für die Lüftungszone z, zu der die Energiezone gehört:

Gl. 139 $m_{heat,sec\ i} = m_{cool,sec\ i} = m_{overh,sec\ i} = m_{sec\ i} = m_{sec\ i} = m_{zone\ z}$ (-)

Der Multiplikationsfaktor für die Lüftungszone z wird wie folgt bestimmt.

B.1.1 Natürliche Lüftung

Bei der Bestimmung des Multiplikationsfaktors $m_{zone\ z}$ sind bei diesen Systemen folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Bezüglich Zuluft:
  - Selbstregulierungsfähigkeit der verstellbaren Zuluftöffnungen
- Bezüglich Abluft:
  - Selbstregulierungsfähigkeit der Abluftöffnungen
  - Mangelnde Luftdichtheit der Abluftkanäle

$m_{zone\ z}$ wird für jede Lüftungszone z wie folgt bestimmt:

Gl. 140 $$m_{zone\ z} = 1,0 + 0,5 \cdot \left(\frac{r_{nat.supply,\ zone\ z} + r_{nat.exh,\ zone\ z} + r_{leak,stack,\ zone\ z}}{r_{nat.supply,\ zone\ z,def} + r_{nat.exh,\ zone\ z,def} + r_{leak,stack,\ zone\ z,def}} \right)$$ (-)

Dabei ist:

$r_{nat.supply,zone\ z}$	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des Umstands, dass die verstellbaren Zuluftöffnungen in der Lüftungszone z selbstregulierend sind, wie nachstehend bestimmt (-)
$r_{nat.exh,zone\ z}$	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des Umstands, dass die verstellbaren Abluftöffnungen in der Lüftungszone z selbstregulierend sind, wie nachstehend bestimmt (-)
$r_{leak,stack,zone\ z}$	Korrekturfaktor für die mangelnde Luftdichtheit der Abluftkanäle in der Lüftungszone z, wie nachstehend bestimmt (-)
$r_{nat.supply,zone\ z,def}$	Standardwert für $r_{nat.supply,zone\ z}$, wie nachstehend bestimmt (-)
$r_{nat.exh,zone\ z,def}$	Standardwert für $r_{nat.exh,zone\ z}$, wie nachstehend bestimmt (-)
$r_{leak,stack,zone\ z,def}$	Standardwert für $r_{leak,\ stack,zone\ z}$, wie nachstehend bestimmt (-)

B.1.1.1 Korrekturfaktor $r_{nat.supply,zone\ z}$

Zuluftöffnungen, die nach NBN EN 13141-1 geprüft sind, können gemäß Tabelle [18] einer bestimmten Klasse zugeordnet werden. Zu diesem Zweck muss beurteilt werden, inwieweit der Volumenstrom bei geänderter Druckdifferenz konstant bleibt.

Der Korrekturfaktor $r_{nat.supply,zone\ z}$ der Lüftungszone z wird konventionell mit der Klassifizierung nach Tabelle [19] verknüpft. Der Wert für die gesamte Lüftungszone richtet sich nach der einstellbaren Zuluftöffnung (OAR) mit dem höchsten Korrekturfaktor. Der Standardwert ist 0,20.

Tabelle [18]: Regelklasse in Abhängigkeit von der Druckdifferenz

Druckdifferenz P	**Volumenstrom in Abhängigkeit vom nominalen Volumenstrom bei 2 Pa (q_N)**				
(Pa)	**Klasse P_0**	**Klasse P_1**	**Klasse P_2**	**Klasse P_3**	**Klasse P_4**
0 ≤ P < 2 Pa		≥ 0,8√(P/2) und ≤ 1,20q_N	≥ 0,8√(P/2) und ≤ 1,20q_N	≥ 0,8√(P/2) und ≤ 1,20q_N	≥ 0,8√(P/2) und ≤ 1,20q_N
2 Pa	q_N	q_N	q_N	q_N	q_N
2 < P < 5 Pa	Entspricht nicht Klasse P_1	≥ 0,80 q_N und ≤ 1,8 q_N	≥ 0,80 q_N und ≤ 1,8 q_N	≥ 0,80 q_N und ≤ 1,5 q_N	≥ 0,80 q_N und ≤ 1,2 q_N
5 Pa - 10 Pa		≥ 0,70 q_N und ≤ 2,3 q_N	≥ 0,70 q_N und ≤ 2,0 q_N	≥ 0,70 q_N und ≤ 1,5 q_N	≥ 0,80 q_N und ≤ 1,2 q_N
10 Pa – 25 Pa		≥ 0,50 q_N und ≤ 3,0 q_N	≥ 0,50 q_N und ≤ 2,0 q_N	≥ 0,50 q_N und ≤ 1,5 q_N	≥ 0,80 q_N und ≤ 1,2 q_N
25 Pa – 50 Pa		≥ 0,30 q_N und ≤ 3,0 q_N	≥ 0,30 q_N und ≤ 2,0 q_N	≥ 0,30 q_N und ≤ 1,5 q_N	≥ 0,30 q_N und ≤ 1,5 q_N
50 Pa - 100 Pa		≤ 3,0 q_N	≤ 2,0 q_N	≤ 2,0 q_N	≤ 2,0 q_N
100 Pa - 200 Pa		≤ 4,0 q_N	≤ 3,0 q_N	≤ 3,0 q_N	≤ 3,0 q_N

Tabelle [19]: Korrekturfaktor $r_{nat.supply,zone\ z}$

OAR-Klasse	$r_{nat.supply,zone\ z}$
P0	0,20
P1	0,18
P2	0,14
P3	0,08
P4	0,02

B.1.1.2 Korrekturfaktor $r_{nat.exh,zone\ z}$

Nicht selbstregulierende Zuluftöffnungen erhalten folgenden Wert: $r_{nat.exh,zone\ z} = 0,20$

Dies ist auch der Standardwert.

Bessere Werte können nach den vom Minister festgelegten Vorgaben bestimmt werden.

B.1.1.3 Korrekturfaktor $r_{leak,stack,zone\ z}$

Der Wert $r_{leak,stack,zone\ z}$ der Lüftungszone z wird konventionell wie folgt bestimmt:

Gl. 141
$$r_{leak,stack,\ zone\ z} = \frac{\sum_k \dot{V}_{leak,stack,zone\ z,k}}{\dot{V}_{req,exh,zone\ z}} \quad (-)$$

Dabei ist:

$\dot{V}_{leak,stack,zone\ z,k}$ Konventioneller Leckvolumenstrom des Abluftkanals k in der Lüftungszone z in m^3/h

$\dot{V}_{req,exh,zone\ z}$ für die Lüftungszone z verlangter Abluftstrom insgesamt in m^3/h, entspricht der Summe des für jeden Raum verlangten Abluftstroms nach außen

Für alle Abluftkanäle k der Lüftungszone z ist die Summe zu bilden. Der Leckvolumenstrom $\dot{V}_{leak,\ stack,\ zone\ z,\ k}$ eines Abluftkanals k intermittierenden Betriebsdruck nach dem Verfahren durch den Minister bestimmt, oder in Ermangelung eines solchen, einer Messung gemäß den in der Norm NBN EN 14134 beschriebenen Verfahren bestimmt. Üblicherweise wird ein Betriebsdruck von 2 Pa angesetzt.

Wenn kein Messergebnis vorgelegt wird, ist $r_{leak,stack,zone\ z}$ gleich 0,025. Dies ist der Standardwert.

B.1.2 Mechanische Zuluftanlagen

Bei der Bestimmung des Multiplikationsfaktors $m_{zone\ z}$ sind bei diesen Systemen folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Bezüglich Zuluft:
  - Möglicherweise fehlerhafte Regulierung der Zuluftventile
  - Mangelnde Luftdichtheit der Zuluftleitungen
- Bezüglich Abluft:
  - Selbstregulierungsfähigkeit der Abluftöffnungen
  - Mangelnde Luftdichtheit der Abluftkanäle

$m_{zone\ z}$ wird für jede Lüftungszone z wie folgt bestimmt:

Gl. 142
$$m_{zone\ z} = 1,0 + 0,5 \cdot \left(\frac{r_{mech.supply,\ zone\ z} + r_{nat.exh,\ zone\ z} + r_{leak,stack,\ zone\ z}}{r_{mech.supply,\ zone\ z,def} + r_{nat.exh,\ zone\ z,def} + r_{leak,stack,\ zone\ z,def}} \right) \quad (-)$$

Dabei ist:

$r_{mech.supply,zone\ z}$	Korrekturfaktor für die möglicherweise fehlerhafte Regulierung der Zuluftventile in jedem Raum und die mangelnde Luftdichtheit der Zuluftleitungen in der Lüftungszone z wie nachstehend bestimmt (-)
$r_{nat.exh,zone\ z}$	Korrekturfaktor für die Selbstregulierung der Abluftventile in der Lüftungszone z laut Bestimmung in Abschnitt B.1.1 (-)
$r_{leak,stack,zone\ z}$	Korrekturfaktor für die mangelnde Luftdichtheit der Abluftkanäle in der Lüftungszone z laut Bestimmung in Abschnitt B.1.1 (-)
$r_{mech.supply,zone\ z,def}$	Standardwert für $r_{mech.supply,zone\ z}$ wie nachstehend bestimmt (-)
$r_{nat.exh,zone\ z,def}$	Standardwert für $r_{nat.exh,zone\ z}$ laut Bestimmung in Abschnitt B.1.1 (-)
$r_{leak,stack,zone\ z,def}$	Standardwert für $r_{leak,stack,zone\ z}$ laut Bestimmung in Abschnitt B.1.1 (-)

B.1.2.1 Korrekturfaktor $r_{mech.supply,zone\ z}$

$r_{mech.supply,zone\ z}$ wird für jede Lüftungszone z wie folgt bestimmt:

Gl. 143
$$r_{mech.supply,zone\ z} = r_{adj.mech.supply,zone\ z} + \frac{\sum_{l} \dot{V}_{leak,supply\ duct,zone\ z,l}}{\dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z}} \quad (-)$$

Dabei ist:

$r_{adj,mech.supply,zone\ z}$	Korrekturfaktor für die möglicherweise fehlerhafte Regulierung der Zuluftventile in der Lüftungszone z wie nachstehend bestimmt (-)
$\dot{V}_{leak,supply\ duct,zone\ z,l}$	Verluste durch undichte Stellen in den Zuluftleitungen l der Lüftungszone z bei Ventilatoren in Nennstellung in m^3/h, wie nachstehend bestimmt
$\dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z}$	für die Lüftungszone z verlangter Zuluftstrom insgesamt in m^3/h, entspricht der Summe des für jeden Raum verlangten Frischluftstroms

Beim zweiten Term ist die Summe aus allen Zuluftleitungsnetzen l in der Lüftungszone z zu bilden.

Der Korrekturfaktor für die möglicherweise fehlerhafte Regulierung der Zuluftventile einer Lüftungszone z wird wie folgt bestimmt:

- Wenn in der Lüftungszone z nicht der Volumenstrom aller Zuluftventile gemessen wurde (bei Ventilatoren in Nennstellung), gilt:

  $r_{adj,mech.supply,zone\ z} = 0,20$

  Dies ist der Standardwert.

- Wenn in der Lüftungszone z der Volumenstrom aller Zuluftventile gemessen wurde (bei Ventilatoren in Nennstellung), gilt:

  - Wenn die Messwerte des Zuluftstroms für jeden einzelnen Raum zwischen 100 % und 120 % des für den fraglichen Raum verlangten Werts liegen, gilt:

    $r_{adj,mech.supply,zone\ z} = 0$

  - Wenn die Messwerte des Zuluftstroms für jeden einzelnen Raum mindestens 100 % des für den fraglichen Raum verlangten Werts betragen, ein oder mehrere Werte jedoch mehr als 120 % der verlangten Werte betragen, gilt:

Gl. 144
$$r_{adj,mech.supply,zone\ z} = \max\left[0\ ;\ \min\left\{0,20;\ \frac{\sum_{j}\dot{V}_{meas,mech.supply,rm\ j}}{\dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z}} - 1,20\right\}\right] \quad (-)$$

    Dazu ist die Summe des für jeden Raum gemessenen Volumenstroms ($\dot{V}_{meas,mech.supply,rm\ j}$ in m^3/h) aller Zulufträume j der Lüftungszone z zu bilden. $\dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z}$ ist der für die Lüftungszone z verlangte Zuluftstrom insgesamt. Er entspricht der Summe des für jeden einzelnen Raum verlangten Zuluftstroms in m^3/h.

  - Andernfalls gilt:

    $r_{adj,mech.supply,zone\ z} = 0,20$

Die Bestimmung der Leckageverluste aller Netzwerke Kanäle mit intermittierender Betriebsdruck innerhalb der Belüftungszone z bläst wie folgt:

- von jeder der Anordnungen von Kanälen Insufflation messen. Die Messungen werden nach der vom Minister, oder in Abwesenheit bestimmt Prozedur ausgeführt davon, in Übereinstimmung mit den in der Norm EN 14134 beschriebenen Verfahren
- Der Standardwert ist:

Gl. 145
$$\sum_{k}\dot{V}_{leak,supply\ duct,zone\ z,k} = 0,18 \cdot \dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z} \quad (m^3/h)$$

  Dieser Wert gilt:

  - wenn vorher nicht bei allen Zuluftleitungsnetzen Messungen durchgeführt wurden.
  - oder wenn die gemessenen Leckvolumenströme über diesem Standardwert liegen.

B.1.3 Mechanische Abluftanlagen

Bei der Bestimmung des Multiplikationsfaktors $m_{zone\ z}$ sind bei diesen Systemen folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Bezüglich Zuluft:
  - Selbstregulierungsfähigkeit der verstellbaren Zuluftöffnungen
- Bezüglich Abluft:
  - Möglicherweise fehlerhafte Regulierung der Abluftventile
  - Mangelnde Luftdichtheit der Abluftleitungen

$m_{zone\ z}$ wird für jede Lüftungszone z wie folgt bestimmt:

Gl. 146 $$m_{zone\ z} = 1,0 + 0,5 \cdot \left(\frac{r_{nat.supply,zone\ z} + r_{mech.extr,zone\ z}}{r_{nat.supply,zone\ z,def} + r_{mech.\ extr,zone\ z,def}} \right) \quad (-)$$

Dabei ist:

$r_{nat.supply,zone\ z}$	Korrekturfaktor für die Selbstregulierung der Zuluftventile in der Lüftungszone z laut Bestimmung in Abschnitt B.1.1 (-)
$r_{mech.extr,zone\ z}$	Korrekturfaktor für die möglicherweise fehlerhafte Regulierung der Abluftventile in jedem Raum und die mangelnde Luftdichtheit der Abluftleitungen in der Lüftungszone z wie nachstehend bestimmt (-)
$r_{nat.supply,zone\ z,def}$	Standardwert für $r_{nat.supply,zone\ z}$ laut Bestimmung in Abschnitt B.1.1 (-)
$r_{mech.extr,zone\ z,def}$	Standardwert für $r_{mech.extr,zone\ z}$ wie nachstehend bestimmt (-)

B.1.3.1 Korrekturfaktor $r_{mech.extr,zone\ z}$

$r_{mech.extr,zone\ z}$ wird für jede Lüftungszone z wie folgt bestimmt:

Gl. 147 $$r_{mech.extr,zone\ z} = r_{adj,mech.extr,zone\ z} + \frac{\sum_{m} \dot{V}_{leak,extr.duct,zone\ z,m}}{\dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z}} \quad (-)$$

Dabei ist:

$r_{adj,mech.extr,zone\ z}$	Korrekturfaktor für die möglicherweise fehlerhafte Regulierung der Abluftventile in der Lüftungszone z wie nachstehend bestimmt (-)
$\dot{V}_{leak,extr.duct,zone\ z,m}$	Leckverluste in m^3/h durch undichte Stellen im Abluftleitungsnetz m der Lüftungszone z bei Ventilatoren in Nennstellung, wie nachstehend bestimmt
$\dot{V}_{req,mech.extr,zonez}$	Für die Lüftungszone z verlangter Abluftstrom insgesamt in m^3/h, entspricht der Summe des für jeden Raum verlangten Abluftstroms nach außen

Beim zweiten Term ist die Summe für alle Abluftleitungsnetze m in der Lüftungszone z zu bilden.

Der Korrekturfaktor für die möglicherweise fehlerhafte Regulierung der Abluftventile einer Lüftungszone z wird wie folgt bestimmt:

- Wenn nicht der Volumenstrom aller Abluftventile in der Lüftungszone z gemessen wurde (bei Ventilatoren in Nennstellung), gilt:

  $r_{adj,mech.extr,zone\ z} = 0,20$

  Dies ist der Standardwert.

- Wenn der Volumenstrom aller Abluftventile einer Lüftungszone z gemessen wurde (bei Ventilatoren in Nennstellung), gilt:
  - Wenn der gemessene Abluftvolumenstrom jedes Raums zwischen 100 % und 120 % des für den fraglichen Raum verlangten Werts liegt, gilt:

    $r_{adj,mech.extr,zone\ z} = 0$

  - Wenn der Abluftvolumenstrom für jeden einzelnen Raum mindestens 100 % des für den fraglichen Raum verlangten Werts beträgt, ein oder mehrere Werte jedoch mehr als 120 % der verlangten Werte betragen, gilt:

Gl. 148 $$r_{adj,mech.extr,zone\ z} = \max\left[0\ ; \min\left\{0,20; \frac{\sum_j \dot{V}_{meas,mech.extr,rm\ j}}{\dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z}} - 1,20\right\}\right] \quad (-)$$

    Dazu ist die Summe des für jeden Raum gemessenen Volumenstroms ($\dot{V}_{meas,mech.extr,rm\ j}$ in m^3/h) aller Ablufträume j der Lüftungszone z zu bilden. $\dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z}$ ist der für die Lüftungszone z verlangte Abluftvolumenstrom insgesamt. Er entspricht der Summe des für jeden einzelnen Raum verlangten Abluftstroms nach außen in m^3/h.

  - Andernfalls gilt:

    $r_{adj,mech.extr,zone\ z} = 0,20$

Die Bestimmung der Leckageverluste aller Auslasskanäle Netzwerke intermittierenden Betriebsdruck innerhalb der z Belüftungszone wie folgt:

- durch jede der Extraktionskanalsysteme zu messen. Die Messungen werden nach der vom Minister, oder in Abwesenheit bestimmt Prozedur ausgeführt davon, in Übereinstimmung mit den in NBN EN 14134 beschriebenen Verfahren
- Der Standardwert ist:

Gl. 149 $$\sum_l \dot{V}_{leak,\ extr\ duct,\ zone\ z,\ l} = 0,18 \cdot \dot{V}_{req,\ mech.\ extr,\ zone\ z} \quad (m^3/h)$$

  Dieser Wert gilt:
  - wenn vorher nicht bei allen Abluftleitungsnetzen Messungen durchgeführt wurden.
  - oder wenn die gemessenen Leckvolumenströme über diesem Standardwert liegen.

B.1.4 Mechanische Zu- und Abluftanlagen

Bei der Bestimmung des Multiplikationsfaktors $m_{zone\ z}$ sind bei diesen Systemen folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Bezüglich Zuluft:
  - Möglicherweise fehlerhafte Regulierung der Zuluftventile
  - Mangelnde Luftdichtheit der Zuluftleitungen
- Bezüglich Abluft:
  - Möglicherweise fehlerhafte Regulierung der Abluftventile
  - Mangelnde Luftdichtheit der Abluftleitungen

$m_{zone\ z}$ wird für jede Lüftungszone z wie folgt bestimmt:

Gl. 150
$$m_{zone\ z} = 1,0 + 0,5 \cdot \frac{r_{all\ mech,zone\ z}}{r_{all\ mech,zone\ z,def}} \quad (-)$$

Dabei ist:

$r_{all\ mech,zone\ z}$ Korrekturfaktor für die mangelnde Luftdichtheit der Zu- und Abluftleitungen und die möglicherweise fehlerhafte Regulierung der Zu- und Abluftventile in jedem Raum der Lüftungszone z wie nachstehend bestimmt (-)

$r_{all\ mech,zone\ z,def}$ Standardwert für $r_{all\ mech,zone\ z}$ wie nachstehend bestimmt (-)

B.1.4.1 Korrekturfaktor $r_{all\ mech,zone\ z}$

$r_{all\ mech,zone\ z}$ wird für jede Lüftungszone z wie folgt bestimmt:

Gl. 151
$$r_{all\ mech,zone\ z} = \frac{\max\left(\dot{V}_{calc,mech.supply,zone\ z}\ ;\ \dot{V}_{calc,mech.extr,zone\ z}\right)}{\max\left(\dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z}\ ;\ \dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z}\right)} \quad (-)$$

Dabei ist:

Gl. 152
$$\dot{V}_{calc,mech.supply,zone\ z} = r_{adj,mech.supply,zone\ z} \cdot \dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z} + \sum_{l} \dot{V}_{leak,supplyduct,zone\ z,l} \quad (m^3/h)$$

Gl. 153
$$\dot{V}_{calc,mech.extr,zone\ z} = r_{adj,mech.extr,zone\ z} \cdot \dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z} + \sum_{m} \dot{V}_{leak,extr\ duct,zone\ z,m} \quad (m^3/h)$$

Dabei ist:

$r_{adj,mech.supply,zone\ z}$ Korrekturfaktor für die möglicherweise fehlerhafte Regelbarkeit der Zuluftventile in der Lüftungszone z gemäß Bestimmung in Abschnitt 0 (-)

$\dot{V}_{leak,supply\ duct,zone\ z,l}$ Leckverluste der Zuluftleitungen l der Lüftungszone z bei Ventilatoren in Nennstellung in m^3/h gemäß Bestimmung in Abschnitt 0 (-)

$\dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z}$	für die Lüftungszone z verlangter Abluftstrom insgesamt in m^3/h (-), entspricht der Summe des für jeden einzelnen Raum verlangten Frischluftstroms
$r_{adj,mech.extr,zone\ z}$	Korrekturfaktor für die möglicherweise fehlerhafte Regelbarkeit der Abluftventile der Lüftungszone z gemäß Bestimmung in Abschnitt B.1.3 (-)
$\dot{V}_{leak,extr\ duct,zone\ z,m}$	Leckverluste in den Abluftleitungen l der Lüftungszone z bei Ventilatoren in Nennstellung in m^3/h gemäß Bestimmung in Abschnitt B.1.3 (-)
$\dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z}$	für die Lüftungszone z verlangter Abluftstrom insgesamt als Summe des für jeden einzelnen Raum verlangten Abluftstroms nach außen in m^3/h

Es ist die Summe aller Zuluftleitungsnetze l und aller Abluftleitungsnetze m der Lüftungszone z zu bilden.

B.2 Reduktionsfaktor für Vorwärmung

Der Reduktionsfaktor für Vorwärmung r einer Energiezone i entspricht dem Reduktionsfaktor für Vorwärmung der Lüftungszone z, zu der die Energiezone gehört:

Gl. 154 $r_{preh,heat,sec\ i} = r_{preh,heat,zone\ z}$

Gl. 155 $r_{preh,cool,sec\ i} = r_{preh,cool,zone\ z}$

Gl. 156 $r_{preh,overh,sec\ i} = r_{preh,overh,zone\ z}$

Das Verfahren zur Bestimmung des Reduktionsfaktors für die Vorwärmung der Lüftungszone z mit Hilfe eines Wärmerückgewinnungsgeräts ist nachstehend beschrieben. Die Vorgaben für die Behandlung einer Vorwärmung durch Durchführung durch einen angrenzenden unbeheizten Raum und/oder durch eine unterirdische Zuleitung werden vom Minister festgelegt oder gegebenenfalls anhand eines Antrags auf Anwendung des Äquivalenzprinzips bestimmt.

Wenn keine Vorwärmung stattfindet, beträgt der Wert r in jedem Fall 1.

Wärmepumpen, die die Abluft als Wärmequelle nutzen, werden in der vorliegenden Anlage nicht behandelt:

- Wenn die Wärmepumpe zur Heizung gehört, erfolgt die Berechnung nach Punkt 10.2.3.3.
- Wenn die Wärmepumpe zur Warmwasserbereitung gehört, erfolgt die Berechnung nach Punkt 10.3.3.

Wärmerückgewinnungsgerät bei mechanischen Zu- und Abluftanlagen

In einer Lüftungszone z mit einer mechanischen Zu- und Abluftanlage kann in mehr oder weniger großem Umfang eine Vorwärmung der zugeführten Frischluft mit Hilfe eines Wärmetauschers erfolgen, welcher der Abluft Wärme entzieht. Die Zuluft von außen kann ggf. über verschiedene Lufteinlässe in die Lüftungszone z eingeleitet werden. In diesem Fall kann es sein, dass nicht die gesamte zugeführte Luft vorgewärmt wird. Umgekehrt kann es auch vorkommen, dass die Abluft über verschiedene Luftauslässe nach außen geleitet wird und bei einigen dieser Luftströme keine Wärmerückgewinnung erfolgt. Wenn in der Lüftungszone z der Volumenstrom der mechanischen Zuluft insgesamt am Ende nicht dem

Abluftvolumenstrom insgesamt entspricht, kann zwangsläufig ein nicht kontrollierter zusätzlicher Luftstrom durch die Gebäudehülle (nach innen oder außen) entstehen.[18]

In den meisten Fällen lässt sich der Reduktionsfaktor für Heizen bei Vorwärmung der Frischluft durch Wärmerückgewinnung in einer Lüftungszone z anhand folgender Formel bestimmen:

Gl. 157

$$r_{preh,heat,zone\ z} = \frac{\sum_p \left\{\dot{V}_{in,p} - e_{heat,hr,p}\min\left(\dot{V}_{in,p}; \dot{V}_{out,p}\right)\right\} + \max\left\{0, \sum_p \left(\dot{V}_{out,p} - \dot{V}_{in,p}\right)\right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{in,p}; \sum_p \dot{V}_{out,p}\right)}$$

Dabei ist:

$e_{heat,hr,p}$ Dimensionsloser Faktor, der den Umfang der Wärmerückgewinnung an der Stelle p angibt und wie folgt zu bestimmen ist:

- Wenn der Frischluftstrom p nicht vorgewärmt wird, gilt: $e_{heat,hr,p} = 0$
- Wenn der Frischluftstrom p mit einem Wärmerückgewinnungsgerät vorgewärmt wird, gilt: $e_{heat,hr,p} = r_p . \eta_{test,p}$

Der Faktor r_p ist wie nachstehend beschrieben zu bestimmen. Der thermische Wirkungsgrad $\eta_{test,p}$ des Wärmerückgewinnungsgeräts an der Stelle p wird wie in Annexe G angegeben bestimmt. Ein Wert für den thermischen Wirkungsgrad kann unter der Voraussetzung verwendet werden, dass weder $\dot{V}_{in,p}$ noch $\dot{V}_{out,p}$ größer als der Volumenstrom während des Tests ist, der in Annexe G definiert wird.

$\dot{V}_{in,p}$ Zuluftstrom an der Stelle p in m^3/h, wie nachstehend bestimmt

$\dot{V}_{out,p}$ Abluftstrom an der Stelle p in m^3/h, wie nachstehend bestimmt

Für alle Stellen p der Lüftungszone z, an denen Frischluft zugeführt und/oder Abluft nach außen abgeleitet wird, ist die Summe zu bilden.

Der Frischluftstrom an der Stelle p wird wie folgt bestimmt:

- Wenn eine ständige Messung des Zuluftstroms an der Stelle p erfolgt und wenn auf der Grundlage dieser Messung eine ständige und automatische Anpassung an den Sollwert erfolgt, so dass der Zuluftstrom bei keiner Ventilatorstellung um mehr als 5 % vom Sollwert abweicht, gilt:

Gl. 158 $\dot{V}_{in,p} = \dot{V}_{supply,setpoint,nom,p}$ (m^3/h)

Dabei ist der Sollwert des Zuluftstroms an der Stelle p in m^3/h bei Nennstellung des Ventilators zu berücksichtigen.

- In allen anderen Fällen gilt:

Gl. 159 $\dot{V}_{in,p} = \dot{V}_{mechsupply,p} + \dot{V}_{leak,supplyduct,p}$ (m^3/h)

[18] Der Einfachheit halber wird die mögliche Wechselwirkung zwischen Infiltration/Exfiltration und Hygienelüftung üblicherweise nicht berücksichtigt (siehe Punkt 7.8.2).

Für die Bestimmung der Leckverluste im Zuluftleitungsnetz ($\dot{V}_{leak,supplyduct,p}$ in m^3/h) gelten dieselben Regeln wie für mechanische Zuluftanlagen (vgl. Abschnitt 0). Steht kein Messwert für die Leckverluste zur Verfügung, wird dieser Wert gleich null gesetzt. Wenn der Zuluftstrom bei Nennstellung des Ventilators tatsächlich in allen von der Stelle p mit Frischluft versorgten Räumen gemessen wird, dann ist für $\dot{V}_{mech\ supply,p}$ die Summe dieser Messwerte einzusetzen. Andernfalls entspricht $\dot{V}_{mech\ supply,p}$ der Summe des für jeden Raum verlangten Zuluftstroms.

Wenn die Wärmerückgewinnungsanlage an mehrere GEE-Einheiten angeschlossen ist, dürfen die Volumenströme der anderen GEE-Einheiten bei der Bestimmung des Reduktionsfaktors für Vorwärmung nicht berücksichtigt werden.

Der nach außen geleitete Abluftstrom an der Stelle p wird wie folgt bestimmt:

- Wenn eine kontinuierliche Messung des Abluftstroms an der Stelle p erfolgt und wenn anhand dieser Messung eine kontinuierliche automatische Anpassung an den Sollwert erfolgt, so dass der Abluftstrom bei keiner Ventilatorstellung um mehr als 5 % vom Sollwert abweicht, gilt:

Gl. 160 $\dot{V}_{out,p} = \dot{V}_{extr,setpoint,nom,p}$ (m^3/h)

Dabei ist der Sollwert des Volumenstroms in m_3/h an der Stelle p bei Nennstellung des Ventilators zu berücksichtigen.

- In allen anderen Fällen gilt:

Gl. 161 $\dot{V}_{out,p} = \dot{V}_{mechextr,p} + \dot{V}_{leak,extr\ duct,p}$ (m^3/h)

Für die Bestimmung der Leckverluste im Abluftleitungsnetz ($\dot{V}_{leak,extrduct,p}$ in m^3/h) gelten dieselben Regeln wie für eine mechanische Abluftanlage (siehe Abschnitt B.1.3). Steht kein Messwert für die Leckverluste zur Verfügung, wird dieser Wert gleich null gesetzt. Wenn der Abluftstrom bei Nennstellung des Ventilators tatsächlich in allen Räumen gemessen wird, in denen die Abluft über die Stelle p nach außen geleitet wird, dann ist für $\dot{V}_{mechextr,p}$ die Summe dieser Messwerte einzusetzen. Andernfalls entspricht $\dot{V}_{mechextr,p}$ der Summe des in jedem Raum verlangten Abluftstroms.

Wenn die Wärmerückgewinnungsanlage an mehrere GEE-Einheiten angeschlossen ist, dürfen die Volumenströme der anderen GEE-Einheiten bei der Bestimmung des Reduktionsfaktors für Vorwärmung nicht berücksichtigt werden.

Wenn an der Stelle p eine Wärmerückgewinnung erfolgt, dann ist r_p wie folgt zu bestimmen:

- Wenn der Eingangs- und Ausgangsstrom im Wärmerückgewinnungsgerät kontinuierlich gemessen wird und anhand dieser Messung eine kontinuierliche automatische Anpassung an die Sollwerte erfolgt, so dass der Eingangs- und der Ausgangsstrom bei keiner Ventilatorstellung um mehr als 5 % von dem entsprechenden Sollwert abweicht, gilt:
  $r_p = 0,95$

- In allen anderen Fällen gilt:
  $r_p = 0,85$

Der Reduktionsfaktor für die Berechnung der Überhitzungsgefahr und des Nettoenergiebedarfs für Kühlung wird wie folgt bestimmt:

Gl. 162
$$r_{preh,cool,zone\ z} = \frac{\sum_p \left\{\dot{V}_{in,p} - e_{cool,hr,p}\min\left(\dot{V}_{in,p}; \dot{V}_{out,p}\right)\right\} + \max\left\{0, \sum_p \left(\dot{V}_{out,p} - \dot{V}_{in,p}\right)\right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{in,p}; \sum_p \dot{V}_{out,p}\right)} \quad (-)$$

Dabei werden die gleichen Terme wie oben verwendet, mit Ausnahme von $e_{cool,hr,p}$, dessen Wert wie folgt zu bestimmen ist:

- Wenn das Wärmerückgewinnungsgerät p mit einem Bypass ausgerüstet ist, durch den der Durchfluss durch den Wärmetauscher komplett unterbrochen wird, oder wenn dieser auf eine andere Weise komplett deaktiviert werden kann (z. B. durch Anhalten eines rotierenden Wärmerads), gilt:

Gl. 163 $e_{cool,hr,p} = 0$ (-)

- Wenn das Wärmerückgewinnungsgerät p mit einem Bypass ausgerüstet ist, aber der Durchfluss durch den Wärmetauscher nicht komplett unterbrochen wird, oder wenn dieser nicht auf eine andere Weise komplett deaktiviert werden kann, gilt:

Gl. 164 $e_{cool,hr,p} = 0{,}5 \times e_{heat,hr,p}$ (-)

- In allen anderen Fällen gilt:

Gl. 165 $e_{cool,hr,p} = e_{heat,hr,p}$ (-)

B.3 Vorkühlung der Lüftungsluft

B.3.1 Berechnungsregel

Der monatliche Multiplikationsfaktor $r_{precool,seci,m}$ für den Effekt der Vorkühlung der Luft auf den Kühlbedarf und die Bewertung der Überhitzungsgefahr der Energiezone i entspricht dem Multiplikationsfaktor für den Effekt der Vorkühlung der Lüftungszone z, zu der die Energiezone gehört:

Gl. 166 $r_{precool,seci,m} = r_{precool,zone\ z,m}$ (-)

Ist in der Lüftungszone z kein Luftvorkühlsystem vorhanden oder wird lediglich ein Teil des Volumenstroms der Hygienelüftung in der Lüftungszone z mit einem Luftvorkühlsystem gekühlt, so ist $r_{precool,zone\ z,m} = 1$.

Verwenden mehrere GEE-Einheiten das gleiche Luftvorkühlsystem, beträgt der Standardwert von $r_{precool,zone\ z,m} = 1$; günstigere Werte können mit einem Antrag auf Anwendung des Äquivalenzprinzips berücksichtigt werden.

Ist ein System zur Vorkühlung der Lüftungsluft vorhanden, und wird der gesamte Volumenstrom der Hygienelüftung der Lüftungszone z mit diesem System gekühlt, dann ist $r_{precool,zone\ z,m}$ wie folgt zu ermitteln:

Gl. 167
$$r_{precool,zone\ z,m} = 1 - e_{precool,m}\,\frac{\theta_{precool,ref,max,m} - \left(\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m}\right)}{23 - \left(\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m}\right)} \quad (-)$$

Dabei ist:

$e_{precool,m}$	Monatlicher Wirkungsgrad des betreffenden Vorkühlsystems (-)
$\theta_{precool,ref,max,m}$	Bezugstemperatur für die maximale Temperaturabsenkung in °C
$\theta_{e,m}$	Mittlere Außentemperatur eines Monats in °C entsprechend

Tabelle [1]

$\Delta\theta_{e,m}$ Für die Berechnung des Nettoenergiebedarfs für Kühlung angenommener Anstieg der mittleren Außentemperatur eines Monats von 1 °C

Die Ausdrücke $e_{precool,m}$ und $\theta_{precool,ref,max,m}$ werden in den folgenden Abschnitten für zwei unterschiedliche Technologien behandelt. Für andere Technologien muss $r_{precool,zone\ z,m}$ nach den vom Minister festgelegten Vorgaben bestimmt werden.

B.3.2 Erde/Wasser-Wärmepumpe

Im Erdreich installierte Wärmepumpen werden zur Kühlung oder Erwärmung der Luft für die Gebäudelüftung verwendet (Vorkühlung oder Vorwärmung). Dabei wird die Wärmekapazität des Erdreichs als Quelle für die abzugebende Wärme genutzt. In ausreichender Tiefe ist die Temperatur des Erdreichs gleichbleibend stabil. Im Sommer kann die Luft gekühlt werden, im Winter erwärmt. Bei Erde/Wasser-Wärmepumpen wird das Wasser durch Rohre geleitet, die über einen Sammler an eine Luftbatterie angeschlossen sind. Das Wasser wird mit einer Pumpe umgewälzt und kühlt oder wärmt die Luft.

B.3.2.1 Wirkungsgrad $e_{precool,m}$ des Vorkühlsystems

Für Erde/Wasser-Wärmepumpen beträgt der Standardwert:

Gl. 168 $$e_{precool,m} = 0{,}7 \cdot w_{soil/water,m} \quad (-)$$

Dabei ist:

$w_{soil/water,m}$ Monatlicher Faktor zur Berücksichtigung der Betriebszeit der Erde/Wasser-Wärmepumpe (-)

Gl. 169

wenn $\theta_{e,m} - \theta_{soil,m} \leq 0$ dann $w_{soil/water,m} = 0$

wenn $0 < \theta_{e,m} - \theta_{soil,m} \leq 2$ dann $w_{soil/water,m} = 0{,}5$

wenn $\theta_{e,m} - \theta_{soil,m} > 2$ dann $w_{soil/water,m} = 1$ (-)

wobei:

$\theta_{e,m}$ Mittlere Außentemperatur eines Monats in °C entsprechend

Tabelle [1]

$\theta_{soil,m}$	Mittlere monatliche Temperatur des Erdreichs in ° C, bestimmt in Abhängigkeit von der Tiefe der Rohrleitungen gemäß Abschnitt 0

B.3.2.2 Bezugstemperatur für die maximale Temperaturabsenkung $\theta_{precool,ref,max,m}$

Die Bezugstemperatur zur Bestimmung der Leistung der Erde/Wasser-Wärmepumpe ergibt sich wie folgt:

Gl. 170

$$\theta_{precool,ref,max,m} = \frac{\left(\frac{e_{wt}\theta_{soil,m}}{e_{wt}-1} - \frac{0,34.\sum \dot{V}_{hyg,cool,seci}}{1160\dot{V}_W}\left(\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m}\right)\right)}{\left(1 - \frac{0,34.\sum \dot{V}_{hyg,cool,seci}}{1160\dot{V}_W} + \frac{1}{e_{wt}-1}\right)} \quad (°C)$$

Dabei ist:

$\dot{V}_{hyg,cool,seci}$	Volumenstrom der Hygienelüftung der Energiezone i in m³/h für die Kühlungsberechnungen laut Definition in Punkt 7.8.4
$\dot{V}_w$	Förderleistung der Erde/Wasser-Wärmepumpe in m³/h
e_{wt}	Wirkungsgrad der Erde/Wasser-Wärmepumpe, wie unten bestimmt
$\theta_{soil,m}$	Mittlere monatliche Temperatur des Erdreichs in ° C, definiert in Abhängigkeit von der Tiefe der Rohrleitungen wie unten angegeben
$\theta_{e,m}$	Mittlere Außentemperatur eines Monats in °C entsprechend

Tabelle [1]

$\Delta\theta_{e,m}$	Für die Berechnung des Nettoenergiebedarfs für Kühlung angenommener Anstieg der mittleren Außentemperatur eines Monats von 1 °C

Für alle Energiezonen i der Lüftungszone z, die an die Wärmepumpe angeschlossen sind, ist die Summe zu bilden.

Bei der Bestimmung der mittleren monatlichen Temperatur im Erdreich $\theta_{soil,m}$ ist zwischen horizontalen und vertikalen Rohrleitungen zu unterscheiden:

- Horizontale Rohrleitungen: Die mittlere monatliche Temperatur im Erdreich ist

- Tabelle [20] zu entnehmen.
- Vertikale Rohrleitungen: Die mittlere monatliche Temperatur im Erdreich ist mit folgender Formel zu bestimmen:

Gl. 171
$$\theta_{soil,m} = \frac{\theta_{soil,1m,m} + \theta_{soil,2m,m} + \theta_{soil,3m,m} + \theta_{soil,4m,m} + \theta_{soil,5m,m} \cdot \left(L_{soil\,/\,water} - 4\right)}{L_{soil\,/\,water}} \quad (°C)$$

$\theta_{soil,1m,m}$, $\theta_{soil,2m,m}$, $\theta_{soil,3m,m}$, $\theta_{soil,4m,m}$ und $\theta_{soil,5m,m}$ Mittlere monatliche Temperatur im Erdreich bei 1, 2, 3, 4 oder 5 m Tiefe in °C gemäß

Tabelle [20]

$L_{soil/water}$	Maximale Tiefe der Rohrleitung im Erdreich in m

Tabelle [20]: Mittlere Temperatur im Erdreich zur Bestimmung von $\theta_{soil,m}$

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0,5 m	4,2	4,3	5,8	8,8	12,1	15,1	16,8	16,8	15,0	12,1	8,7	5,9
1 m	5,4	5,0	6,0	8,2	11,0	13,8	15,5	16,0	14,9	12,7	9,8	7,2
2 m	7,5	6,5	6,6	7,8	9,6	11,7	13,5	14,5	14,3	13,2	11,3	9,2
3 m	9,0	7,9	7,6	7,9	9,0	10,5	11,9	13,1	13,4	13,1	11,9	10,5
4 m	10,0	9,0	8,5	8,4	8,9	9,8	10,9	11,9	12,5	12,6	12,1	11,2
5 m+	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

Für dazwischen liegende Tiefen werden die Werte der Tabelle interpoliert.

Der Wirkungsgrad der Erde/Wasser-Wärmepumpe ergibt sich aus:

Gl. 172 $$e_{wt} = 1 - e^{-\frac{\alpha_{wt}\ A_{wt}}{1160\ \dot{V}_W}}$$ (-)

Dabei ist:

α_{wt} Wärmetransferkoeffizient der Rohrleitungen in der Erde/Wasser-Wärmepumpe für Transmission in W/m².K, ermittelt wie nachstehend bestimmt

A_{wt} Austauschfläche der Rohrleitungen in m², wie nachstehend bestimmt

$\dot{V}_w$ Förderleistung der Erde/Wasser-Wärmepumpe in m³/h

Der Wärmetransferkoeffizient der Rohrleitungen für Transmission α_{wt} wird wie folgt ermittelt:

Gl. 173 $$\alpha_{wt} = \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\ln\left(\left(D_{tube} + 2t_{tube}\right) / D_{tube} \right)}{2\lambda_{tube} / D_{tube}} + \frac{\ln\left(\left(D_{tube} + 2t_{soil}\right) / \left(D_{tube} + 2t_{tube}\right) \right)}{2\lambda_{soil} / D_{tube}} \right)^{-1}$$ (W/(m².K)))

Dabei ist:

α_i Wärmeübergangskoeffizient in den Rohrleitungen der Wärmepumpe für Vorkühlung in W/m².K, wie nachstehend bestimmt

t_{soil} Dicke des Bodenkörpers um die betreffende Rohrleitung herum in m, ermittelt wie unten angegeben

D_{tube} Innendurchmesser der Rohrleitung in m

t_{tube} Wandstärke der Rohrleitung in m

λ_{tube} Wärmeleitfähigkeit der Rohrleitung in W/m.K

λ_{soil} Wärmeleitfähigkeit des Bodens in W/m.K, wird mit 2 veranschlagt

Der interne Wärmeübergangskoeffizient ergibt sich wie folgt:

Gl. 174 Für Wasser: $$\alpha_i = 0{,}58 \cdot \frac{Nu}{D_{tube}}$$

Gl. 175 Für eine Wasser-Glykol-Lösung (jeglicher Art): $\alpha_i = 0{,}43 \frac{Nu}{D_{tube}}$ (W/(m².K))

Dabei ist:

Gl. 176 $Nu = \left(Nu_{lam}^5 + Nu_{turb}^5\right)^{1/5}$ (-)

Gl. 177 $Nu_{lam} = \left[3{,}66^3 + 1{,}61^3 \cdot \left(\frac{Re \cdot Pr \cdot D_{tube}}{L_{tube}}\right)\right]^{1/3}$ (-)

Dabei ist:

Gl. 178 $Nu_{turb} = \frac{f_{turb} \cdot (Re - 1000) \cdot Pr}{2 \times \left(1 + 12{,}7 \cdot \sqrt{\frac{f_{turb}}{2}} \cdot \left(Pr^{2/3} - 1\right)\right)}$ (-)

Dabei ist:

Gl. 179 $f_{turb} = \left(1{,}58 \cdot \ln Re - 3{,}28\right)^{-2}$ (-)

Dabei ist:

- Für Wasser:

Gl. 180 $Re = 996200 \frac{4}{3600\pi} \frac{\dot{V}_w}{n_{tube} D_{tube}}$ (-)

$Pr = 7$

- Für eine Wasser-Glykol-Lösung (jeglicher Art):

Gl. 181 $Re = 624200 \frac{4}{3600\pi} \frac{\dot{V}_w}{n_{tube} D_{tube}}$ (-)

$Pr = 12{,}5$

Die Dicke des Bodenkörpers t_{soil} um die jeweilige Rohrleitung herum ergibt sich wie folgt:

Gl. 182 $t_{soil} = \frac{p_{tube} - D_{tube}}{2}$ wenn $p_{tube} - D_{tube} < 0{,}5$

$t_{soil} = 0{,}25$ wenn $p_{tube} - D_{tube} \geq 0{,}5$ (m)

Dabei ist:

p_{tube} Abstand zwischen parallel geführten Rohrleitungen in m

D_{tube} Innendurchmesser der Rohrleitung in m

Die Austauschfläche der Rohrleitungen A_{wt} ergibt sich wie folgt:

Gl. 183 $A_{wt} = \pi \, D_{tube} \, L_{tube} \, n_{tube}$ (m^2)

D_{tube} Innendurchmesser der Rohrleitung in m

L_{tube} Länge der Rohrleitung in m

n_{tube} Anzahl der parallel geführten Rohrleitungen (-)

B.3.3 Kühlung durch Verdunstung

Kühlung durch Verdunstung (oder adiabatische Kühlung) besteht im Prinzip aus einer Methode, bei der die Luft in einem Gebäude durch Befeuchtung mit Wasser gekühlt wird. Von dieser Technologie gibt es zahlreiche Varianten, mit diversen Vorbehandlungen und Rückgewinnungsmethoden. Die Leistung von Kühlsystemen durch Verdunstung schwankt sehr stark und hängt von der Konzeption der Anlage ab.

Wird zur Befeuchtung der Zuluft oder der Abluft normales Wasser verwendet, kann folgende Methode angewandt werden. Bei allen anderen Systemen, die komplexer sind, muss der Faktor $r_{precool,zone\ z,m}$ anhand des Äquivalenzprinzips ermittelt werden.

B.3.3.1 Wirkungsgrad $e_{precool,m}$ des Vorkühlsystems

Bei Kühlung durch Verdunstung beträgt der Standardwert für den Wirkungsgrad:

Gl. 184 $e_{precool,m} = 0{,}8 \cdot w_{evap,m}$ (-)

Dabei ist:

$w_{evap,m}$ Monatlicher Faktor zur Berücksichtigung der Betriebszeit der Kühlung durch Verdunstung (-)

Gl. 185 Wenn $Q_{cool,net,m} \leq 0$, dann $w_{evap,m} = 0$

Wenn $Q_{cool,net,m} > 0$, dann $w_{evap,m} = 1$ (MJ)

Dabei ist:

$Q_{cool,net,seci,m}$ Monatlicher Nettoenergiebedarf für die Kühlung einer Energiezone i in MJ, ermittelt ohne Berücksichtigung des Kühlsystems durch Verdunstung

Für alle Energiezonen i der Lüftungszone z, die an das Verdunstungskühlsystem angeschlossen sind, ist die Summe zu bilden.

B.3.3.2 Bezugstemperatur für die maximale Temperaturabsenkung $\theta_{precool,ref,max,m}$

Wird die Zuluft oder die Abluft mit normalem Wasser befeuchtet, so ist die Bezugstemperatur die Feuchttemperatur des betreffenden Luftstroms. Der Standardwert von $\theta_{precool,ref,max,m}$ entspricht der durchschnittlichen monatlichen Feuchttemperatur nach

Tabelle [21].

Tabelle [21]: Durchschnittliche monatliche Feuchttemperatur (in °C)

Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1,9	1,7	3,0	5,9	9,3	12,7	14,6	14,7	12,0	9,7	4,8	2,3

Annexe C Monatliche Sonneneinstrahlung

C.1 Einführung

Die vorliegende Anlage beschreibt die Algorithmen für die Berechnung der monatlichen Sonneneinstrahlung einer beliebigen Fläche j. Die Sonneneinstrahlung wird für Fenster, passive Solarenergiesysteme, Solarthermiekollektoren und Photovoltaikanlagen berechnet. Für den Benutzer ist nur Abschnitt C.2 mit der Definition der Verschattung interessant.

Die Neigung θ_j der Fläche j ist der Winkel zwischen der Vertikalen und der Normalen der Fläche j in Grad. Bei einer waagrechten Fläche beträgt die Neigung 0° oder 180°, bei einer senkrechten Fläche ist sie 90°.

Die Ausrichtung ϕ_j der Fläche j ist der Winkel zwischen Süden und der horizontalen Projektion der Normalen auf die Fläche j in Grad. In Richtung Westen ist die Ausrichtung positiv, während sie in Richtung Osten negativ ist.

C.2 Schematisierung der Verschattung

C.2.1 Allgemeines

Eine besonnte Fläche j kann durch umgebende gebäudefremde Elemente, so genannte Hindernisse, und durch mit dem Gebäude verbundene Elemente, so genannte horizontale Überhänge und seitliche Überstände, verschattet werden. Hindernisse schirmen die direkte Sonneneinstrahlung ab, wenn die Sonne unter eine bestimmte Höhe sinkt. Horizontale Überhänge schirmen die direkte Sonneneinstrahlung ab, wenn die Sonne über einer bestimmten Höhe steht, und seitliche Überstände schirmen die direkte Sonneneinstrahlung ab, wenn der Stundenwinkel der Sonne einen bestimmte Wert über- oder unterschreitet. Hindernisse sind z. B. Nachbargebäude, Bäume oder Anhöhen in der Umgebung. Überhänge oder Überstände sind z. B. Dachüberhänge, Balkone, waagrechte Vordächer und seitliche Mauerverlängerungen.

C.2.2 Geometrische Darstellung von Hindernissen

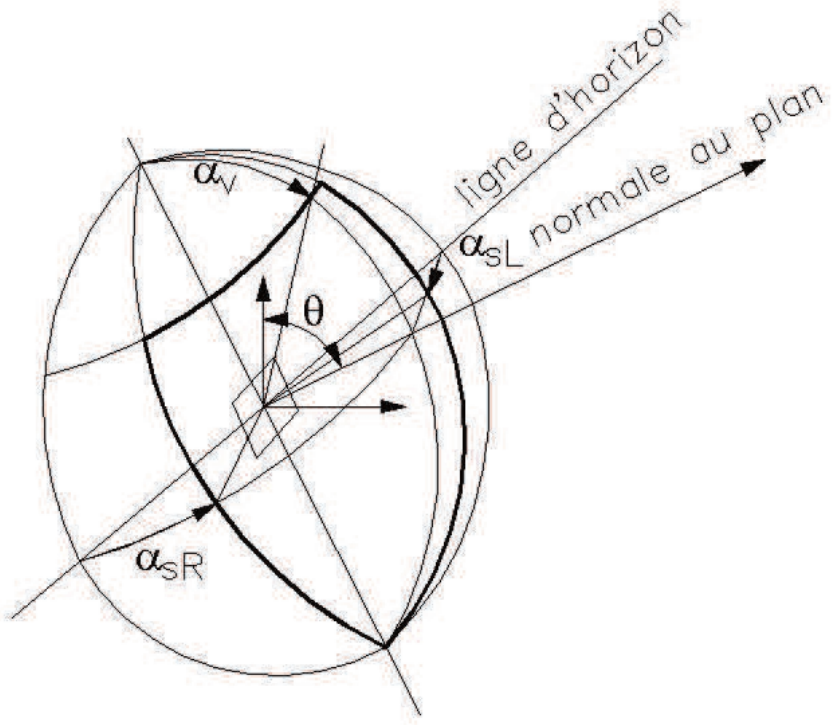
Hindernisse werden durch eine einzige Fläche schematisch dargestellt, die so genannte senkrechte Hindernisfläche. Der Verbauungswinkel α_h ist der Winkel zwischen der Horizontalen und der Linie, die den Mittelpunkt der besonnten Fläche mit dem oberen Rand des Hindernisses in vertikaler Ebene verbindet.

C.2.3 Geometrische Darstellung von Überhängen

Überhänge werden durch einen horizontalen Überhang und zwei seitliche Überstände schematisiert, die anhand eines senkrechten Überhangwinkels α_v (0° wenn es keinen horizontalen Überhang gibt, maximal 180°), anhand eines linken Überhangwinkels α_{sL} (0° wenn es keinen linken Überstand gibt, maximal 180°) und anhand eines rechten Überhangwinkels α_{sR} (0° wenn es keinen rechten Überstand gibt, maximal 180°) wie in der nachstehenden Abbildung dargestellt zu bestimmen sind.

Erläuterung: Die Begrenzungslinien horizontaler Überhänge und seitlicher Überstände bilden auf einer in der Mitte der betreffenden Ebene senkrecht aufgenommenen Weitwinkelaufnahme (Fisheye) ein Rechteck. Dieses Rechteck, das Himmelsfläche genannt wird, entspricht dem Teil des Himmels, der von der Fläche aus sichtbar ist.

Abbildung [1]: Geometrische Darstellung von Überhängen



C.2.4 Standardwerte

Werden die Standardwerte verwendet, müssen diese auf alle Winkel der besonnten Fläche (Fenster oder Kollektoren) angewandt werden.

Für die Winkel von Hindernissen sind folgende Standardwerte zu verwenden:

- Für die Heizungsberechnung und für die Berechnung der Sonnenkollektoren:
  - Verbauungswinkel α_h: 25°
  - Überhangwinkel links α_{sL}, rechts α_{sR} und vertikal α_v: 0°
- Für den Kühlbedarf und den Indikator für Überheizungsgefahr:
  - Verbauungswinkel α_h: 15°
  - Überhangwinkel links α_{sL}, rechts α_{sR} und vertikal α_v: 0°

Zur Erinnerung: Bei Photovoltaikanlagen wird die Standardberechnung nicht angewandt, sondern es muss immer die genaue Beschattung angegeben werden (siehe Punkt 12.1).

C.3 Monatliche Sonneneinstrahlung auf einer unverschatteten Fläche

C.3.1 Gesamtsonneneinstrahlung

Die monatliche Sonneneinstrahlung auf einer beliebigen unverschatteten Fläche j entspricht der Summe aus direkter, diffuser und reflektierter monatlicher Sonneneinstrahlung.

Gl. 186 $$I_{s,m,j,unshad} = I_{s,dir,m,j,unshad} + I_{s,dif,m,j,unshad} + I_{s,refl,m,j,unshad} \quad (MJ/m^2)$$

Dabei ist:

$I_{s,dir,m,j,unshad}$ direkte Sonneneinstrahlung auf der Fläche j im jeweiligen Monat in MJ/m^2

$I_{s,dif,m,j,unshad}$	diffuse Sonneneinstrahlung auf der Fläche j im jeweiligen Monat in MJ/m²
$I_{s,refl,m,j,unshad}$	reflektierte Sonneneinstrahlung auf der Fläche j im jeweiligen Monat in MJ/m²

Die Berechnungsverfahren für die verschiedenen Terme finden sich in den folgenden Abschnitten.

C.3.2 Direkte Sonneneinstrahlung

Die Berechnung der direkten monatlichen Sonneneinstrahlung erfolgt anhand des für den Monat charakteristischen Tages. Dabei handelt es sich um den 15. eines Monats. Die Nummer des typischen Tages entspricht der Tagesnummer ab dem 1. Januar (365 Tage), siehe

178	EEW-Methode 2017

Tabelle [1].

Die direkte monatliche Sonneneinstrahlung auf einer unverschatteten Fläche wird wie folgt bestimmt:

Gl. 187 $$I_{s,dir,m,j,unshad} = \left[I_{s,tot,m,hor} - I_{s,dif,m,hor}\right] \frac{Q_{s,dir,char,j}}{Q_{s,dir,char,hor}} \quad (MJ/m^2)$$

Dabei ist:

$I_{s,tot,m,hor}$ monatliche Sonneneinstrahlung auf einer unverschatteter horizontalen Fläche im Bezugsjahr in Uccle in MJ/m^2 (siehe

Tabelle [1]

$I_{s,dif,m,hor}$	diffuse monatliche Sonneneinstrahlung auf einer unverschatteten horizontalen Fläche im Bezugsjahr in Uccle in MJ/m^2 (siehe

180	EEW-Methode 2017

Tabelle [1])

$Q_{s,dir,char,j}$ direkte tägliche Sonneneinstrahlung auf einer unverschatteten Fläche j am charakteristischen Tag des betreffenden Monats in J/m_2.Tag)

$Q_{s,dir,char,hor}$ direkte tägliche Sonneneinstrahlung auf einer unverschatteten horizontalen Fläche j am charakteristischen Tag des betreffenden Monats in J/m_2.Tag)

Die direkte tägliche Sonneneinstrahlung auf einer unverschatteten Fläche und die direkte tägliche Sonneneinstrahlung auf einer unverschatteten horizontalen Fläche am charakteristischen Tag des betreffenden Monats werden wie folgt bestimmt:

Gl. 188 $$Q_{s,dir,char,j} = 240 \times \sum_{\omega_1}^{\omega_2} \max\left\{0 ; \left[q_{s,dir,n} \cdot \cos \chi_{s,j} \cdot \Delta\omega\right]\right\} \quad (J/(m^2.Tag))$$

Gl. 189 $$Q_{s,dir,char,hor} = 240 \times \sum_{\omega_3}^{\omega_4} \max\left\{0 ; \left[q_{s,dir,n} \cdot \cos \chi_{s,hor} \cdot \Delta\omega\right]\right\} \quad (J/(m^2.Tag))$$

Dabei ist:

$q_{s,dir,n}$ direkte Sonneneinstrahlung auf einer senkrecht zur Sonne stehenden Fläche an dem für den Monat charakteristischen Tag in W/m², wie nachstehend bestimmt

ω Stundenwinkel (180° um Mitternacht, 90° um 6 Uhr, 0° um 12 Uhr mittags, -90° um 18 Uhr)

$\Delta\omega$ Stundenwinkel-Schritt in Grad (1 Stunde = 15°)

ω_1 kleinster Stundenwinkel (morgens), bei dem $\cos\chi_{s,hor}$ und $\cos\chi_{s,j}$ größer null sind

ω_2 größter Stundenwinkel (abends), bei dem $\cos\chi_{s,hor}$ und $\cos\chi_{s,j}$ noch größer null sind

ω_3 kleinster Stundenwinkel (morgens), bei dem c $\cos\chi_{s,hor}$ größer null ist

ω_4 größter Stundenwinkel (abends), bei dem $\cos\chi_{s,hor}$ noch größer null ist

$\chi_{s.j}$ Einfallwinkel der Sonne auf der Fläche j in Grad für jeden $\Delta\omega$-Schritt, bestimmt wie nachstehend beschrieben

$\chi_{s.hor}$ Einfallwinkel der Sonne auf der horizontalen Fläche in Grad für jeden $\Delta\omega$-Schritt, wie nachstehend bestimmt

240 Faktor für die Umrechnung des Stundenwinkels in Sekunden

Bei der Berechnung wird als Zeitschritt ein Stundenwinkel von 15° angenommen.

Die direkte Sonneneinstrahlung pro Stunde auf einer senkrecht zur Sonne stehenden Fläche an dem für jeden Monat charakteristischen Tag wird wie folgt bestimmt:

Gl. 190 $$q_{s,dir,n} = \max\left[0; 1353\left[1 + 0,033 \cdot \cos\left[360 \cdot d/365\right]\right] \times \exp\left(-m \cdot d_R \cdot T_L\right)\right] \quad (W/m^2)$$

Dabei ist:

d Nummer des charakteristischen Tages gemäß

Tabelle [1]

m	Wegfaktor in m^{-1}
d_R	optischer Weg in m
T_L	Lufttrübungsfaktor (-)

Der Wegfaktor, der optische Weg und der Lufttrübungsfaktor werden wie folgt berechnet:

Gl. 191 $$m = \frac{0{,}992}{\sin(\beta) + 0{,}15(\pi\beta/180 + 3{,}885)^{-1{,}253}} \quad (m^{-1})$$

Gl. 192 $$d_R = 1{,}4899 - 2{,}1099\cos(\beta) + 0{,}6322\cos(2\beta) + 0{,}0253\cos(3\beta) - 1{,}0022\sin(\beta) + 1{,}0077\sin(2\beta) - 0{,}2606\sin(3\beta) \quad (m)$$

Gl. 193 $$T_L = 3{,}372 + 0{,}053(\pi\beta/180) - 0{,}296\cos(30m) \quad (-)$$

Dabei ist:

β	Höhenwinkel der Sonne in Grad
m	Rang des Monats (1 für Januar, 2 für Februar usw.), das Argument von Cosinus wird in Grad angegeben

Dieser Höhenwinkel der Sonne ist gleich:

Gl. 194 $$\beta = \max[0;90 - \arccos[\cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega + \sin\varphi \cdot \sin\delta]] \quad (°)$$

182	EEW-Methode 2017

Dabei ist:

φ Breitengrad von Uccle: +50,8°

δ Neigung für jeden charakteristischen Tag in Grad gleich

Gl. 195 $$\delta = \arcsin\left[-\sin(23,45) \cdot \cos\left(\frac{360}{365} \cdot (d + 10)\right)\right] \quad (°)$$

Dabei ist:

d Nummer des charakteristischen Tags gemäß

Tabelle [1]

Der Sonneneinfallwinkel der Fläche j und der horizontalen Fläche wird wie folgt bestimmt:

Gl. 196

$$\cos\chi_{s,j} = 0,775\left[\sin\delta \cdot \cos\theta_j + \cos\delta \cdot \sin\theta_j \cdot \cos\varphi_j \cdot \cos\omega\right] - 0,632\left[\sin\delta \cdot \sin\theta_j \cdot \cos\varphi_j - \cos\delta \cdot \cos\theta_j \cdot \cos\omega\right] + \cos\delta \cdot \sin\theta_j \cdot \sin\varphi_j \cdot \sin\omega \quad (-)$$

Gl. 197 $\chi_{s.hor} = 90 - \beta$ (-)

C.3.3 Diffuse Sonneneinstrahlung

Die diffuse monatliche Sonneneinstrahlung auf einer unverschatteten Fläche wird wie folgt bestimmt:

Gl. 198

$$I_{s,dif,m,j,unshad} = I_{s,dif,m,hor}\ c_m \left(\frac{1 + \cos\theta_j}{2}\right) \quad (MJ/m^2)$$

Dabei ist:

$I_{s,dif,m,hor}$ diffuse monatliche Sonneneinstrahlung auf einer unverschatteten horizontalen Fläche im Bezugsjahr in Uccle in MJ/m^2 (siehe

184	EEW-Methode 2017

Tabelle [1])

c_m	Korrekturfaktor für den anisotropen Charakter der diffusen Strahlung gemäß der unten stehenden Tabelle [22]
θ_j	Neigung der Fläche j in Grad, also Winkel zwischen der Vertikalen und der Normalen der Fläche j

Tabelle [22] - Korrekturfaktor c_m für den anisotropen Charakter der diffusen Strahlung

		Ausrichtung (°)								
		0 (S)	±22,5	±45	±67,5	±90 (O/W)	±112,5	±135	±157,5	±180 (N)
Neigung (°)	0 (H)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	22,5	1,03	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96
	45	1,05	1,04	1,03	1,01	0,99	0,96	0,94	0,92	0,92
	67,5	1,06	1,05	1,03	0,99	0,94	0,90	0,86	0,84	0,83
	90 (V)	1,06	1,04	1,00	0,94	0,87	0,81	0,76	0,73	0,71
	112,5	0,98	0,97	0,92	0,85	0,76	0,68	0,63	0,60	0,60
	135	0,80	0,78	0,74	0,67	0,59	0,53	0,49	0,47	0,47
	157,5	0,58	0,56	0,51	0,48	0,46	0,43	0,41	0,40	0,34
	180	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Bei Neigungen und Ausrichtungen, die zwischen diesen Werten liegen, wird in der Tabelle zunächst eine Interpolation nach der Ausrichtung mit konstanter Neigung vorgenommen. Anschließend wird eine zweite Interpolation nach der Neigung mit konstanter Ausrichtung vorgenommen.

C.3.4 Reflektierte Sonneneinstrahlung

Die reflektierte monatliche Sonneneinstrahlung auf einer unverschatteten Fläche wird wie folgt bestimmt:

Gl. 199 $$I_{s,refl,m,j,unshad} = 0{,}2 \cdot I_{s,tot,m,hor}\left(\frac{1-\cos\theta_j}{2}\right) \quad (MJ/m^2)$$

Dabei ist:

$I_{s,tot,m,hor}$ monatliche Gesamtsonneneinstrahlung auf einer unverschatteten horizontalen Fläche im Bezugsjahr in Uccle in MJ/m^2 nach

Tabelle [1]

C.4 Monatliche Sonneneinstrahlung auf einer verschatteten Fläche

C.4.1 Verbauungswinkel $\alpha_h \leq 60°$

C.4.1.1 Gesamtsonneneinstrahlung

Die monatliche Sonneneinstrahlung auf einer beliebigen verschatteten Fläche j entspricht der Summe von direkter, diffuser und reflektierter monatlicher Sonneneinstrahlung:

Gl. 200 $I_{s,m,j,shad} = I_{s,dir,m,j,shad} + I_{s,dif,m,j,shad} + I_{s,refl,m,j,shad}$ (MJ/m²)

Dabei ist:

$I_{s,dir,m,j,shad}$	direkte Sonneneinstrahlung auf der Fläche j im jeweiligen Monat in MJ/m²
$I_{s,dif,m,j,shad}$	diffuse Sonneneinstrahlung auf der Fläche j im jeweiligen Monat in MJ/m²
$I_{s,refl,m,j,shad}$	reflektierte Sonneneinstrahlung auf der Fläche j im jeweiligen Monat in MJ/m²

Die Berechnungsverfahren für die verschiedenen Terme finden sich in den folgenden Abschnitten.

C.4.1.2 Direkte Sonneneinstrahlung

Für die Bestimmung der direkten monatlichen Sonneneinstrahlung auf einer verschatteten Fläche ($I_{s,dir,m,j,shad}$) gilt das gleiche Verfahren wie für unverschattete Flächen. Für die Bestimmung der direkten täglichen Sonneneinstrahlung auf der betreffenden Fläche am charakteristischen Tag des betreffenden Monats für jeden Stundenwinkel, in dem die Sonne über dem Horizont steht, gelten die folgenden Regeln:

- Für Stundenwinkel zwischen ω_1 und ω_2, bei denen der Höhenwinkel der Sonne β kleiner ist als der Verbauungswinkel α_h, wird von einer direkten Sonneneinstrahlung gleich null ausgegangen.
- Für die restlichen Stundenwinkel werden die Kugelkoordinaten für den Azimutwinkel der Sonne γ_s und den Höhenwinkel der Sonne β in ein Achsensystem umgerechnet, für das die Hindernisse definiert wurden. Als Ergebnis erhält man die umgerechneten Winkel γ_s' und β'.
- Wenn der Punkt (γ_s', β') außerhalb der Himmelsfläche liegt, wird von einer direkten Sonneneinstrahlung gleich null ausgegangen. Andernfalls wird davon ausgegangen, dass die direkte Sonneneinstrahlung dem unverschatteten Wert entspricht.

Der Azimutwinkel der Sonne γ_s wird ausgedrückt durch:

Gl. 201 $$\gamma_s = -\text{signe}(\omega) \,.\, \arccos\left(\frac{\cos\chi_{s,hor} \,.\, \sin\varphi - \sin\delta}{\sin\chi_{s,hor} \,.\, \cos\varphi}\right) \quad (-)$$

C.4.1.3 Diffuse Sonneneinstrahlung

Die diffuse monatliche Sonneneinstrahlung auf einer verschatteten Fläche wird wie folgt bestimmt:

Gl. 202 $$I_{s,dif,m,j,shad} = I_{s,dif,m,hor}\left(\frac{1+\cos\theta_j}{2}\right)c_m c_n \quad (MJ/m^2)$$

Gl. 203 $$c_n = \frac{\left(\frac{180-\theta_j}{90} \,.\, (1-\sin\alpha_h) - (1-\cos\alpha_v)\right) \,.\, (180-\alpha_{sL}-\alpha_{sR})}{2\,.\,(180-\theta_j)} \quad (-)$$

Dabei ist:

$I_{s,dif,m,hor}$ diffuse monatliche Sonneneinstrahlung auf einer unverschatteten horizontalen Fläche in Uccle in MJ/m^2 (siehe

Tabelle [1])

Wenn die Formel für die Bestimmung von c_n einen negativen Wert ergibt, gilt c_n = 0.

C.4.1.4 Reflektierte Sonneneinstrahlung

Die reflektierte monatliche Sonneneinstrahlung auf einer beliebigen Fläche wird wie folgt bestimmt:

Gl. 204 $$I_{s,refl,m,j,shad} = 0{,}2 \cdot I_{s,tot,m,hor}\left(\frac{1-\cos\theta_j}{2}\right) \quad (MJ/m^2)$$

Dabei ist:

$I_{s,tot,m,hor}$ monatliche Gesamtsonneneinstrahlung auf einer unverschatteten horizontalen Fläche in Uccle in MJ/m^2 (siehe

Tabelle [1])

C.4.2 Verbauungswinkel α_h > 60°

Bei einem Verbauungswinkel α_h > 60° wird zwischen Hindernissen, die mit dem Gebäude verbunden sind, und Hindernissen in der Umgebung unterschieden.

Die monatliche Sonneneinstrahlung auf einer beschatteten Fläche j wird wie folgt berechnet:

Gl. 205 $I_{s,m,j,shad} = F_{s,m,j,env\ obst} \cdot I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$ (MJ/m²)

Dabei ist:

$F_{s,m,j,env\ obst}$ Beschattungsfaktor durch Hindernisse in der Umgebung (-)

$I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$ Sonneneinstrahlung am Fenster j im jeweiligen Monat unter Berücksichtigung der Beschattung durch Hindernisse, die mit dem Gebäude verbunden sind (MJ/m²)

C.4.2.1 Sonneneinstrahlung $I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$

Die Sonneneinstrahlung $I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$ am Fenster j im jeweiligen Monat unter Berücksichtigung der Beschattung durch Hindernisse, die mit dem Gebäude verbunden sind, berechnet sich wie folgt:

Es wird angenommen, dass die Sonneneinstrahlung $I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$ der Summe von direkter, diffuser und reflektierter monatlicher Sonneneinstrahlung entspricht, wobei jedoch nur mit dem Gebäude verbundene Hindernisse berücksichtigt werden (Verbauungswinkel α_h = 0°)

Gl. 206 $I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build} = I_{s,dir,m,j,shad} + I_{s,dif,m,j,shad} + I_{s,refl,m,j,shad}$ (MJ/m²)

Dabei ist:

$I_{s,dir,m,j,shad}$ direkte Sonneneinstrahlung auf der Fläche j im jeweiligen Monat in MJ/m²

$I_{s,dif,m,j,shad}$ diffuse Sonneneinstrahlung auf der Fläche j im jeweiligen Monat in MJ/m²

$I_{s,refl,m,j,shad}$ reflektierte Sonneneinstrahlung auf der Fläche j im jeweiligen Monat in MJ/m²

C.4.2.2 Beschattungsfaktor

Der Beschattungsfaktor $F_{s,m,j,env\ obst}$ berechnet sich durch lineare Interpolation anhand folgender Gleichung:

Gl. 207 $$F_{s,m,j,env\ obst} = F_{s,m,j,env\ obst,60°} \cdot \frac{(90 - \alpha_h)}{30}$$ (-)

Dabei ist:

$F_{s,m,j,env\ obst,60°}$ der Beschattungsfaktor durch benachbarte Hindernisse mit einem Verbauungswinkel von 60°

Die Werte von $F_{s,m,j,env\ obst,60°}$ finden sich in Tabelle C0 und hängen von der Ausrichtung und dem Neigungswinkel der Glasfläche ab.

C.4.2.3 Beschattungsfaktor durch benachbarte Hindernisse mit einem Verbauungswinkel von 60°

Dieser Abschnitt beinhaltet die Tabelle C0 mit den monatlichen Werten des Beschattungsfaktors $F_{s,m,j,env\ obst,60°}$ für unterschiedliche Ausrichtungen und Neigungswinkel von Glasflächen.

Die Werte werden für einen Verbauungswinkel von 60° angegeben. Bei einem größeren Verbauungswinkel wird die Beschattung auf eine andere Weise detailliert berücksichtigt.

Bei Ausrichtungen und Neigungswinkeln, die nicht in den Tabellen aufgeführt werden, ist eine lineare Interpolation vorzunehmen, zunächst nach der Ausrichtung und dann nach dem Neigungswinkel.

Bei einem Neigungswinkel über 90° gelten die Werte für den Neigungswinkel 90°.

Tabelle C0: Beschattungsfaktor - Verbauungswinkel 60°

Tableau C0/ Orientation ϕ = 0° (SUD)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
Février	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04
Mars	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05
Avril	0,06	0,05	0,05	0,05	0,07
Mai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,10
Juin	0,21	0,21	0,22	0,22	0,20
Juillet	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12
Août	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07
Septembre	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
Octobre	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03
Novembre	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
Décembre	0,09	0,06	0,05	0,05	0,05

Tableau C0 / Orientation ϕ = 45° (SUD-OUEST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,05	0,05	0,04	0,05
Février	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04
Mars	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Avril	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
Mai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Juin	0,21	0,21	0,20	0,18	0,14
Juillet	0,11	0,12	0,12	0,11	0,11
Août	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07
Septembre	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Octobre	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
Novembre	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
Décembre	0,09	0,06	0,06	0,05	0,05

Tableau C0/ Orientation ϕ = 90° (OUEST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07
Février	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Mars	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Avril	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Mai	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
Juin	0,21	0,14	0,12	0,11	0,08
Juillet	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
Août	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Septembre	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Octobre	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Novembre	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06
Décembre	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09

Tableau C0 / Orientation ϕ = 135° (NORD-OUEST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12
Février	0,06	0,11	0,11	0,11	0,11
Mars	0,06	0,09	0,09	0,09	0,10
Avril	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09
Mai	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08
Juin	0,21	0,09	0,08	0,08	0,09
Juillet	0,11	0,09	0,09	0,09	0,10
Août	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09
Septembre	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09
Octobre	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08
Novembre	0,08	0,11	0,11	0,11	0,11
Décembre	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13

Tableau C0 / Orientation ϕ = 180° (NORD)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13
Février	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12
Mars	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12
Avril	0,06	0,11	0,11	0,12	0,12
Mai	0,08	0,10	0,10	0,10	0,11
Juin	0,21	0,11	0,11	0,11	0,12
Juillet	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12
Août	0,06	0,11	0,11	0,11	0,11
Septembre	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12
Octobre	0,05	0,12	0,12	0,12	0,12
Novembre	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13
Décembre	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13

Tableau C0 / Orientation ϕ = -135° (NORD-EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12
Février	0,06	0,11	0,11	0,11	0,12
Mars	0,06	0,10	0,10	0,10	0,11
Avril	0,06	0,09	0,09	0,10	0,10
Mai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09
Juin	0,21	0,09	0,09	0,09	0,11
Juillet	0,11	0,09	0,09	0,09	0,10
Août	0,06	0,09	0,09	0,09	0,10
Septembre	0,06	0,10	0,10	0,10	0,11
Octobre	0,05	0,11	0,11	0,11	0,11
Novembre	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13
Décembre	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13

Tableau C0 / Orientation ϕ = -90° (EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09
Février	0,06	0,08	0,07	0,07	0,08
Mars	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Avril	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Mai	0,08	0,06	0,06	0,06	0,07
Juin	0,21	0,15	0,14	0,13	0,11
Juillet	0,11	0,10	0,09	0,09	0,09
Août	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Septembre	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Octobre	0,05	0,07	0,07	0,07	0,08
Novembre	0,08	0,10	0,09	0,09	0,10
Décembre	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10

Tableau C0 / Orientation ϕ = -45° (SUD - EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,06	0,05	0,05	0,06
Février	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Mars	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
Avril	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Mai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Juin	0,21	0,22	0,21	0,20	0,17
Juillet	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11
Août	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Septembre	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07
Octobre	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
Novembre	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06
Décembre	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06

C.5 Nutzungsfaktor $a_{c,m,j}$: Tabellen

Diese Anlage enthält die Tabellen mit den Monatswerten des Nutzungsfaktors $a_{c,m,j}$ von Sonnenschutzvorrichtungen für unterschiedliche Ausrichtungen und Neigungswinkel der besonnten Fläche.

Bei Ausrichtungen und Neigungswinkeln, die nicht in den Tabellen aufgeführt werden, ist eine lineare Interpolation vorzunehmen, zunächst nach der Ausrichtung und dann nach dem Neigungswinkel.

Bei einem Neigungswinkel über 90° gelten die Werte für den Neigungswinkel 90°.

Tabelle C1: Nutzungsfaktor – Bedienung von Hand (Wohnzwecke und Nicht-Wohnzwecke) – Automatikbedienung (Nicht-Wohnzwecke, für die Heizungsberechnungen)

Tableau C1 /Orientation ϕ = 0° (SUD)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,31	0,46	0,51	0,53
Février	0,10	0,53	0,58	0,62	0,59
Mars	0,46	0,64	0,67	0,68	0,62
Avril	0,57	0,67	0,67	0,65	0,53
Mai	0,67	0,68	0,69	0,68	0,45
Juin	0,70	0,70	0,71	0,67	0,42
Juillet	0,66	0,68	0,66	0,63	0,33
Août	0,63	0,70	0,70	0,67	0,46
Septembre	0,49	0,65	0,66	0,67	0,56
Octobre	0,33	0,65	0,71	0,73	0,72
Novembre	0,00	0,34	0,45	0,51	0,49
Décembre	0,00	0,21	0,36	0,44	0,42

Tableau C1 / Orientation ϕ = 30°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,31	0,43	0,48	0,51
Février	0,10	0,49	0,59	0,62	0,61
Mars	0,46	0,66	0,67	0,69	0,63
Avril	0,57	0,67	0,68	0,66	0,57
Mai	0,67	0,71	0,69	0,66	0,51
Juin	0,70	0,72	0,70	0,66	0,47
Juillet	0,66	0,68	0,66	0,60	0,34
Août	0,63	0,70	0,70	0,65	0,52
Septembre	0,49	0,66	0,69	0,68	0,61
Octobre	0,33	0,68	0,73	0,75	0,76
Novembre	0,00	0,36	0,47	0,51	0,54
Décembre	0,00	0,20	0,27	0,34	0,35

Orientation ϕ = 45° (SUD-OUEST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,29	0,39	0,47	0,45
Février	0,10	0,45	0,56	0,59	0,60
Mars	0,46	0,63	0,67	0,67	0,61
Avril	0,57	0,67	0,66	0,68	0,60
Mai	0,67	0,70	0,70	0,67	0,53
Juin	0,70	0,71	0,71	0,68	0,51
Juillet	0,66	0,68	0,67	0,63	0,37
Août	0,63	0,70	0,69	0,66	0,54
Septembre	0,49	0,65	0,68	0,69	0,63
Octobre	0,33	0,68	0,73	0,76	0,75
Novembre	0,00	0,33	0,47	0,52	0,52
Décembre	0,00	0,18	0,24	0,27	0,29

Orientation ϕ = 60°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,20	0,33	0,40	0,42
Février	0,10	0,43	0,53	0,56	0,57
Mars	0,46	0,63	0,61	0,62	0,57
Avril	0,57	0,64	0,68	0,65	0,59
Mai	0,67	0,71	0,68	0,66	0,57
Juin	0,70	0,72	0,70	0,66	0,55
Juillet	0,66	0,69	0,66	0,60	0,40
Août	0,63	0,68	0,68	0,64	0,54
Septembre	0,49	0,65	0,67	0,66	0,62
Octobre	0,33	0,66	0,70	0,73	0,71
Novembre	0,00	0,32	0,43	0,50	0,49
Décembre	0,00	0,15	0,18	0,22	0,22

Tableau C1 / Orientation ϕ = 90° (OUEST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,04	0,08	0,18	0,12
Février	0,10	0,28	0,35	0,38	0,32
Mars	0,46	0,50	0,51	0,49	0,44
Avril	0,57	0,61	0,61	0,59	0,51
Mai	0,67	0,66	0,64	0,62	0,54
Juin	0,70	0,67	0,68	0,66	0,56
Juillet	0,66	0,64	0,60	0,50	0,38
Août	0,63	0,63	0,62	0,57	0,50
Septembre	0,49	0,57	0,59	0,59	0,52
Octobre	0,33	0,55	0,59	0,61	0,64
Novembre	0,00	0,19	0,26	0,30	0,37
Décembre	0,00	0,00	0,03	0,06	0,03

Tableau C1 / Orientation ϕ = 120°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,34	0,31	0,30	0,17
Avril	0,57	0,52	0,50	0,45	0,33
Mai	0,67	0,62	0,59	0,52	0,41
Juin	0,70	0,65	0,64	0,58	0,47
Juillet	0,66	0,59	0,47	0,40	0,29
Août	0,63	0,55	0,50	0,47	0,37
Septembre	0,49	0,40	0,40	0,36	0,28
Octobre	0,33	0,26	0,32	0,35	0,32
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orientation ϕ = 135° (NORD-OUEST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,13	0,06	0,07	0,04
Avril	0,57	0,47	0,38	0,30	0,20
Mai	0,67	0,58	0,51	0,46	0,34
Juin	0,70	0,62	0,57	0,52	0,40
Juillet	0,66	0,54	0,39	0,33	0,23
Août	0,63	0,49	0,41	0,36	0,25
Septembre	0,49	0,30	0,19	0,17	0,11
Octobre	0,33	0,05	0,06	0,07	0,10
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orientation ϕ = 150°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,01	0,00	0,00	0,00
Avril	0,57	0,36	0,18	0,13	0,06
Mai	0,67	0,54	0,43	0,33	0,25
Juin	0,70	0,60	0,48	0,40	0,30
Juillet	0,66	0,50	0,31	0,23	0,15
Août	0,63	0,41	0,29	0,20	0,08
Septembre	0,49	0,09	0,05	0,04	0,01
Octobre	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C1 / Orientation ϕ = 180° (NORD)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	0,57	0,15	0,00	0,00	0,00
Mai	0,67	0,49	0,00	0,00	0,00
Juin	0,70	0,55	0,11	0,00	0,00
Juillet	0,66	0,44	0,06	0,01	0,00
Août	0,63	0,21	0,00	0,00	0,00
Septembre	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00
Octobre	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C1 / Orientation ϕ = -150°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	0,57	0,28	0,07	0,01	0,00
Mai	0,67	0,51	0,36	0,26	0,08
Juin	0,70	0,57	0,46	0,30	0,10
Juillet	0,66	0,46	0,33	0,25	0,09
Août	0,63	0,34	0,15	0,10	0,03
Septembre	0,49	0,06	0,00	0,00	0,00
Octobre	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orientation ϕ = -135° (NORD-EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,08	0,00	0,00	0,00
Avril	0,57	0,37	0,23	0,14	0,03
Mai	0,67	0,57	0,47	0,38	0,25
Juin	0,70	0,61	0,52	0,43	0,28
Juillet	0,66	0,52	0,43	0,35	0,20
Août	0,63	0,42	0,32	0,26	0,13
Septembre	0,49	0,20	0,07	0,04	0,00
Octobre	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orientation ϕ = -120°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,23	0,18	0,15	0,04
Avril	0,57	0,44	0,38	0,31	0,16
Mai	0,67	0,60	0,53	0,47	0,36
Juin	0,70	0,64	0,56	0,54	0,40
Juillet	0,66	0,57	0,48	0,44	0,32
Août	0,63	0,49	0,39	0,35	0,26
Septembre	0,49	0,29	0,24	0,18	0,09
Octobre	0,33	0,02	0,01	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C1 / Orientation ϕ =-90° (EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,02	0,05	0,08	0,09
Février	0,10	0,26	0,31	0,33	0,29
Mars	0,46	0,44	0,43	0,40	0,33
Avril	0,57	0,55	0,51	0,49	0,37
Mai	0,67	0,66	0,63	0,59	0,46
Juin	0,70	0,67	0,65	0,61	0,49
Juillet	0,66	0,62	0,58	0,53	0,42
Août	0,63	0,58	0,56	0,50	0,39
Septembre	0,49	0,49	0,46	0,43	0,33
Octobre	0,33	0,28	0,28	0,30	0,18
Novembre	0,00	0,02	0,04	0,04	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C1 / Orientation ϕ = -60°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,15	0,22	0,24	0,28
Février	0,10	0,39	0,45	0,46	0,48
Mars	0,46	0,56	0,57	0,58	0,48
Avril	0,57	0,62	0,59	0,58	0,47
Mai	0,67	0,69	0,68	0,64	0,50
Juin	0,70	0,70	0,69	0,66	0,53
Juillet	0,66	0,66	0,64	0,59	0,45
Août	0,63	0,63	0,63	0,60	0,43
Septembre	0,49	0,59	0,59	0,60	0,46
Octobre	0,33	0,48	0,53	0,54	0,46
Novembre	0,00	0,14	0,18	0,21	0,16
Décembre	0,00	0,02	0,09	0,17	0,17

Orientation ϕ = -45° (SUD-EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,18	0,26	0,32	0,33
Février	0,10	0,41	0,46	0,48	0,51
Mars	0,46	0,59	0,62	0,60	0,53
Avril	0,57	0,63	0,64	0,60	0,49
Mai	0,67	0,69	0,68	0,65	0,49
Juin	0,70	0,70	0,68	0,67	0,50
Juillet	0,66	0,66	0,64	0,60	0,42
Août	0,63	0,66	0,65	0,61	0,44
Septembre	0,49	0,61	0,64	0,61	0,50
Octobre	0,33	0,55	0,58	0,60	0,54
Novembre	0,00	0,20	0,26	0,30	0,27
Décembre	0,00	0,05	0,28	0,31	0,28

Orientation ϕ = -30°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,21	0,36	0,40	0,39
Février	0,10	0,46	0,53	0,56	0,51
Mars	0,46	0,62	0,63	0,64	0,59
Avril	0,57	0,66	0,65	0,64	0,50
Mai	0,67	0,69	0,70	0,67	0,47
Juin	0,70	0,70	0,69	0,66	0,46
Juillet	0,66	0,67	0,66	0,60	0,40
Août	0,63	0,67	0,66	0,63	0,46
Septembre	0,49	0,63	0,64	0,66	0,55
Octobre	0,33	0,58	0,64	0,65	0,62
Novembre	0,00	0,26	0,33	0,36	0,34
Décembre	0,00	0,12	0,32	0,35	0,38

Tabelle C2: Nutzungsfaktor - Automatikbedienung (Wohnzwecke)

Tableau C2 / Orientation ϕ = 0° (SUD)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,56	0,62	0,65	0,68
Février	0,34	0,70	0,72	0,73	0,74
Mars	0,64	0,77	0,78	0,78	0,75
Avril	0,74	0,79	0,78	0,76	0,65
Mai	0,79	0,80	0,79	0,75	0,59
Juin	0,81	0,81	0,79	0,75	0,59
Juillet	0,82	0,81	0,79	0,76	0,55
Août	0,78	0,81	0,82	0,78	0,62
Septembre	0,68	0,78	0,79	0,78	0,72
Octobre	0,56	0,76	0,79	0,81	0,81
Novembre	0,10	0,50	0,60	0,62	0,64
Décembre	0,00	0,41	0,52	0,58	0,56

Tableau C2 / Orientation ϕ = 30°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,50	0,59	0,62	0,63
Février	0,34	0,65	0,69	0,72	0,71
Mars	0,64	0,76	0,77	0,78	0,74
Avril	0,74	0,79	0,78	0,77	0,68
Mai	0,79	0,81	0,79	0,78	0,63
Juin	0,81	0,81	0,79	0,77	0,62
Juillet	0,82	0,81	0,79	0,75	0,53
Août	0,78	0,81	0,81	0,78	0,64
Septembre	0,68	0,77	0,77	0,79	0,73
Octobre	0,56	0,77	0,81	0,82	0,82
Novembre	0,10	0,51	0,58	0,63	0,64
Décembre	0,00	0,36	0,50	0,58	0,58

Tableau C2 / Orientation ϕ = 45° (SUD-OUEST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,46	0,54	0,57	0,60
Février	0,34	0,60	0,67	0,69	0,68
Mars	0,64	0,74	0,76	0,76	0,70
Avril	0,74	0,78	0,77	0,75	0,67
Mai	0,79	0,80	0,80	0,75	0,65
Juin	0,81	0,80	0,80	0,74	0,61
Juillet	0,82	0,81	0,79	0,73	0,51
Août	0,78	0,81	0,79	0,77	0,65
Septembre	0,68	0,77	0,77	0,77	0,72
Octobre	0,56	0,74	0,78	0,81	0,82
Novembre	0,10	0,50	0,57	0,61	0,62
Décembre	0,00	0,23	0,41	0,52	0,42

Tableau C2 / Orientation ϕ = 60°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,37	0,48	0,54	0,54
Février	0,34	0,55	0,61	0,64	0,64
Mars	0,64	0,73	0,75	0,71	0,67
Avril	0,74	0,76	0,75	0,72	0,66
Mai	0,79	0,79	0,77	0,75	0,64
Juin	0,81	0,81	0,79	0,77	0,68
Juillet	0,82	0,79	0,77	0,72	0,52
Août	0,78	0,80	0,78	0,76	0,62
Septembre	0,68	0,75	0,76	0,74	0,69
Octobre	0,56	0,75	0,79	0,79	0,80
Novembre	0,10	0,48	0,55	0,59	0,62
Décembre	0,00	0,21	0,28	0,34	0,33

Tableau C2 / Orientation ϕ = 90° (OUEST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,14	0,25	0,30	0,27
Février	0,34	0,41	0,46	0,50	0,49
Mars	0,64	0,63	0,63	0,62	0,55
Avril	0,74	0,71	0,69	0,65	0,60
Mai	0,79	0,78	0,75	0,71	0,62
Juin	0,81	0,80	0,77	0,75	0,64
Juillet	0,82	0,78	0,73	0,67	0,50
Août	0,78	0,76	0,74	0,69	0,59
Septembre	0,68	0,70	0,69	0,68	0,62
Octobre	0,56	0,68	0,71	0,72	0,70
Novembre	0,10	0,30	0,38	0,44	0,43
Décembre	0,00	0,02	0,09	0,10	0,09

Tableau C2 / Orientation ϕ = 120°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,09	0,03	0,04	0,00
Mars	0,64	0,45	0,39	0,38	0,30
Avril	0,74	0,65	0,59	0,55	0,41
Mai	0,79	0,73	0,67	0,64	0,51
Juin	0,81	0,78	0,71	0,68	0,55
Juillet	0,82	0,75	0,67	0,56	0,38
Août	0,78	0,71	0,64	0,55	0,45
Septembre	0,68	0,60	0,55	0,51	0,40
Octobre	0,56	0,45	0,47	0,51	0,46
Novembre	0,10	0,00	0,06	0,15	0,16
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation ϕ = 135° (NORD-OUEST)

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,36	0,25	0,17	0,07
Avril	0,74	0,60	0,52	0,44	0,31
Mai	0,79	0,72	0,63	0,56	0,41
Juin	0,81	0,76	0,69	0,60	0,47
Juillet	0,82	0,73	0,62	0,45	0,31
Août	0,78	0,69	0,55	0,44	0,34
Septembre	0,68	0,51	0,39	0,28	0,22
Octobre	0,56	0,16	0,17	0,16	0,14
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation ϕ = 150°

Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,13	0,03	0,02	0,01
Avril	0,74	0,55	0,38	0,24	0,12
Mai	0,79	0,69	0,57	0,43	0,29
Juin	0,81	0,74	0,65	0,53	0,34
Juillet	0,82	0,73	0,54	0,34	0,21
Août	0,78	0,65	0,43	0,30	0,18
Septembre	0,68	0,38	0,08	0,07	0,06
Octobre	0,56	0,03	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation ϕ = 180° (NORD)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	0,74	0,42	0,00	0,00	0,00
Mai	0,79	0,72	0,36	0,04	0,00
Juin	0,81	0,74	0,62	0,07	0,00
Juillet	0,82	0,73	0,46	0,03	0,01
Août	0,78	0,58	0,02	0,00	0,00
Septembre	0,68	0,10	0,00	0,00	0,00
Octobre	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation ϕ = -150°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,13	0,00	0,00	0,00
Avril	0,74	0,53	0,31	0,09	0,00
Mai	0,79	0,72	0,58	0,42	0,22
Juin	0,81	0,76	0,64	0,51	0,27
Juillet	0,82	0,74	0,60	0,44	0,19
Août	0,78	0,63	0,40	0,25	0,08
Septembre	0,68	0,29	0,06	0,00	0,00
Octobre	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation ϕ = -135° (NORD-EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,32	0,17	0,05	0,00
Avril	0,74	0,59	0,46	0,35	0,16
Mai	0,79	0,72	0,63	0,51	0,34
Juin	0,81	0,75	0,68	0,60	0,40
Juillet	0,82	0,75	0,65	0,53	0,31
Août	0,78	0,67	0,55	0,39	0,25
Septembre	0,68	0,43	0,24	0,13	0,04
Octobre	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation ϕ = -120°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,13	0,08	0,06	0,04
Mars	0,64	0,47	0,35	0,30	0,16
Avril	0,74	0,63	0,53	0,45	0,29
Mai	0,79	0,74	0,66	0,59	0,43
Juin	0,81	0,76	0,70	0,64	0,50
Juillet	0,82	0,76	0,70	0,61	0,40
Août	0,78	0,71	0,61	0,51	0,33
Septembre	0,68	0,56	0,43	0,36	0,20
Octobre	0,56	0,11	0,07	0,04	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation ϕ = -90° (EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,16	0,18	0,19	0,13
Février	0,34	0,39	0,40	0,42	0,38
Mars	0,64	0,59	0,58	0,54	0,46
Avril	0,74	0,71	0,67	0,58	0,47
Mai	0,79	0,76	0,75	0,68	0,56
Juin	0,81	0,78	0,74	0,71	0,60
Juillet	0,82	0,79	0,75	0,68	0,50
Août	0,78	0,75	0,73	0,66	0,47
Septembre	0,68	0,65	0,62	0,57	0,45
Octobre	0,56	0,48	0,45	0,42	0,35
Novembre	0,10	0,09	0,12	0,11	0,04
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation ϕ = -60°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,28	0,38	0,40	0,43
Février	0,34	0,52	0,56	0,55	0,55
Mars	0,64	0,69	0,67	0,67	0,63
Avril	0,74	0,73	0,72	0,71	0,57
Mai	0,79	0,78	0,78	0,75	0,61
Juin	0,81	0,81	0,78	0,73	0,61
Juillet	0,82	0,81	0,78	0,73	0,55
Août	0,78	0,78	0,76	0,74	0,53
Septembre	0,68	0,73	0,71	0,69	0,61
Octobre	0,56	0,64	0,65	0,65	0,57
Novembre	0,10	0,26	0,35	0,39	0,38
Décembre	0,00	0,22	0,31	0,35	0,32

Tableau C2 / Orientation ϕ = -45° (SUD-EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,37	0,46	0,48	0,46
Février	0,34	0,61	0,63	0,62	0,60
Mars	0,64	0,71	0,73	0,70	0,66
Avril	0,74	0,75	0,75	0,71	0,61
Mai	0,79	0,80	0,78	0,75	0,64
Juin	0,81	0,81	0,78	0,74	0,63
Juillet	0,82	0,81	0,79	0,75	0,57
Août	0,78	0,79	0,77	0,73	0,58
Septembre	0,68	0,76	0,75	0,71	0,66
Octobre	0,56	0,67	0,70	0,71	0,67
Novembre	0,10	0,35	0,42	0,47	0,48
Décembre	0,00	0,33	0,40	0,44	0,46

Tableau C2 / Orientation ϕ = -30°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,45	0,56	0,59	0,54
Février	0,34	0,66	0,70	0,71	0,69
Mars	0,64	0,75	0,76	0,75	0,69
Avril	0,74	0,79	0,75	0,75	0,64
Mai	0,79	0,79	0,77	0,74	0,62
Juin	0,81	0,79	0,79	0,74	0,58
Juillet	0,82	0,81	0,80	0,75	0,55
Août	0,78	0,81	0,78	0,75	0,61
Septembre	0,68	0,76	0,76	0,76	0,69
Octobre	0,56	0,73	0,77	0,78	0,72
Novembre	0,10	0,45	0,53	0,56	0,54
Décembre	0,00	0,38	0,47	0,51	0,51

Tabelle C3: Nutzungsfaktor – Automatikbedienung (Nicht-Wohnzwecke)

Tableau C3 / Orientation ϕ = 0° (SUD)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,59	0,64	0,68	0,69
Février	0,39	0,71	0,74	0,75	0,75
Mars	0,70	0,79	0,81	0,82	0,76
Avril	0,77	0,81	0,82	0,79	0,68
Mai	0,81	0,82	0,82	0,78	0,65
Juin	0,84	0,85	0,82	0,78	0,61
Juillet	0,84	0,84	0,82	0,79	0,63
Août	0,84	0,85	0,84	0,82	0,68
Septembre	0,75	0,82	0,82	0,81	0,74
Octobre	0,62	0,77	0,81	0,83	0,83
Novembre	0,14	0,56	0,66	0,69	0,69
Décembre	0,00	0,46	0,57	0,62	0,65

Tableau C3 / Orientation ϕ = 30°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,56	0,63	0,68	0,70
Février	0,39	0,69	0,74	0,75	0,73
Mars	0,70	0,78	0,80	0,80	0,77
Avril	0,77	0,81	0,80	0,80	0,72
Mai	0,81	0,82	0,82	0,80	0,66
Juin	0,84	0,84	0,81	0,80	0,65
Juillet	0,84	0,84	0,82	0,80	0,62
Août	0,84	0,86	0,83	0,82	0,70
Septembre	0,75	0,82	0,83	0,82	0,76
Octobre	0,62	0,79	0,83	0,84	0,83
Novembre	0,14	0,57	0,64	0,67	0,67
Décembre	0,00	0,42	0,56	0,59	0,62

Tableau C3 / Orientation ϕ = 45° (SUD-OUEST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,51	0,58	0,64	0,63
Février	0,39	0,65	0,70	0,72	0,72
Mars	0,70	0,77	0,78	0,79	0,74
Avril	0,77	0,80	0,81	0,78	0,70
Mai	0,81	0,82	0,81	0,78	0,68
Juin	0,84	0,84	0,82	0,78	0,68
Juillet	0,84	0,83	0,81	0,77	0,62
Août	0,84	0,84	0,83	0,80	0,68
Septembre	0,75	0,81	0,81	0,79	0,75
Octobre	0,62	0,78	0,81	0,82	0,84
Novembre	0,14	0,55	0,60	0,63	0,65
Décembre	0,00	0,35	0,50	0,55	0,55

Tableau C3 / Orientation ϕ = 60°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,45	0,53	0,60	0,60
Février	0,39	0,61	0,65	0,67	0,67
Mars	0,70	0,75	0,77	0,76	0,69
Avril	0,77	0,80	0,78	0,78	0,67
Mai	0,81	0,80	0,81	0,78	0,66
Juin	0,84	0,82	0,83	0,79	0,68
Juillet	0,84	0,82	0,80	0,76	0,58
Août	0,84	0,84	0,81	0,79	0,66
Septembre	0,75	0,80	0,78	0,78	0,73
Octobre	0,62	0,76	0,80	0,81	0,83
Novembre	0,14	0,53	0,58	0,61	0,64
Décembre	0,00	0,23	0,31	0,38	0,40

Tableau C3 / Orientation ϕ = 90° (OUEST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,29	0,30	0,34	0,37
Février	0,39	0,48	0,52	0,53	0,54
Mars	0,70	0,70	0,66	0,64	0,60
Avril	0,77	0,76	0,74	0,69	0,62
Mai	0,81	0,79	0,78	0,75	0,63
Juin	0,84	0,82	0,79	0,76	0,65
Juillet	0,84	0,81	0,78	0,72	0,53
Août	0,84	0,80	0,77	0,74	0,60
Septembre	0,75	0,75	0,73	0,70	0,64
Octobre	0,62	0,70	0,72	0,74	0,71
Novembre	0,14	0,38	0,44	0,49	0,50
Décembre	0,00	0,08	0,17	0,22	0,18

Tableau C3 / Orientation ϕ = 120°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,23	0,16	0,10	0,03
Mars	0,70	0,54	0,46	0,41	0,35
Avril	0,77	0,70	0,64	0,57	0,46
Mai	0,81	0,77	0,72	0,65	0,53
Juin	0,84	0,80	0,74	0,69	0,58
Juillet	0,84	0,79	0,74	0,60	0,41
Août	0,84	0,76	0,70	0,62	0,49
Septembre	0,75	0,66	0,60	0,54	0,43
Octobre	0,62	0,54	0,53	0,53	0,49
Novembre	0,14	0,06	0,12	0,16	0,20
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation ϕ = 135° (NORD-OUEST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,39	0,29	0,25	0,15
Avril	0,77	0,65	0,56	0,49	0,32
Mai	0,81	0,75	0,69	0,59	0,44
Juin	0,84	0,78	0,72	0,65	0,48
Juillet	0,84	0,78	0,69	0,54	0,32
Août	0,84	0,72	0,64	0,52	0,38
Septembre	0,75	0,60	0,47	0,41	0,27
Octobre	0,62	0,28	0,23	0,21	0,22
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation ϕ = 150°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,22	0,06	0,02	0,01
Avril	0,77	0,61	0,46	0,29	0,15
Mai	0,81	0,73	0,62	0,50	0,31
Juin	0,84	0,78	0,68	0,57	0,37
Juillet	0,84	0,76	0,66	0,42	0,23
Août	0,84	0,70	0,53	0,36	0,22
Septembre	0,75	0,48	0,23	0,12	0,06
Octobre	0,62	0,08	0,00	0,00	0,01
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation ϕ = 180° (NORD)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,03	0,00	0,00	0,00
Avril	0,77	0,55	0,03	0,00	0,00
Mai	0,81	0,74	0,58	0,07	0,01
Juin	0,84	0,78	0,72	0,12	0,02
Juillet	0,84	0,78	0,66	0,12	0,01
Août	0,84	0,68	0,10	0,00	0,00
Septembre	0,75	0,21	0,00	0,00	0,00
Octobre	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation ϕ = -150°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,18	0,00	0,00	0,00
Avril	0,77	0,60	0,40	0,16	0,03
Mai	0,81	0,75	0,64	0,45	0,22
Juin	0,84	0,78	0,70	0,57	0,32
Juillet	0,84	0,79	0,70	0,50	0,22
Août	0,84	0,72	0,54	0,31	0,14
Septembre	0,75	0,41	0,09	0,02	0,00
Octobre	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation ϕ = -135° (NORD-EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,02	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,41	0,25	0,13	0,02
Avril	0,77	0,65	0,54	0,39	0,19
Mai	0,81	0,76	0,69	0,58	0,35
Juin	0,84	0,79	0,74	0,62	0,42
Juillet	0,84	0,80	0,73	0,61	0,35
Août	0,84	0,74	0,64	0,46	0,26
Septembre	0,75	0,50	0,34	0,21	0,07
Octobre	0,62	0,08	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation ϕ = -120°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,16	0,15	0,11	0,08
Mars	0,70	0,51	0,40	0,35	0,19
Avril	0,77	0,69	0,60	0,50	0,31
Mai	0,81	0,75	0,71	0,64	0,47
Juin	0,84	0,80	0,75	0,67	0,52
Juillet	0,84	0,81	0,75	0,66	0,45
Août	0,84	0,77	0,69	0,58	0,36
Septembre	0,75	0,62	0,53	0,38	0,25
Octobre	0,62	0,24	0,14	0,06	0,03
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation ϕ = -90° (EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,20	0,26	0,26	0,21
Février	0,39	0,43	0,43	0,42	0,40
Mars	0,70	0,64	0,59	0,56	0,46
Avril	0,77	0,74	0,71	0,66	0,50
Mai	0,81	0,80	0,77	0,72	0,59
Juin	0,84	0,80	0,78	0,74	0,62
Juillet	0,84	0,83	0,79	0,74	0,57
Août	0,84	0,80	0,76	0,71	0,53
Septembre	0,75	0,72	0,65	0,61	0,48
Octobre	0,62	0,55	0,50	0,47	0,38
Novembre	0,14	0,17	0,16	0,14	0,10
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00

Tableau C3 / Orientation ϕ = -60°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,39	0,43	0,44	0,45
Février	0,39	0,60	0,59	0,60	0,56
Mars	0,70	0,73	0,71	0,69	0,64
Avril	0,77	0,79	0,76	0,74	0,59
Mai	0,81	0,81	0,80	0,77	0,65
Juin	0,84	0,83	0,79	0,76	0,63
Juillet	0,84	0,83	0,82	0,76	0,62
Août	0,84	0,84	0,81	0,77	0,61
Septembre	0,75	0,79	0,76	0,72	0,63
Octobre	0,62	0,68	0,68	0,67	0,61
Novembre	0,14	0,34	0,43	0,45	0,43
Décembre	0,00	0,31	0,37	0,41	0,42

Tableau C3 / Orientation ϕ = -45° (SUD-EST)					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,43	0,50	0,53	0,49
Février	0,39	0,66	0,67	0,66	0,63
Mars	0,70	0,76	0,76	0,73	0,68
Avril	0,77	0,80	0,78	0,76	0,62
Mai	0,81	0,83	0,79	0,77	0,65
Juin	0,84	0,84	0,80	0,77	0,64
Juillet	0,84	0,84	0,82	0,79	0,63
Août	0,84	0,84	0,82	0,78	0,64
Septembre	0,75	0,80	0,80	0,75	0,68
Octobre	0,62	0,72	0,71	0,73	0,68
Novembre	0,14	0,42	0,54	0,58	0,56
Décembre	0,00	0,39	0,43	0,52	0,47

Tableau C3 / Orientation ϕ = -30°					
Mois	Inclinaison θ				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,54	0,61	0,63	0,62
Février	0,39	0,68	0,72	0,73	0,72
Mars	0,70	0,78	0,77	0,78	0,71
Avril	0,77	0,81	0,79	0,77	0,65
Mai	0,81	0,82	0,81	0,78	0,65
Juin	0,84	0,84	0,81	0,78	0,63
Juillet	0,84	0,83	0,82	0,79	0,62
Août	0,84	0,85	0,84	0,79	0,65
Septembre	0,75	0,82	0,81	0,79	0,71
Octobre	0,62	0,75	0,78	0,79	0,74
Novembre	0,14	0,49	0,58	0,62	0,63
Décembre	0,00	0,45	0,54	0,56	0,58

Annexe D Abgabewirkungsgrad

Das nachstehende detaillierte Berechnungsverfahren gilt nur für Energiezonen mit nur einem einzigen Wärmeabgabesystem bestehend aus Heizkörpern, einer Fußbodenheizung oder einer Wandheizung.

Detaillierter berechnet werden zusätzliche Wärmeverluste durch die Außenwand hinter oder unter den Wärmeabgabesystemen.

In der vorliegenden Anlage wird wiederholt zwischen einem variablen Sollwert und einem konstanten Sollwert der Vorlauftemperatur des Wassers unterschieden: eine genauere Beschreibung dieser Differenzierung findet sich in Punkt 9.2.2.2.

D.1 Standardbetriebsdauer eines Wärmeabgabesystems

Die monatliche Standardbetriebsdauer des Wärmeabgabesystems einer Energiezone i wird wie folgt berechnet:

- Wenn der Sollwert der Vorlauftemperatur des Wassers variabel ist, gilt:

Gl. 208
$$t_{heat,sec\ i,m} = \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{\left[29\left(H_{T,sec\ i,m} + 0,27\ V_{sec\ i}\right) + 10V_{sec\ i}\right]\left(18 - \theta_{e,m}\right)/29} \quad \text{(Ms)}$$

- Wenn der Sollwert der Vorlauftemperatur des Wassers konstant ist, gilt:

Gl. 209
$$t_{heat,sec\ i,m} = \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{29\left(H_{T,sec\ i,m} + 0,27\ V_{sec\ i}\right) + 10V_{sec\ i}} \quad \text{(Ms)}$$

In beiden Formeln ist:

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$	Bruttomonatsbedarf an Energie für die Beheizung einer Energiezone i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 7.2
$H_{T,heat,seci}$	Wärmetransferkoeffizient für Transmission der Energiezone i bei Basisaußentemperatur in W/K
$V_{sec\ i}$	Volumen der Energiezone i in m^3
$\theta_{e,m}$	mittlere Außentemperatur eines Monats entsprechend

Tabelle [1]

D.2 Durchschnittstemperatur des Wassers im Wärmeabgabekreis

Für jeden Monat der Heizperiode wird die Durchschnittstemperatur des Wassers im Wärmeabgabekreis der Energiezone i während der Betriebsdauer wie folgt bestimmt:

- Wenn der Sollwert der Vorlauftemperatur des Wassers variabel ist, gilt:

Gl. 210 $$\theta_{c,sec\ i,m} = 21 + \left(\theta_{c,sec\ i,\theta_{eb}} - 21\right) . \left[\frac{21 - \theta_{e,m}}{29}\right]^{0,75}$$ (°C)

- Wenn der Sollwert der Vorlauftemperatur des Wassers konstant ist, gilt:

Gl. 211 $$\theta_{c,sec\ i,m} = \theta_{c,sec\ i,\theta eb}$$ (°C)

Bei einem Standardheizkessel ohne Nachmischen mit einem Dreiwegeventil muss jedoch immer mit $\theta_{c,sec\ i,m} = 80$ °C gerechnet werden, ungeachtet der Auslegungstemperatur des Wärmeabgabekreises.

Dabei ist:

$\theta_{c,sec\ i,\theta eb}$	Durchschnittstemperatur des Wassers im Wärmeabgabekreis bei der Basisaußentemperatur in C° wie nachstehend bestimmt
$\theta_{e,m}$	mittlere Außentemperatur eines Monats entsprechend

Tabelle [1]

Die Durchschnittstemperatur des Wassers im Wärmeabgabekreis bei einer Basisaußentemperatur (d. h. unter Auslegungsbedingungen) wird wie folgt bestimmt:

Gl. 212 $\theta_{c,sec\ i,\theta eb} = 0,5.(\theta_{design,supply,sec\ i} + \theta_{design,return,sec\ i})$ (°C)

Dabei ist:

$\theta_{design,supply,sec\ i}$ Auslegungsvorlauftemperatur des Wassers im Wärmeabgabekreis der Energiezone i (bei der Basisaußentemperatur) in °C

$\theta_{design,return,sec\ i}$ Auslegungsrücklauftemperatur des Wassers im Wärmeabgabekreis der Energiezone i (bei der Basisaußentemperatur) in °C

Folgende Standardwerte können verwendet werden:

- Für Fußboden- und Wandheizung:
  - $\theta_{design,supply,sec\ i} = 55$ °C
  - $\theta_{design,return,sec\ i} = 45$ °C
- Für Heizkörper:
  - $\theta_{design,supply,sec\ i} = 90$°C
  - $\theta_{design,return,sec\ i} = 70$°C

Bessere Werte können nach Maßgabe der vom Minister bestimmten Vorgaben angewandt werden.

D.3 Heizkörper

Zusätzliche monatliche Wärmeverluste ($\Delta Q_{rad,sec\ i,m}$) von Heizkörpern in der Energiezone i durch die Wand hinter dem Heizkörper werden wie folgt bestimmt:

Gl. 213
$$\Delta Q_{rad,sec\ i,m} = t_{heat,sec\ i,m} \sum_j \left\{U_j \cdot A_{rad,j} \cdot \max\left(0 ; w \cdot \theta_{c,sec\ i,m} + (1 - w) \cdot \theta_{e,m} - 18\right)\right\} \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

$\theta_{c,sec\ i,m}$ Durchschnittstemperatur des Wassers im Wärmeabgabekreis der Energiezone i während der Standardbetriebsdauer für den betreffenden Monat in °C, bestimmt nach D.2

$\theta_{e,m}$ mittlere Außentemperatur eines Monats entsprechend

Tabelle [1]

$t_{heat,sec\ i,m}$	monatliche Standardbetriebsdauer des Wärmeabgabesystems in der Energiezone i in Ms, bestimmt nach D.1
w	Gewichtungsfaktor (ohne Einheit). Er beträgt 0,4, wenn sich hinter dem Heizkörper j ein reflektierender Schirm mit einem Emissionsgrad unter 0,2 befindet; in allen anderen Fällen beträgt er 0,8.
U_j	U-Wert der Außenwand hinter dem Heizkörper j in W/m^2K
$A_{rad,j}$	Projektionsfläche des Heizkörpers j in m^2

Es ist die Summe für alle Heizkörper j der Energiezone i zu bilden, die an einer Außenwand stehen.

Der monatliche Abgabewirkungsgrad der Energiezone i ($\eta_{em,heat,seci,m}$) ist:

Gl. 214 $$\eta_{em,heat,sec\ i,m} = \eta \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{Q_{heat,net,sec\ i,m} + \Delta Q_{rad,sec\ i,m}} \quad (-)$$

Dabei ist:

η	Multiplikationsfaktor in Tabelle [23], mit dem die zusätzlichen Regelungsverluste und die Verluste durch Temperaturschichtung berücksichtigt werden.
$Q_{heat,net,sec\ i,m}$	Nettomonatsbedarf an Energie für die Beheizung einer Energiezone i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 7.2
$\Delta Q_{rad,sec\ i,m}$	zusätzlicher monatlicher Wärmeverlust hinter den Heizkörpern in der Energiezone i in MJ

Tabelle [23]: Multiplikationsfaktor η

Heißwasserzentralheizung		
Raumtemperaturregelung	Regelung der Vorlauftemperatur	
	Konstanter Sollwert	Variabler Sollwert
Individuelle Temperaturregelung für jeden Raum	0,92	0,94
Sonstiges	0,90	0,92

D.4 Fußbodenheizung

Der zusätzliche monatliche Wärmeverlust durch die Böden der Energiezone i ($\Delta Q_{fl.h,sec\ i,m}$) wird wie folgt bestimmt:

Gl. 215 $$\Delta Q_{fl.h,seci,m} = \left(\theta_{c,seci,m} - 18\right) . t_{heat,seci,m} . \sum_j \left(U^*_{f,j} \times A_{f,j}\right) \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$\theta_{c,sec\ i,m}$ Durchschnittstemperatur des Wassers im Wärmeabgabekreis der Energiezone i während der Standardbetriebsdauer für den betreffenden Monat in °C, bestimmt nach D.2

$t_{heat,sec\ i,m}$ monatliche Standardbetriebsdauer des Wärmeabgabesystems in der Energiezone i in Ms, bestimmt nach D.1

$A_{f,j}$ von der Fußbodenheizung belegte Bodenfläche, anteilsmäßig bezogen auf die Bodenfläche, durch welche die Transmissionswärmeverluste erfolgen, in m^2

$U^*_{f,j}$ äquivalenter U-Wert des Bodens unter der Fußbodenheizung j laut unten stehender Berechnung

- Bei direkt auf dem Erdreich verlegten Bodenplatten ergibt sich $U^*_{f,j}$ wie folgt:

Gl. 216 $$\frac{1}{U^*_{f,j}} = \frac{1}{U_{f,j}} + 0,75 \qquad (m^2K/W)$$

Dabei ist:

$U_{f,j}$ U-Wert des Bodens in W/m^2K, bestimmt von der Innenumgebung bis zur Trennfläche zum Erdreich

- Bei aufgeständerten Bodenplatten oder Kellerdecken ergibt sich $U^*_{f,j}$ wie folgt:

Gl. 217 $$\frac{1}{U^*_{f,j}} = \frac{1}{U_{f,j}} - 0,25 + \frac{1}{U_{g,j} + U_{x,j}} \qquad (m^2K/W)$$

Dabei sind $U_{f,j}$, $U_{g,j}$ und $U_{x,j}$ in $W/(m^2.K)$ nach den Spezifikationen in Anlage B.1 des vorliegenden Erlasses zu berechnen.

- Bei Bodenplatten mit Kontakt zur Außenluft ergibt sich $U^*_{f,j}$ wie folgt:

Gl. 218 $$\frac{1}{U^*_{f,j}} = \frac{1}{U_{f,j}} - 0,25 \qquad (m^2K/W)$$

Dabei ist:

$U_{f,j}$ der Wärmetransferkoeffizient des Bodens für Transmission von der Innenumgebung zur Außenumgebung in $W/(m^2K)$, bestimmt nach den Spezifikationen in Anlage B.1 des vorliegenden Erlasses

Es ist die Summe aus allen Fußbodenheizungen j der Energiezone i in den Trennwänden des geschützten Volumens zu bilden.

Der monatliche Abgabewirkungsgrad der Energiezone i ($\eta_{em,heat,sec\ i,m}$) ist:

206	EEW-Methode 2017

Gl. 219 $$\eta_{em,heat,sec\ i,m} = \eta \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{Q_{heat,net,sec\ i,m} + \Delta Q_{fl.\ h,sec\ i,m}} \quad (-)$$

Dabei ist:

η	Multiplikationsfaktor in Tabelle [23]
$Q_{heat,net,sec\ i,m}$	Nettomonatsbedarf an Energie für die Beheizung einer Energiezone i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 7.2
$\Delta Q_{fl.h,sec\ i,m}$	zusätzlicher monatlicher Wärmeverlust durch die Böden in der Energiezone i in MJ

D.5 Wandheizung

Der zusätzliche monatliche Wärmeverlust durch die Wände der Energiezone i ($\Delta Q_{wall.h,sec\ i,m}$) wird wie folgt bestimmt:

Gl. 220 $$\Delta Q_{wall.h,seci,m} = \left(\theta_{c,seci,m} - 18\right) . t_{heat,seci,m} . \sum_{j} \left(U^{*}_{wall,j} . A_{wall,j}\right) \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$\theta_{c,sec\ i,m}$ Durchschnittstemperatur des Wassers im Wärmeabgabekreis der Energiezone i während der Standardbetriebsdauer für den betreffenden Monat in °C, bestimmt nach D.2

$t_{heat,sec\ i,m}$ monatliche Standardbetriebsdauer des Wärmeabgabesystems in der Energiezone i in Ms, bestimmt nach D.1

$A_{wall,j}$ Fläche der senkrechten Außenwand j hinter der Wandheizung in m^2

$U^{*}_{wall,j}$ äquivalenter Wärmetransferkoeffizient der senkrechten Außenwand j hinter der Wandheizung für Transmission, ausgedrückt wie folgt:

Gl. 221 $$U^{*}_{wall,\,j} = \frac{1}{1/U_{wall,\,j} - 0{,}175} \quad (W/(m^2.K))$$

Dabei ist:

$U_{wall,j}$ Wärmetransferkoeffizient der senkrechten Außenwand j hinter der Wandheizung für Transmission

Es ist die Summe für alle senkrechten Außenwände j der Energiezone i mit Wandheizung zu bilden.

Der monatliche Abgabewirkungsgrad der Energiezone i ($\eta_{em,heat,seci,m}$) wird wie folgt angenommen:

Gl. 222 $$\eta_{em,heat,sec\ i,m} = \eta \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{Q_{heat,net,sec\ i,m} + \Delta Q_{wall.h,sec\ i,m}} \quad (-)$$

Dabei ist:

η Multiplikationsfaktor in Tabelle [23]

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ Bruttomonatsbedarf an Energie für die Beheizung einer Energiezone i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 7.2

$\Delta Q_{wall.h,sec\ i,m}$ zusätzliche monatliche Wärmeverluste durch die Wände in der Energiezone i in MJ

Annexe E Verteilungsverluste

Die vorliegende Anlage gilt nur für Energiezonen, die über ein einziges Netz außerhalb des geschützten Volumens versorgt werden. Wenn dieses Netz auch die Wärme für andere Energiezonen liefert, darf außerdem keine dieser anderen Energiezonen über ein unabhängiges zweites Netz außerhalb des geschützten Volumens versorgt werden. (Wenn das gesamte geschützte Volumen eine einzige Energiezone bildet, sind diese Bedingungen automatisch erfüllt.)

Es ist zunächst der Wirkungsgrad des gesamten Netzes zu bestimmen. Der Wirkungsgrad gilt dann für alle Energiezonen, die über dieses Netz mit Wärme versorgt werden, auch wenn eine Energiezone nur einen Teil dieses Netzes nutzt.

E.1 Verteilungswirkungsgrad

Der durchschnittliche monatliche Verteilungswirkungsgrad $\eta_{distr,heat,sec\ i,m}$ einer Energiezone i entspricht dem durchschnittlichen monatlichen Verteilungswirkungsgrad des Wärmeverteilungsnetzes n, mit dem die Energiezone mit Wärme versorgt wird:

Gl. 223 $\eta_{distr,heat,sec\ i,m} = \eta_{distr,heat,netw\ n,m}$ (-)

Dabei ist:

Gl. 224 $$\eta_{distr,heat,netw\ n,m} = \frac{Q_{out,heat,netw\ n,m}}{Q_{in,heat,netw\ n,m}}$$ (-)

Dabei ist:

Gl. 225 $Q_{in,heat,netw\ n,m} = Q_{out,heat,netw\ n,m} + Q_{distr,heat,netw\ n,m}$ (MJ)

und

Gl. 226 $$Q_{out,heat,netw\ n,m} = \sum_i \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{\eta_{em,heat,sec\ i,m}}$$ (MJ)

Dabei ist:

$Q_{out,heat,netw\ n,m}$	monatliche Wärmemenge, die das Wärmeverteilungsnetz n an die vom ihm versorgten Energiezonen liefert, in MJ
$Q_{in,heat,netw\ n,m}$	monatliche Wärmemenge, die die Wärmeerzeugungsanlage oder der Wärmespeicher an das Wärmeverteilungsnetz liefert, in MJ
$Q_{distr,heat,netw\ n,m}$	monatliche Verlustwärmemenge durch das Wärmeverteilungsnetz n außerhalb des geschützten Volumens in MJ
$\eta_{em,heat,sec\ i,m}$	monatlicher Abgabewirkungsgrad einer Energiezone i (ohne Einheit), bestimmt nach Punkt 9.2.2.2 oder nach Annexe D der vorliegenden Anlage
$Q_{heat,net,sec\ i,m}$	Bruttomonatsbedarf an Energie für die Beheizung einer Energiezone i in MJ, bestimmt gemäß Punkt 7.2

Es ist die Summe für alle Energiezonen i zu bilden, die mit dem Netz versorgt werden. Wenn das Wärmeverteilungsnetz auch die Energie für Gebäudeteile liefert, für die keine EE-Berechnung durchgeführt wird, muss der Effekt dieser anderen Gebäudeteile nicht berücksichtigt werden:

- Die Verluste durch die Verteilungsleitungen, mit denen nur diese anderen Gebäudeteile versorgt werden, werden nicht berücksichtigt.

- Die Energie, die das Netz diesen anderen Gebäudeteilen liefert, wird bei der Berechnung des Netz-Outputs ebenfalls nicht berücksichtigt.

E.2 Wärmeverluste durch das Wärmeverteilungsnetz

Die Verteilungsverluste des Netzes werden sowohl bei wasser- als auch bei luftgefüllten Leitungen wie folgt bestimmt:

$$Q_{distr,heat,netw\ n,m} = t_{heat,netw\ n,m} \cdot f_{insul,netw\ n} \cdot \sum_j \left(\theta_{c,netw\ n,m} - \theta_{amb,m,j}\right) \cdot \left(\frac{l_j}{R_{l,j}}\right)$$

Gl. 321

(MJ)

Dabei ist:

$t_{heat,netw\ n,m}$ monatliche Standardbetriebsdauer des Wärmeverteilungsnetzes n in Ms. Als Wert wird der Höchstwert der Standardbetriebsdauer $t_{heat,sec\ i,m}$ (bestimmt nach Abschnitt D.1 sowohl für Wasser- als auch für Warmluftheizungssysteme) der mit dem Netz versorgten Energiezonen i angenommen.

$f_{insul,netw\ n}$ ein Korrekturfaktor, der die Auswirkungen von Wärmebrücken auf den Wärmewiderstand der Teilstücke des Wärmeverteilungssystems n berücksichtigt. Er kann wie $f_{insul,circ\ k}$ in § 9.3.2.2 ermittelt werden, indem die Kenngröße "netw n" anstelle von "circ k" gesetzt wird und die Begriffe „Wärmeverteilungssystem" und „Wärmeverteilungssystem n" anstelle von „Zirkulationsleitung" und „Zirkulationsleitung k".

$\theta_{c,netw\ n,m}$ monatliche Durchschnittstemperatur des Wärmeträgers im Wärmeverteilungsnetz n in °C. Als Wert wird der Höchstwert der monatlichen Durchschnittstemperaturen des Wärmeträgers in den Wärmeabgabekreisen aller mit dem Netz versorgten Energiezonen angenommen. Diese Temperaturen werden für jede Energiezone einzeln wie folgt bestimmt:

- Bei Verwendung von Wasser als Wärmeträger handelt es sich um die Temperatur $\theta_{c,sec\ i,m}$, bestimmt nach Abschnitt D.2 (auch wenn es sich um ein anderes Heizungssystem als Heizkörper, Fußboden- oder Wandheizung handelt, z. B. Konvektoren).
- Bei Verwendung von Luft als Wärmeträger ist für jeden Monat der Durchschnittswert während der Heizperiode anzuwenden, der sich wie folgt berechnet:

Gl. 228 $\theta_{c,sec\ i} = 8 + 0{,}6\ \theta_{design,supply,sec\ i}$ (°C)

Dabei ist $\theta_{design,supply,sec\ i}$ die Auslegungsvorlauftemperatur der Luft bei der Basisaußentemperatur. Als Standardwert kann 50 °C verwendet werden. Bei Verwendung einer anderen Auslegungstemperatur sind der GEE-Erklärung detaillierte Auslegungsberechnungen für das Wärmeabgabesystem (für jeden beheizten Raum in der Energiezone i) beizufügen.

$\theta_{amb,m,j}$ monatliche Durchschnittsraumtemperatur des Teilstücks j des Wärmeverteilungsnetzes in °C:

- Wenn sich das Teilstück in einem angrenzenden unbeheizten Raum befindet, gilt:

Gl. 229 $\theta_{amb,m,j} = 11 + 0{,}4.\theta_{e,m}$

- Wenn sich das Teilstück im Freien befindet, gilt:

Gl. 230 $\theta_{amb,m,j} = \theta_{e,m}$

Dabei ist:

$\theta_{e,m}$ Mittlere Außentemperatur eines Monats in °C entsprechend

Tabelle [1]

l_j	Länge des Teilstücks j in m
$R_{l,j}$	längenbezogener Wärmedurchlasswiderstand des Teilstücks j in mK/W, bestimmt nach Abschnitt E.3

Es ist die Summe für alle Teilstücke j des Wärmeverteilungsnetzes n außerhalb des geschützten Volumens zu bilden.

E.3 Bestimmung des längenbezogenen Wärmedurchlasswiderstands

Der längenbezogene Wärmedurchlasswiderstand gibt den Wärmestrom eines Teilstücks des Wärmeverteilungsnetzes je Längeneinheit und je Grad Temperaturdifferenz an.

Die nachstehenden Gleichungen basieren auf der Norm NBN EN ISO 12241.

Der innere Wärmeübergangswiderstand und der Eigenwiderstand der Leitung oder des Rohrs werden bei dieser Formel vernachlässigt.

Bezüglich mehrschaliger Wärmedämmhüllen wird direkt auf diese Norm verwiesen.

Wenn für ein Segment ist die Isolationsdicke nicht bekannt ist, wird angenommen, dass dieses Segment nicht isoliert wird.

E.3.1 Leitungen und Rohre

Der längenbezogene Wärmedurchlasswiderstand $R_{l,j}$ des Teilstücks j wird wie folgt berechnet:

Gl. 322

$$R_{l,j} = \frac{1}{2.\pi.\lambda_{insul,j}} \ln\left(\frac{D_{e,j}}{D_{i,j}}\right) + \frac{1}{h_{se,j}.\pi.D_{e,j}} \quad \text{(m.K/W)}$$

Dabei ist:

$\lambda_{insul,j}$	Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung um das Teilstück j in W/(m.K)
$D_{e,j}$	Außendurchmesser der Dämmung in m
$D_{i,j}$	Außendurchmesser der ungedämmten Leitung in m
$h_{se,j}$	Summe der äußeren Wärmetransferkoeffizienten des Teilstücks j für Transmission (durch Konvektion und Strahlung) in W/m^2K; folgende Werte werden angenommen: - innerhalb des geschützten Volumens ist $h_{se,j} = 8$ - in einem angrenzenden unbeheizten Raum ist $h_{se,j} = 10$ - im Freien ist $h_{se,j} = 25$

E.3.2 Kanäle

Der längenbezogene Wärmedurchlasswiderstand $R_{l,j}$ des Teilstücks j wird wie folgt berechnet:

Gl. 323
$$R_{l,j} = \frac{d_{insul,j}}{2 \cdot \lambda_{insul,j} \cdot \left(H_j + B_j - 2 \cdot d_{insul,j}\right)} + \frac{1}{2 \cdot h_{se,j} \cdot \left(H_j + B_j\right)} \quad \text{(m.K/W)}$$

Dabei ist:

$\lambda_{insul,j}$	Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung um das Teilstück j in W/(m.K)
$d_{insul,j}$	Dämmstärke um den Kanal in m
H_j	Höhe des gedämmten Kanals (Außenmaß) in m
B_j	Breite des gedämmten Kanals (Außenmaß) in m
$h_{se,j}$	äußerer Gesamtwärmetransferkoeffizient des Teilstücks j für Transmission (durch Konvektion und Strahlung) in W/m2K, bestimmt nach Abschnitt E.3.1

E.3.3 Erdverlegte Leitungen

Der längenbezogene Wärmedurchlasswiderstand $R_{l,j}$ des Teilstücks j wird wie folgt berechnet:

Gl. 233 $R_{l,j} = R'_{l,j} + R_E$ (m.K/W)

Dabei ist:

Gl. 324
$$R'_{l,j} = \frac{1}{2.\pi .\lambda_{insul,j}} \ln\left(\frac{D_{e,j}}{D_{i,j}}\right) \quad \text{(m.K/W)}$$

und:

Gl. 235
$$R_E = \frac{1}{2\pi\lambda_E} \operatorname{arcosh}\left(\frac{2H_{E,j}}{D_{e,j}}\right) \quad \text{(m.K/W)}$$

Dabei ist:

$\lambda_{insul,j}$	Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung um das Teilstück j in W/(m.K)
$D_{e,j}$	Außendurchmesser der Dämmung in m
$D_{i,j}$	Außendurchmesser der ungedämmten Leitung in m
λ_E	Wärmeleitfähigkeit des angrenzenden Bodens. Als Standardwert gilt λ_E = 2 W/(m.K)
$H_{E,j}$	Abstand zwischen der Leitungsmitte und der Geländeoberfläche in m

Annexe F Festgelegte Faktoren für verschiedene Energieträger

Für die Bestimmung des konventionellen Umrechnungsfaktors in Primärenergie gibt es zwei Fallkonstellationen:

- Vorliegen einer direkten Verbindung mit einer externen Wärmeeinspeisung: $f_p = f_{p,dh}$, entsprechender Primärenergiefaktor dieses Systems, ausführlich nach Maßgabe der vom Minister festgelegten Vorgaben zu bestimmen, Standardwert ist 2,0 (-).
- In allen anderen Fällen: Der konventionelle Umrechnungsfaktor der Energiequelle des jeweiligen Erzeugungsgeräts in Primärenergie ist Tabelle [29] zu entnehmen (-).

Tabelle [29]: Umrechnungsfaktor in Primärenergie, Verhältnis von Heizwert zu Brennwert und CO_2-Emissionsfaktor für verschiedene Energieträger

Energieträger	f_p	$f_{NCV/GCV}$	f_{CO2}
Erdgas	1,00	0,90	0,056
Schweres Heizöl	1,00	0,94	0,073
Propan/Butan/LPG	1,00	0,92	0,062
Kohle	1,00	0,96	0,093
Holz	1,00	0,93	0
Pellets	1,00	0,91	0
Strom	2,50	1,00	0,179
Strom aus eigener PV-Anlage	2,50	1,00	0,179
Strom aus einer KWK-Anlage	2,50	1,00	0,179
Sonstige Brennstoffe (1)	Äquivalenz		

(1) Für Energieträger, die noch nicht ausdrücklich in der Tabelle aufgeführt werden, kann der Minister die Werte bestimmen, die zugrunde zu legen sind.

Annexe G Bestimmung des thermischen Wirkungsgrads eines Wärmetauschers

Die Bestimmung des thermischen Wirkungsgrads η_{test} eines Wärmetauschers ist von den Temperaturverhältnissen abhängig, die mittels Test bestimmt werden, wie in der vorliegenden Anlage beschrieben. Der Standardwert des thermischen Wirkungsgrads ist unabhängig vom Volumenstrom null.

Die Norm NBN EN 308 beinhaltet eine Definition der Wärmetauscherkategorien und die konventionelle Nummerierung der Positionen.

Der Minister kann weitere und/oder abweichende Spezifikationen für die Bestimmung des thermischen Wirkungsgrads eines Wärmetauschers festlegen.

G.1 Messung

Der Test muss gemäß den in den Punkt 5.5 und 6.4 der Norm NBN EN 308 beschriebenen Anforderungen erfolgen, mit Ausnahme folgender Punkte:

- Der Test ist am unveränderten, vollständigen Wärmerückgewinnungsgerät (einschließlich Rahmen, Ventilatoren usw.) durchzuführen. Ein Wärmerückgewinnungsgerät beinhaltet grundsätzlich einen Kasten und einen Wärmeaustauscher. Das getestete Wärmerückgewinnungsgerät muss außerdem alle normalerweise im Kasten eines Wärmerückgewinnungsgeräts vorhandenen Komponenten wie z.B. Ventilatoren, Filter, einen Bypass, Heiz- oder Kühlbatterien usw. enthalten. Das Wärmerückgewinnungsgerät darf für den Test nicht verändert werden. So darf z.B. keine zusätzliche Wärmedämmung hinzugefügt werden.
- Es existieren keine Auflagen in Bezug auf das thermische Gleichgewicht (siehe Punkt 6.6 der Norm NBN EN 308).
- Es existieren keine Auflagen in Bezug auf interne und externe Lecks.
- Es wird nicht verlangt, dass der Test für verschiedene Kombinationen aus Zuluft- und Abluftströmen durchgeführt wird wie in der Norm beschrieben. Jedoch wird verlangt, dass der Test folgende Bedingungen erfüllt:
  - Durchführung in Bezug auf einen oder mehrere Volumenströme zur Wahl. Der Anwendungsbereich des Endergebnisses ist von dem/den getesteten Volumenstrom/-strömen abhängig (siehe Haupttext der vorliegenden Anlage).
  - Nach Möglichkeit wird ein Gleichgewicht zwischen dem Zu- und dem Abluftstrom hergestellt.
- Es müssen ausschließlich die Luftansaugbedingungen des Tests berücksichtigt werden, die in der unten stehenden Tabelle angegeben sind und der Norm NBN EN 308 entnommen wurden. Messungen bei einer anderen Temperatur können zur Bestimmung des nachstehend beschriebenen thermischen Wirkungsgrads nicht verwendet werden.

Tabelle [26]: Wärmetauscherkategorie

Wärmetauscherkategorie (siehe Definition in der Norm NBN EN 308)	**I II IIIa**	**IIIb**
Temperatur der Abluft	25 °C	25 °C
Feuchttemperatur der Abluft	< 14 °C	18 °C
Temperatur der Frischluft	5 °C	5 °C
Feuchttemperatur der Frischluft		3 °C

Das Testprotokoll muss mindestens folgende Messdaten enthalten:

- An sämtlichen Ein- und Ausgängen des Wärmetauschers gemessene Temperatur: Frischlufttemperatur (t_{21}), Zulufttemperatur (t_{22}), Ablufttemperatur (t_{11}) und Fortlufttemperatur (t_{12}) in °C
- Gemessener Volumenstrom der Zuluft (q_{v22}) und Abluft (q_{v11}) in m^3/h
- Vom Wärmetauscher aufgenommene elektrische Gesamtleistung ($P_{elec,ahu,test}$) in W. Es handelt sich um die elektrische Gesamtleistung des kompletten Gerätes einschließlich der Ventilatoren, Regelungen usw.
- Ventilatorposition am Wärmetauscher im getesteten Gerät

G.2 Berechnung

Der Testvolumenstrom $q_{v,test}$ ist der kleinere der beiden folgenden Volumenströme, also des Abluft- (q_{v11}) bzw. des Zuluftstroms (q_{v22}) während des Tests.

Der thermische Wirkungsgrad eines Wärmetauschers wird wie folgt berechnet:

Gl. 236 $$\eta_{test} = \frac{\left(\eta_{t,sup} + \eta_{t,eha}\right)}{2} \quad (-)$$

Die Temperaturverhältnisse auf der Zuluftseite ($\eta_{t,sup}$) und auf der Abluftseite ($\eta_{t,eha}$) werden anhand der während des Tests gemessenen Temperaturen ermittelt und konventionell zur Berücksichtigung der durch den Stromverbrauch entstehenden Wärme korrigiert:

Gl. 237 $$\eta_{t,sup} = \frac{t_{22} - \Delta t_{22} - t_{21} - \Delta t_{21}}{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{21} - \Delta t_{21}} \quad (-)$$

Gl. 238 $$\eta_{t,eha} = \frac{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{12} + \Delta t_{12}}{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{21} - \Delta t_{21}} \quad (-)$$

Wenn das Wärmerückgewinnungsgerät nicht mit Ventilatoren ausgestattet ist, gilt für die Temperaturunterschiede: Δt_{11}, Δt_{12}, Δt_{21} und Δt_{22} sind gleich Null.

Ansonsten werden die Temperaturunterschiede je nach Position der Ventilatoren gemäß einer der 4 Konstellationen berechnet, die in der folgenden Tabelle beschrieben sind:

Tabelle [27]: Formeln für die Temperaturdifferenz je nach Ventilatorposition

		Abluftventilator	
		In Abluftposition (11)	In Fortluftposition (12)
Zuluftventilator	In Frischluftposition (21)	$\Delta t_{11} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v11}}$ $\Delta t_{21} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v22}}$ $\Delta t_{22} = \Delta t_{12} = 0$	$\Delta t_{12} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v11}}$ $\Delta t_{21} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v22}}$ $\Delta t_{22} = \Delta t_{11} = 0$
	In Zuluftposition (22)	$\Delta t_{11} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v11}}$ $\Delta t_{22} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v22}}$ $\Delta t_{21} = \Delta t_{12} = 0$	$\Delta t_{12} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v11}}$ $\Delta t_{22} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v22}}$ $\Delta t_{21} = \Delta t_{11} = 0$

Für einen bestimmten Wärmetauscher ist es möglich, Tests zu mehreren Volumenströmen durchzuführen. Jedem thermischen Wirkungsgrad wird ein Testvolumenstrom zugeordnet, der die Reichweite des Anwendungsbereiches des Textes bestimmt (siehe Haupttext der vorliegenden Anlage).

Gesehen, um dem Erlass der wallonischen Regierung vom 15. Dezember 2016 zur Änderung des Erlasses der wallonischen Regierung vom 15. Mai 2014 über die Umsetzung der Verordnung vom 28. November 2013 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden als Anlage beigefügt zu werden.

Namur, den 15. Dezember 2016.

Der Ministerpräsident,

P. MAGNETTE

Der Minister für lokale Behörden, Stadt, Wohnungswesen und Energie,

P. FURLAN

Anlage 2

Anlage A3 des Erlasses der wallonischen Regierung vom 15. Mai 2014 über die Umsetzung der Verordnung vom 28. November 2013 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden

EEN-Methode

METHODE ZUR ERMITTLUNG DES PRIMÄRENERGIEVERBRAUCHS VON EINHEITEN, DIE FÜR NICHTWOHNZWECKE BESTIMMT SIND

Inhaltsverzeichnis

1 EINFÜHRUNG 6

2 DEFINITION VON NUTZFLÄCHE 7

3 SCHEMATISCHE EINTEILUNG DES GEBÄUDES 8

3.1 Prinzip 8

3.2 Unterteilung des Gebäudes 8

4 PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH 9

5 NETTOENERGIEBEDARF FÜR HEIZUNG, KÜHLUNG, BRAUCHWARMWASSER UND LUFTBEFEUCHTUNG 10

5.1 Prinzip 10

5.2 Innentemperatur für die Berechnungen von Heizung, Kühlung und periodischem Betrieb 13

5.2.1 Prinzipien 13

5.2.2 Heizung 14

5.2.3 Kühlung 18

5.3 Monatlicher Nettoenergiebedarf für Heizung 23

5.4 Monatlicher Nettoenergiebedarf für Kühlung 25

5.5 Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten pro Funktionsbereich 31

5.6 Lüftungswärmedurchgangskoeffizienten pro Funktionsbereich 31

5.6.1 Prinzip 31

5.6.2 Lüftungswärmedurchgangskoeffizient für die Heizungsberechnungen pro Funktionsbereich 31

5.6.3 Lüftungswärmedurchgangskoeffizienten für die Kühlungsberechnungen pro Funktionsbereich 33

5.6.4 Reduktionsfaktor in Verbindung mit Vorheizung 43

5.6.5 Zeitanteil, in dem die Lüftung in Betrieb ist 46

5.7 Interne Wärmeerzeugung 47

5.8 Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung 49

5.9 Effektive Wärmekapazität 50

5.9.1 Prinzip 50

5.9.2 Effektive Wärmekapazität auf der Grundlage der Fußbodenmasse 50

5.9.3 Effektive Wärmekapazität auf der Grundlage einer detaillierten Berechnung 51

5.10 Monatlicher Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser 51

5.10.1 Jährlicher Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser der Duschen und/oder Badewannen 53
5.10.2 Jährlicher Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser der Küchenspülen 54
5.10.3 Jährlicher Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser der anderen Warmwasserentnahmestellen (andere als Duschen und/oder Badewannen und Küchenspülen) 57
5.11 Monatlicher Nettoenergiebedarf für Luftbefeuchtung 58

6 BRUTTOENERGIEBEDARF FÜR HEIZUNG, KÜHLUNG UND BRAUCHWARMWASSER 60
6.1 Prinzip 60
6.2 Ermittlung des Bruttoenergiebedarfs für Heizung und Kühlung 60
6.3 Wirkungsgrade des Heiz- und Kühlsystems 61
6.4 Anteile des Nettoenergiebedarfs für Heizung und Kühlung 63
6.4.1 Anteil des Nettoenergiebedarfs für Kühlung 63
6.4.2 Anteil des Nettoenergiebedarfs für Heizung 64
6.5 Ermittlung des Bruttoenergiebedarfs für Brauchwarmwasser 64

7 ENDENERGIEVERBRAUCH FÜR HEIZUNG, KÜHLUNG, LUFTBEFEUCHTUNG UND BRAUCHWARMWASSER 66
7.1 Prinzip 66
7.2 Monatlicher Endenergieverbrauch für Heizung, Kühlung und Luftbefeuchtung 66
7.2.1 Heizung und Luftbefeuchtung 66
7.2.2 Kühlung 68
7.3 Aufteilung des Bruttoenergiebedarfs zwischen Haupt- und Nebenerzeugern 69
7.3.1 Heizung 69
7.3.2 Kühlung 75
7.4 Durchschnittlicher monatlicher Energieanteil durch Free-chilling 77
7.5 Erzeugungswirkungsgrade für Heizung und Kühlung 78
7.5.1 Erzeugungswirkungsgrad für Heizung 78
7.5.2 Erzeugungswirkungsgrad für Kühlung 79
7.6 Monatlicher Endenergieverbrauch für Brauchwarmwasser 85

8 MONATLICHER HILFSENERGIEVERBRAUCH 86
8.1 Stromverbrauch der Ventilatoren für Lüftung und Zirkulation 86
8.1.1 Prinzip 86
8.1.2 Stromverbrauch der Ventilatoren 86
8.1.3 Stromverbrauch für die Ventilatoren pro Funktionsbereich anhand von Standardwerten 87
8.1.4 Stromverbrauch für die Ventilatoren pro Funktionsbereich auf der Grundlage der tatsächlich installierten Leistung 87
8.1.5 Zeitanteil, in dem die Ventilatoren in Betrieb sind 89
8.2 Stromverbrauch der Umwälzpumpen 90
8.2.1 Prinzip 90
8.2.2 Rechenregel zur Ermittlung des Hilfsenergieverbrauchs für die Verteilung 90
8.2.3 Ermittlung der installierten Leistung $P_{pump,dis,instal,j}$ 90
8.2.4 Ermittlung der Betriebszeit $t_{on,dis,j,m}$ 92
8.3 Zusätzlicher Stromverbrauch für die Kälteerzeuger 95
8.3.1 Prinzip 95
8.3.2 Einfache Methode 95

8.3.3 Detaillierte Methode 97
8.4 Zusätzlicher Stromverbrauch für Free-chilling 101
8.5 Elektrische Hilfsenergie für die Wärmeerzeugung 103
8.5.1 Prinzip 103
8.5.2 Rechenregel für die Ermittlung der elektrischen Hilfsenergie des Wärmeerzeugungssystems 103
8.6 Energieverbrauch für die Vorkühlung der Lüftungsluft 107
8.6.1 Stromverbrauch für den Boden/Wasser-Wärmetauscher 107
8.6.2 Stromverbrauch für die Verdunstungskühlung 109

9 ENERGIEVERBRAUCH FÜR DIE BELEUCHTUNG 110
9.1 Prinzip 110
9.1.1 Dimensionslose Hilfsvariable $L_{rm\ r}$ 110
9.1.2 Stromverbrauch für die Beleuchtung 111
9.2 Ermittlung der dimensionslosen Hilfsvariablen Lrm r und des Stromverbrauchs für die Beleuchtung mit Standardwerten 111
9.2.1 Ermittlung der dimensionslosen Hilfsvariablen $L_{rm\ r}$ 111
9.2.2 Ermittlung des Stromverbrauchs für die Beleuchtung pro Funktionsbereich 111
9.3 Ermittlung der dimensionslosen Hilfsvariablen $L_{rm\ r}$ und des Stromverbrauchs für die Beleuchtung mit Einzeldaten der Beleuchtungsanlage 112
9.3.1 Ermittlung der Hilfsvariablen $L_{rm\ r}$ 112
9.3.2 Ermittlung des monatlichen Stromverbrauchs pro Funktionsbereich 115
9.3.3 Wert zur Berechnung der Leistung pro Raum 126
9.3.4 Unterschied zwischen dem sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereich und dem sogenannten „künstlich beleuchteten" Bereich 127

10 PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH 135
10.1 Prinzip 135
10.2 Typischer jährlicher Primärenergieverbrauch 135
10.3 Primärenergieverbrauch für Heizung und Kühlung 135
10.4 Primärenergieverbrauch für die Brauchwarmwasserbereitung 136
10.5 Primärenergieverbrauch von Hilfseinrichtungen 137
10.6 Primärenergieverbrauch für die Beleuchtung 137
10.7 Primärenergieeinsparung durch eine gebäudegebundene Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung 138

ANNEXE A KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG 139
A.1 Prinzip 139
A.2 Ermittlung des elektrischen und thermischen Umwandlungswirkungsgrads . 139
A.2.1 Ermittlung des elektrischen und thermischen Umwandlungswirkungsgrads eines internen Verbrennungsmotors mit Erdgas, Gas aus Biomasse, Diesel oder pflanzlichem Öl als Kraftstoff 139
A.2.2 Ermittlung des elektrischen und thermischen Umwandlungswirkungsgrads anderer Technologien als interner Verbrennungsmotoren mit Erdgas, Gas aus Biomasse, Diesel oder pflanzlichem Öl als Kraftstoff 141
A.3 Ermittlung des monatlichen Endenergieverbrauchs einer Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung 142
A.3.1 Rechenregel 142

A.3.2 Von der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung gedeckter Bruttoenergiebedarf für Raumheizung 142
A.3.3 Von der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung gedeckter Bruttoenergiebedarf für Luftbefeuchtung 143
A.3.4 Von der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung gedeckter Bruttoenergiebedarf für Absorptionskühlung 143
A.3.5 Bruttoenergiebedarf für Brauchwarmwasser 144
A.4 Ermittlung der erzeugten Strommenge 144
A.5 Leeres Absatz 145
A.6 Ermittlung des Mindestwasserinhalts eines Speicherbehälters zur Speicherung der Erzeugung einer Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung mit voller Leistung während eines Zeitraums von 30 Minuten 145

ANNEXE B VORKÜHLUNG DER LÜFTUNGSLUFT 146
B.1 Rechenregel 146
B.2 Boden/Wasser-Wärmetauscher 146
B.2.1 Wirkungsgrad eprecool,m des Vorkühlsystems 147
B.2.2 Bezugstemperatur für die maximale Temperaturabsenkung θprecool,ref,max,m 147
B.3 Verdunstungskühlung 150
B.3.1 Wirkungsgrad eprecool,m des Vorkühlsystems 150
B.3.2 Bezugstemperatur für die maximale Temperaturabsenkung θprecool,ref,max,m 151

ANNEXE C ERMITTLUNG DES BEZUGSWERTS FÜR DEN TYPISCHEN JÄHRLICHEN PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH 152
C.1 Einführung 152
C.2 Bezugswert für den Nettoenergiebedarf für Heizung, Kühlung, Brauchwarmwasser und Luftbefeuchtung 152
C.2.1 Bezugswert für die Innentemperatur zur Berechnung von Heizung, Kühlung und periodischem Betrieb 152
C.2.2 Bezugswert für den Nettoenergiebedarf für Heizung 154
C.2.3 Bezugswert für den Nettoenergiebedarf für Kühlung 156
C.2.4 Bezugswert für den Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten pro Funktionsbereich 160
C.2.5 Bezugswert für den Koeffizienten des Wärmedurchgangs durch Lüftung und Infiltration/Exfiltration pro Funktionsbereich 163
C.2.6 Bezugswert für die interne Wärmeerzeugung 165
C.2.7 Bezugswert für die Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung 166
C.2.8 Bezugswert für die effektive Wärmekapazität 168
C.2.9 Bezugswert für den monatlichen Nettoenergiebedarf für Luftbefeuchtung 168
C.2.10 Bezugswert für den Beitrag zum Wirkungsgrad des Systems der monatlichen Verluste der Zirkulationsleitung 168
C.3 Bezugswert für den Hilfsenergieverbrauch der Ventilatoren und Pumpen . 170
C.3.1 Bezugswert für den Stromverbrauch der Ventilatoren für Lüftung und Zirkulation 170
C.3.2 Bezugswert für den Stromverbrauch der Verteilung 171
C.4 Bezugswert für den Energieverbrauch der Beleuchtung 172
C.5 Bezugswert für den Primärenergieverbrauch 174
C.5.1 Bezugswert für den typischen jährlichen Primärenergieverbrauch 174

C.5.2 Bezugswert für den Primärenergieverbrauch für Heizung, Luftbefeuchtung und Kühlung 175
C.5.3 Bezugswert für den Primärenergieverbrauch für Brauchwarmwasserbereitung 175
C.5.4 Bezugswert für den Primärenergieverbrauch der Hilfseinrichtungen... 176
C.5.5 Bezugswert für den Primärenergieverbrauch für die Beleuchtung..... 176

1 Einführung

In dieser Anlage wird die Methode zur Ermittlung des Primärenergieverbrauchs von PEN-Einheiten beschrieben.

DDer allgemeine Aufbau der Methode entspricht dem für Wohneinheiten, im Weiteren „PER-Einheiten" genannt: siehe Anlage A.1 Kapitel 4 des vorliegenden Erlasses (Methode zur Ermittlung des Primärenergieverbrauchs von Wohneinheiten).

In Anlage A.1 Kapitel 1, 2 und 3 des vorliegenden Erlasses ist eine Liste mit Normverweisen, Definitionen, Symbolen, Abkürzungen und Hinweisen enthalten.

Der Minister kann zusätzliche Spezifikationen zur Ermittlung der Auswirkungen von Lichthöfen oder hinterlüfteten Fassaden auf die Energieeffizienz einer PEN-Einheit festlegen.

2 Definition von Nutzfläche

Die Nutzfläche eines Raumes oder einer Gruppe von Räumen ist die auf Bodenhöhe gemessene Fläche, die von den senkrechten Wänden begrenzt wird, welche den Raum oder die Gruppe von Räumen umschließen. Bei Treppen und geneigten Fußböden wird die senkrechte Projektion in horizontaler Ebene berücksichtigt.

Für die Ermittlung der Nutzfläche wird Folgendes nicht berücksichtigt:

- Treppenhaus, Aufzugschacht oder Hohlraum;
- tragende Innenwand.

Aussparungen oder sekundäre Vertiefungen und sekundäre vorspringende Bauelemente, deren Bodenfläche kleiner als 0,5 m² ist, werden für die Ermittlung der Begrenzung nicht berücksichtigt.

3 Schematische Einteilung des Gebäudes

3.1 Prinzip

Die Energieeffizienz bezieht sich oft auf ein Teilvolumen eines Gebäudes, je nachdem, ob die Räume z. B. beheizt (und/oder gekühlt) sind, oder auch je nach Zweckbestimmung der verschiedenen Gebäudeteile usw. Um die Energieeffizienz zu ermitteln, unterteilt man das Gebäude deshalb üblicherweise in verschiedene Teile. Jedes Teilvolumen, das an sich der für Nichtwohngebäude geforderten Energieeffizienz entsprechen muss, wird „PEN-Einheit" genannt. Bei Bedarf wird eine zusätzliche Unterteilung in Lüftungszonen und Energiesektoren vorgenommen, um die verschiedenen Anlagearten in den Berechnungen in angemessenem Umfang berücksichtigen zu können, sowie eine zusätzliche Unterteilung in Funktionsbereiche, um den Nutzungsbesonderheiten der verschiedenen Gebäudefunktionen Rechnung tragen zu können.

3.2 Unterteilung des Gebäudes

Der Minister legt alle Definitionen, Prinzipien und Regeln fest, die für die Unterteilung eines Gebäudes zu beachten sind.

4 Primärenergieverbrauch

Der Primärenergieverbrauch der PEN-Einheit ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen dem typischen jährlichen Primärenergieverbrauch der PEN-Einheit und einem Bezugswert, multipliziert mit 100:

Gl. 1 $$E_{EPNR} = 100 \cdot \frac{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}}{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,\ ref}}$$ (-)

Dabei ist:

E_{EPNR}	der Primärenergieverbrauch der PEN-Einheit, (-);
$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}$	der typische jährliche Primärenergieverbrauch der PEN-Einheit in MJ, berechnet gemäß § 10.2;
$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref}$	der Bezugswert für den typischen jährlichen Primärenergieverbrauch in MJ nach Annexe C der vorliegenden Anlage.

Das Ergebnis muss auf die nächsthöhere Einheit aufgerundet werden.

5 Nettoenergiebedarf für Heizung, Kühlung, Brauchwarmwasser und Luftbefeuchtung

5.1 Prinzip

Der Nettoenergiebedarf für Heizung oder Kühlung muss pro Energiesektor für alle Monate des Jahres ermittelt werden; anschließend werden die Werte für die Berechnung des Bruttoenergiebedarfs verwendet (siehe § 6).

Da im Zusammenhang mit der Heizung für jede Funktion Innentemperaturen und zahlreiche andere Parameter definiert sind, muss zuvor der monatliche Nettoenergiebedarf pro Funktionsbereich berechnet werden, und danach müssen die Werte aller Funktionsbereiche, aus denen sich der betreffende Energiesektor zusammensetzt, addiert werden. Bei der Berechnung dieses monatlichen Nettoenergiebedarfs pro Funktionsbereich werden die Zeitheizung und das Nutzungsprofil dieses Funktionsbereichs, wie in Tabelle [2] aufgeführt, sowie die Wärmemasse des Funktionsbereichs berücksichtigt.

Da im Zusammenhang mit der Kühlung für jede Funktion zahlreiche Parameter definiert sind, muss zuvor der monatliche Nettoenergiebedarf pro Funktionsbereich berechnet werden, und danach müssen die Werte aller Funktionsbereiche, aus denen sich der betreffende Energiesektor zusammensetzt, addiert werden.

Für das Brauchwarmwasser ist der Nettoenergiebedarf pro Funktion definiert und wird pro Warmwasserentnahmestelle berechnet (siehe § 5.10). Auch eine Wärmerückgewinnung kann berücksichtigt werden. Man unterscheidet zwischen folgenden Warmwasserentnahmestellen:

- Duschen und/oder Badewannen;
- Küchenspülen;
- andere Warmwasserentnahmestellen wie Waschbecken.

Alle Warmwasserentnahmestellen der PEN-Einheit werden berücksichtigt.

Wenn zu den Gebäudeanlagen auch Einrichtungen gehören, die zur Befeuchtung von Außenluft dienen, die (einem Teil) der PEN-Einheit zugeführt wird, ermittelt man die pro Luftbefeuchter erforderliche monatliche Energiemenge für die Verdunstung, wobei eine etwaige Feuchterückgewinnung der Abluft berücksichtigt wird.

Tabelle [1]: Monatliche Werte der durchschnittlichen Außentemperatur, bezogen auf die Monatslänge (t_m), für die Heizberechnungen ($\theta_{e,heat,m}$) und für die Kühlungsberechnungen ($\theta_{e,cool,m}$)

Mois	t_m (Ms) [1]	$\theta_{e,heat,m}$ (°C)	$\theta_{e,cool,m}$ (°C)
Janvier	2,6784	3,2	3,9
Février	2,4192	3,9	4,8
Mars	2,6784	5,9	6,1
Avril	2,5920	9,2	9,8
Mai	2,6784	13,3	13,8
Juin	2,5920	16,2	17,1
Juillet	2,6784	17,6	17,8
Août	2,6784	17,6	18,1
Septembre	2,5920	15,2	16,3
Octobre	2,6784	11,2	11,9
Novembre	2,5920	6,3	6,7
Décembre	2,6784	3,5	3,5

[1] 1 Ms, 1 Megasekunde, entspricht 1 Mio Sekunden.

Tabelle [2]: Übliches Nutzungsprofil für jede Funktion

Funktionen		**Beginn der Nutzungszeit**	**Ende der Nutzungszeit**	**Tage pro Woche**	**Wöchentlicher Nutzungsanteil $f_{pres,fct\ f}$**
Unterkunft		0h	24h	7	1,00
Büros		8h	18h	5 (Mo → Fr)	0,30
Unterricht		8h	18h	5 (Mo → Fr)	0,30
Gesundheitswesen	Mit nächtlicher Nutzung	0h	24h	7	1,00
	Ohne nächtliche Nutzung	8h	18h	5 (Mo → Fr)	0,30
	Operationssaal	0h	24h	7	1,00
Versammlungsbereich	Starke Nutzung	9h	24h	6 (Mo → Sa)	0,54
	Geringe Nutzung	9h	24h	6 (Mo → Sa)	0,54
	Cafeteria/Speisesaal	8h	18h	5 (Mo → Fr)	0,30
Küche		10h	20h	6 (Mo → Sa)	0,36
Handel/Dienstleistungen		8h	20h	6 (Mo → Sa)	0,43
Sportanlagen	Sporthalle/Turnhalle	8h	22h	6 (Mo → Sa)	0,50
	Fitness/Tanz	8h	22h	6 (Mo → Sa)	0,50
	Sauna/Schwimmbad	8h	22h	6 (Mo → Sa)	0,50
Technikräume		0h	24h	7	1,00
Gemeinsame Flächen		Nutzungsprofil wie nachstehend ermittelt			
Sonstige		8h	18h	5 (Mo → Fr)	0,30
Unbekannt		9h	24h	6 (Mo → Sa)	0,54

Für die Funktion „Gemeinsame Flächen“:

- Wenn ein von dieser Funktion genutzter Funktionsbereich einen oder mehrere Funktionsbereiche mit der gleichen Funktion versorgt, entspricht der Wert des wöchentlichen Nutzungsanteils des Funktionsbereichs mit der Funktion „Gemeinsame Flächen“ dem Wert der versorgten Funktionsbereiche.
- Wenn ein von dieser Funktion genutzter Funktionsbereich mehrere Funktionsbereiche mit unterschiedlichen Funktionen versorgt, wird das Nutzungsprofil wie folgt ermittelt:
  - Beginn der Nutzungszeit: Es wird der Wert des versorgten Funktionsbereichs mit der frühesten Nutzungszeit genommen;

- Ende der Nutzungszeit: Es wird der Wert des versorgten Funktionsbereichs mit der spätesten Nutzungszeit genommen;
- Besonderheit der Funktion „Technikräume“: Die Ermittlung der vorstehenden Nutzungszeiten muss immer ohne Berücksichtigung eines Funktionsbereichs mit der Funktion „Technikräume“ erfolgen.

• Der wöchentliche Nutzungsanteil wird somit wie folgt ermittelt:

Gl. 2
$$f_{pres,fct\ f} = \frac{\sum_{d=1}^{7}\left(h_{occ,end,d} - h_{occ,start,d}\right)}{168} \quad (-)$$

Dabei ist:

$f_{pres,fct\ f}$ wöchentlicher Nutzungsanteil des Funktionsbereichs „Gemeinsame Flächen“, (-);

$h_{occ,end,d}$ Ende der Nutzungszeit in h des Funktionsbereichs „Gemeinsame Flächen“ am Tag d;

$h_{occ,start,d}$ Beginn der Nutzungszeit in h des Funktionsbereichs „Gemeinsame Flächen“ am Tag d.

5.2 Innentemperatur für die Berechnungen von Heizung, Kühlung und periodischem Betrieb

5.2.1 Prinzipien

Für die Ermittlung der Auslegungsinnentemperatur in Abhängigkeit von der Zeitheizung sind folgende Fälle zu beachten:

• Für Heizung:
  - Dauerheizung (siehe § 5.2.2);
  - Quasi-Dauerheizung:
    - Zeitheizung mit geringer Trägheit (siehe § 5.2.2.2),
    - Zeitheizung mit hoher Trägheit (siehe § 5.2.2.2.2),
  - Zeitheizung (siehe § 5.2.2.3);
• Für Kühlung:
  - Kontinuierlicher Kühlbetrieb (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)
  - Quasi kontinuierlicher Kühlbetrieb:
    - Periodischer Kühlbetrieb bei geringer Trägheit (siehe § 5.2.3.2.1)
    - Periodischer Kühlbetrieb bei hoher Trägheit (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)
  - Periodischer Kühlbetrieb (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)

Bei Funktionsbereichen, die kontinuierlich genutzt werden (7 Tage die Woche, rund um die Uhr - siehe Tabelle [2]) oder eine konstante Innenraumtemperatur aufweisen (siehe Tabelle [4] für Heizung bzw. Tabelle [44] für Kühlung) ist von kontinuierlichem Heiz-/Kühlbetrieb auszugehen.

Bei periodisch beheizten/gekühlten Funktionsbereichen ist von quasi kontinuierlichem Heiz-/Kühlbetrieb auszugehen, wenn diese:

• eine zu geringe Trägheit aufweisen. In diesem Fall wird für die Heiz-/Kühlberechnungen des Funktionsbereichs die Auslegungsinnentemperatur für die

Heiz-/Kühlberechnungen der durchschnittlichen Innentemperatur für die Heiz-/Kühlberechnungen gleichgesetzt.

- eine zu hohe Trägheit aufweisen. In diesem Fall wird für die Heiz-/Kühlberechnung des Funktionsbereichs die Auslegungsinnentemperatur der Sollinnentemperatur für die Heizung/Kühlung gleichgesetzt.

Bei periodisch beheizten/gekühlten Funktionsbereichen, die eine durchschnittliche Trägheit aufweisen, ist von periodischem Heiz-/Kühlbetrieb auszugehen.

5.2.2 Heizung

5.2.2.1 Kontinuierlicher Heizbetrieb

Die Funktionen:

- Unterkunft;
- Gesundheitswesen - Mit nächtlicher Nutzung;
- Gesundheitswesen - Operationssaal;
- Sportanlagen - Sporthalle/Turnhalle;

kennen keine Unterbrechung des Heizbetriebs (entweder 7 Tage die Woche, rund um die Uhr genutzt oder konstante Innentemperatur).

Für die Funktionsbereiche mit einer dieser Funktionen gilt demnach:

Gl. 3 $$\theta_{i,heat,fct\ f} = \theta_{i,heat,fct\ f,avg} = \theta_{i,heat,fct\ f,setpoint} \quad (°C)$$

Dabei ist:

$\theta_{i,heat,fct\ f}$	Auslegungsinnentemperatur in °C für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f, die in 5.3 zur Ermittlung der monatlichen Transmissions- und Lüftungswärmeverluste verwendet wird;
$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$	durchschnittliche Innentemperatur in °C für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f, wie in Tabelle [4] aufgeführt;
$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$	Sollinnentemperatur in °C für die Heizung des Funktionsbereichs f, wie in Tabelle [4] aufgeführt.

5.2.2.2 Quasi kontinuierlicher Heizbetrieb

5.2.2.2.1 Geringe Trägheit

Für Funktionsbereiche, die nicht unter § 5.2.2 fallen, gilt, dass die Zeitheizung als Dauerheizung angesehen wird, wenn die Trägheit des betreffenden Funktionsbereichs als gering betrachtet wird, das heißt, wenn:

Gl. 5 $$\tau_{heat,fct\ f} < 0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f} \quad (h)$$

somit gilt:

Gl. 6 $$\theta_{i,heat,fct\ f} = \theta_{i,heat,fct\ f,avg} \quad (°C)$$

Dabei ist:

$\tau_{heat,fct\ f}$ Zeitkonstante in h für die Heizung des Funktionsbereichs f, ermittelt gemäß § 5.2.3;

$t_{unocc,min,fct\ f}$ kürzester Zeitraum in h, in dem der Funktionsbereich f nicht genutzt wird, wie in Tabelle [5] aufgeführt;

$\theta_{i,heat,fct\ f}$ Innentemperatur in °C für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f, die in 5.3 zur Ermittlung der monatlichen Transmissions- und Lüftungswärmeverluste verwendet wird;

$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ durchschnittliche Innentemperatur in °C für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f, wie in Tabelle [4] aufgeführt.

5.2.2.2.2 Hohe Trägheit

Für Funktionsbereiche, die nicht unter § 5.2.2 fallen, gilt, dass die Zeitheizung als Dauerheizung angesehen wird, wenn die Trägheit des betreffenden Funktionsbereichs als hoch betrachtet wird, das heißt, wenn:

Gl. 8 $$\tau_{heat,fct\ f} > 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f} \quad (h)$$

somit gilt:

Gl. 9 $$\theta_{i,heat,fct\ f} = \theta_{i,heat,fct\ f,setpoint} \quad (°C)$$

Dabei ist:

$\tau_{heat,fct\ f}$ Zeitkonstante in h für die Heizung des Funktionsbereichs f, ermittelt gemäß § 5.2.3;

$t_{unocc,max,fct\ f}$ längster Zeitraum in h, in dem der Funktionsbereich f nicht genutzt wird, wie in Tabelle [5] aufgeführt;

$\theta_{i,heat,fct\ f}$ Innentemperatur in °C für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f, die in 5.3 zur Ermittlung der monatlichen Transmissions- und Lüftungswärmeverluste verwendet wird;

$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ Sollinnentemperatur in °C für die Heizung des Funktionsbereichs f, wie in Tabelle [4] aufgeführt.

5.2.2.3 Zeitheizung

Für Funktionsbereiche, die nicht unter § 5.2.2 fallen und eine durchschnittliche Trägheit aufweisen, d. h. bei denen keine der Bedingungen von § 5.2.2.2 (Gl. 5) oder § 5.2.2.2.2 (Gl. 8) erfüllt sind, gilt:

Gl. 11 $$\theta_{i,heat,fct\ f} = \theta_{i,heat,fct\ f,setpoint} \quad (°C)$$

und:

Gl. 377
$$\theta_{i,heat,fct\ f} = \theta_{i,heat,fct\ f,avg} + \left(\frac{(\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint} - \theta_{i,heat,fct\ f,avg}) \cdot}{\log_{10}\left[\frac{2 \cdot t_{unocc,min,fctf} - 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f} - 9 \cdot \tau_{heat,fct\ f}}{0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f} - 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f}}\right]} \right) \quad (-)$$

Dabei ist:

$\theta_{i,heat,fct\ f}$	Innentemperatur in °C für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f, die in 5.3 zur Ermittlung der monatlichen Transmissions- und Lüftungswärmeverluste verwendet wird;
$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$	durchschnittliche Innentemperatur in °C für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f, wie in Tabelle [4] aufgeführt;
$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$	Sollinnentemperatur in °C für die Heizung des Funktionsbereichs f, wie in Tabelle [4] aufgeführt;
$t_{unocc,min,fct\ f}$	der kürzeste Zeitraum in h, während dessen der Funktionsbereich f nicht genutzt wird, wie in Tabelle [5] ausgewiesen;
$t_{unocc,max,fct\ f}$	längster Zeitraum in h, in dem der Funktionsbereich f nicht genutzt wird, wie in Tabelle [5] aufgeführt;
$\tau_{heat,fct\ f}$	Zeitkonstante in h für die Heizung des Funktionsbereichs f, ermittelt gemäß § 5.2.3.

Tabelle [3]: Numerische Parameter zur Ermittlung des Nutzungsgrads - für alle Funktionen

Heizung		**Kühlung**	
$a_{0,heat}$ (-)	$\tau_{0,heat}$ (h)	$b_{0,cool}$ (-)	$\tau_{0,cool}$ (h)
1	15	1	15

Tabelle [4]: Sollinnentemperatur für die Heizung und durchschnittliche Innentemperatur für die Heizungsberechnungen - pro Funktion

Funktionen		$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ (°C)	$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ (°C)
Unterkunft		19,0	
Büros		21,0	16,8
Unterricht		21,0	16,8
Gesundheitswesen	Mit nächtlicher Nutzung	23,0	
	Ohne nächtliche Nutzung	23,0	19,5
	Operationssaal	19,0	
Versammlungsbereich	Starke Nutzung	21,0	18,2
	Geringe Nutzung	21,0	18,2
	Cafeteria/Speisesaal	21,0	16,8
Küche		19,0	16,4
Handel/Dienstleistungen		21,0	17,6
Sportanlagen	Sporthalle/Turnhalle	13,0	
	Fitness/Tanz	21,0	18,0
	Sauna/Schwimmbad	27,0	22,5
Technikräume		21,0	
Gemeinsame Flächen		21,0	Wie nachstehend ermittelt
Sonstige		21,0	16,8
Unbekannt		21,0	18,2

Für die Funktion „Gemeinsame Flächen“:

Die durchschnittliche Innentemperatur für die Heizungsberechnungen eines Funktionsbereichs mit der Funktion „Gemeinsame Flächen“, $\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$, hängt von den Funktionen der versorgten Funktionsbereiche ab und wird wie folgt ermittelt:

Gl. 13 $$\theta_{i,heat,fct\ f,avg} = f_{pres,fct\ f}.21 + (1 - f_{pres,fct\ f}).15 \quad (°C)$$

Dabei ist:

$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ durchschnittliche Innentemperatur in °C für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f mit der Funktion „Gemeinsame Flächen“;

$f_{pres,fct\ f}$ wöchentlicher Nutzungsanteil des Funktionsbereichs „Gemeinsame Flächen“, wie in 5.1 ermittelt, (-).

Tabelle [5]: Kürzester und längster Zeitraum, in dem die Funktion nicht genutzt wird - pro Funktion

Funktionen		$t_{unocc,min,fct\ f}$ (h)	$t_{unocc,max,fct\ f}$ (h)
Unterkunft		0	0
Büros		14	62
Unterricht		14	62
Gesundheitswesen	Mit nächtlicher Nutzung	0	0
	Ohne nächtliche Nutzung	14	62
	Operationssaal	0	0
Versammlungsbereich	Starke Nutzung	9	33
	Geringe Nutzung	9	33
	Cafeteria/Speisesaal	14	62
Küche		14	38
Handel/Dienstleistungen		12	36
Sportanlagen	Sporthalle/Turnhalle	10	34
	Fitness/Tanz	10	34
	Sauna/Schwimmbad	10	34
Technikräume		0	0
Gemeinsame Flächen		Wie nachstehend ermittelt	
Sonstige		14	62
Unbekannt		9	33

Für die Funktion „Gemeinsame Flächen“:

- Das Nutzungsprofil eines Funktionsbereichs „Gemeinsame Flächen“ hängt von den Funktionen der versorgten Funktionsbereiche ab (siehe Tabelle [2]).
- Der kürzeste und längste Zeitraum, in dem der Funktionsbereich „Gemeinsame Flächen“ nicht genutzt wird, $t_{unocc,min,fct\ f}$ und $t_{unocc,max,fct\ f}$, hängen ebenfalls von den Funktionen der versorgten Funktionsbereiche ab. Zur Ermittlung dieser Parameter müssen der kürzeste und der längste Zeitraum in h berechnet werden, in denen keiner der versorgten Funktionsbereiche genutzt wird. Die Ermittlung dieser Zeiträume muss immer ohne Berücksichtigung eines Funktionsbereichs mit der Funktion „Technikräume“ erfolgen.

5.2.3 Kühlung

5.2.3.1 Kontinuierlicher Kühlbetrieb

Die Funktionen:

- Unterkunft
- Gesundheitswesen - mit nächtlicher Nutzung

- Gesundheitswesen - Operationssaal
  - Keine Unterbrechung des Kühlbetriebs (entweder 7 Tage die Woche rund um die Uhr genutzt oder konstante Innentemperatur).

Für Funktionsbereiche, die einer dieser Nutzungen zuzuordnen und mit aktiver Kühlung ausgestattet sind, gilt demnach:

Gl. 263 $\theta_{i,cool,fct\ f} = \theta_{i,cool,fct\ f,avg} = \theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ (°C)

Gl. 264 $a_{cool,int,fct\ f,m} = 1$ (-)

Dabei ist:

$\theta_{i,cool,fct\ f}$	die Auslegungsinnentemperatur in °C für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f, eingesetzt in § 5.4 zur Ermittlung der monatlichen Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung
$\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$	durchschnittliche Innentemperatur in °C für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f, wie in der Tabelle [44] ausgewiesen
$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$	Sollinnentemperatur in °C für die Kühlung des Funktionsbereichs f, wie in der Tabelle [44] ausgewiesen
$a_{cool,int,fct\ f,m}$	der Reduktionsfaktor, der den Unterbrechungen im Kühlbetrieb des Funktionsbereichs f im Monat m Rechnung trägt (-)

5.2.3.2 Quasi kontinuierlicher Kühlbetrieb

5.2.3.2.1 Geringe Trägheit

Bei den Funktionsbereichen, die nicht unter § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** fallen, wird der periodische Kühlbetrieb als kontinuierlicher Kühlbetrieb eingestuft, wenn diese eine eher geringe Trägheit aufweisen, d. h. wenn Folgendes erfüllt ist:

Gl. 265 $\tau_{cool,int,fct\ f} < 0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f}$ (h)

So erhält man:

Gl. 266 $\theta_{i,cool,fct\ f} = \theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ (°C)

Gl. 267 $a_{cool,int,fct\ f,m} = 1$ (-)

Dabei ist:

$\tau_{cool,int,fct\ f}$	die Zeitkonstante in h für die Berechnung der Frequenz der Kühlperioden für den Funktionsbereich f, wie nachstehend ausgeführt ermittelt
$t_{unocc,min,fct\ f}$	der kürzeste Zeitraum in h, während dessen der Funktionsbereich f nicht genutzt wird, wie in Tabelle [5] ausgewiesen
$\theta_{i,cool,fct\ f}$	die Auslegungsinnentemperatur in °C für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f, eingesetzt in

§ 5.4 zur Ermittlung der monatlichen Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung

$\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ die durchschnittliche Innentemperatur in °C für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f, wie in der Tabelle [44] ausgewiesen

$a_{cool,int,fct\ f,m}$ der Reduktionsfaktor, der den Unterbrechungen im Kühlbetrieb des Funktionsbereichs f im Monat m Rechnung trägt (-)

Die Zeitkonstante zur Berechnung der Frequenz der Kühlperioden für den Funktionsbereich f wird folgendermaßen berechnet:

$$\tau_{cool,int,fct\ f,m} = \frac{C_{fct\ f}}{3,6 \cdot \left(H_{T,cool,fct\ f} + \left[\begin{array}{c} H_{V,hyg,cool,fct\ f,m} + H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} \\ + H_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} + H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} \\ + H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} + H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} \end{array} \right] \right)}$$

Gl. 268 (h)

Dabei ist:

$C_{fct\ f}$ die effektive Wärmekapazität in kJ/K des Funktionsbereichs f, gemäß § 5.9 ermittelt

$C_{fct\ f}$ der Koeffizient für Wärmeübergänge durch Transmission für den Funktionsbereich f in W/K, gemäß § 5.5 für die Kühlungsberechnungen ermittelt

$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$ der monatliche Koeffizient für die Wärmeübergange durch Lüftung des Funktionsbereichs f in W/K, gemäß § 5.6.3.2 für die Kühlungsberechnungen ermittelt

$H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$ der monatliche Koeffizient für die Wärmeübergänge durch In-/Exfiltration des Funktionsbereichs f in W/K, gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt

$H_{V,add\ m,,day,cool,fct\ f,m}$ der monatliche Koeffizient für die Wärmeübergänge durch zusätzliche mechanische Taglüftung des Funktionsbereichs f in W/K, gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt

$H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ monatlicher Koeffizient für die Wärmeübergänge durch zusätzliche mechanische Nachtlüftung des Funktionsbereichs f in W/K, gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt

$H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$ der monatliche Koeffizient für die Wärmeübergänge durch zusätzliche Fensterlüftung des Funktionsbereichs f tagsüber in W/K - er wird gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt

$H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ der monatliche Koeffizient in W/K für die Wärmeübergänge durch zusätzliche nächtliche Fensterlüftung des Funktionsbereichs f, gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt

5.2.3.2.2 Hohe Trägheit

Bei den Funktionsbereichen, die nicht unter § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** fallen, wird der periodische Kühlbetrieb als kontinuierlicher Kühlbetrieb eingestuft, wenn diese eine eher hohe Trägheit aufweisen, d. h. wenn Folgendes erfüllt ist:

Gl. 269 $\tau_{cool,int,fct\ f} > 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f}$ (h)

So erhält man:

Gl. 270 $\theta_{i,cool,fct\ f} = \theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ (°C)

Gl. 271 $a_{cool,int,fct\ f,m} = 1$

Dabei ist:

$\tau_{cool,int,fct\ f}$	die Zeitkonstante in h für die Berechnung der Frequenz der Kühlperioden für den Funktionsbereich f, gemäß § 5.2.3.2.1 ermittelt
$t_{unocc,max,fct\ f}$	der längste Zeitraum in h, während dessen der Funktionsbereich f nicht genutzt wird, wie in Tabelle [5] ausgewiesen
$\theta_{i,cool,fct\ f}$	die Auslegungsinnentemperatur in °C für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f, eingesetzt in § 5.4 zur Ermittlung der monatlichen Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung
$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$	die Sollinnentemperatur in °C für die Kühlung des Funktionsbereichs f, wie in der Tabelle [44] ausgewiesen
$a_{cool,int,fct\ f,m}$	der Reduktionsfaktor, der den Unterbrechungen im Kühlbetrieb des Funktionsbereichs f im Monat m Rechnung trägt (-).

5.2.3.3 Periodischer Kühlbetrieb

Für die Funktionsbereiche, die nicht unter § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** fallen und eine durchschnittliche Trägheit aufweisen, d. h. bei denen keine der Bedingungen von § 5.2.3.2.1 (Gl. 265) oder § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** (Gl. 269vorliegen, gilt:

Gl. 272 $\theta_{i,cool,fct\ f} = \theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ (°C)

und:

Gl. 273 $$a_{cool,int,fct\ f,m} = \max\left[f_{cool,fct\ f}\,;\,1 - 3 \cdot \left(\frac{\tau_{0,cool}}{\tau_{cool,fct\ f}}\right) \cdot \lambda_{cool,fct\ f,m} \cdot \left(1 - f_{cool,fct\ f}\right)\right]$$ (-)

Dabei ist:

$\theta_{i,cool,fct\ f}$	die Auslegungsinnentemperatur in °C für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f, eingesetzt in § 5.4 zur Ermittlung der monatlichen Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung
$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$	die Sollinnentemperatur in °C für die Kühlung des Funktionsbereichs f, wie in der Tabelle [44] ausgewiesen
$a_{cool,int,fct\ f,m}$	der Reduktionsfaktor, der den Unterbrechungen im Kühlbetrieb des Funktionsbereichs f im Monat m Rechnung trägt (-)
$f_{cool,fct\ f}$	der Anteil der Nutzungstage pro Woche, an denen der Funktionsbereich f auf Solltemperatur gekühlt wird (ohne Abminderung). Dieser Anteil ist je nach Verwendung, wie in Tabelle [2] angeführt, gleich der Anzahl der Nutzungstage pro Woche geteilt durch 7 (-)
$\tau 0_{,cool}$	die Konstante in h, wie in Tabelle [3] ausgewiesen

$\tau_{cool,fct\ f}$ die Zeitkonstante in h für die Kühlung des Funktionsbereichs f, gemäß § 5.4 ermittelt

$\lambda_{cool,fct\ f,m}$ das monatliche Gewinn-Verlust-Verhältnis der Heizung des Funktionsbereichs f, entsprechend § 5.4 ermittelt (-).

Tabelle [44]: Sollinnentemperatur für Räume mit aktiver Kühlung und durchschnittlicher Innentemperatur für die Kühlungsberechnungen von Räumen mit aktiver Kühlung in Abhängigkeit der Funktion

Funktionen:		$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ (°C)	$\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ (°C)
Unterkunft		25,0	
Büros		25,0	27,1
Unterricht		25,0	27,1
Gesundheitswesen	mit nächtlicher Nutzung	23,0	
	ohne nächtliche Nutzung	23,0	25,1
	Operationssaal	23,0	
Versammlungsbereich	Starke Nutzung	25,0	26,4
	Geringe Nutzung	25,0	26,4
	Cafeteria/Speisesaal	25,0	27,1
Küche		25,0	26,9
Handel/Dienstleistungen		24,0	25,7
Sportanlagen	Sporthalle/Turnhalle	25,0	26,5
	Fitness/Tanz	25,0	26,5
	Sauna/Schwimmbad	keine Kühlungsberechnung	
Technikräume		keine Kühlungsberechnung	
Gemeinsame Flächen		25,0	wie folgt ermittelt
Sonstige		25,0	27,1
Unbekannt		25,0	26,4

Für die Funktion „Gemeinsame Flächen"

- Die durchschnittliche Innentemperatur für die Kühlungsberechnungen eines Funktionsbereichs mit der Funktion „Gemeinsame Flächen", $\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$, hängt von der Funktion der versorgten Funktionsbereiche ab und wird folgendermaßen ermittelt:

Gl. 274 $$\theta_{i,cool,fct\ f,avg} = f_{pres,fct\ f}.25 + (1 - f_{pres,fct\ f}).28 \quad (°C)$$

Dabei ist:

$\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ die durchschnittliche Innentemperatur in °C für die Kühlungsberechnungen für den Funktionsbereich mit der Funktion „Gemeinsame Flächen"

$f_{pres,fct\ f}$ der wöchentliche Nutzungsanteil des Funktionsbereichs „Gemeinsame Flächen", wie in § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** definiert (-)

- Das Nutzungsprofil eines Funktionsbereichs „Gemeinsame Flächen" hängt von der Funktion der versorgten Funktionsbereiche ab (siehe Tabelle [2]).
- Der kürzeste und der längste Zeitraum, während dessen der Funktionsbereich „Gemeinsame Flächen" nicht genutzt wird, $t_{unocc,min,fct\ f}$ und $t_{unocc,max,fct\ f}$, hängen ebenfalls von den Funktionen der versorgten Funktionsbereiche ab. Um diese Parameter zu ermitteln, muss man den kürzesten und den längsten Zeitraum in h berechnen, während dessen keiner der versorgten Funktionsbereiche benutzt wird. Bei der Ermittlung dieser Zeiträume sind Funktionsbereiche des Typs „Technikräume" grundsätzlich nicht zu berücksichtigen.

5.3 Monatlicher Nettoenergiebedarf für Heizung

Der monatliche Nettoenergiebedarf für Heizung wird pro Energiesektor wie folgt ermittelt:

Gl. 378 $$Q_{heat,net,sec\ i,m} = \sum_{f} Q_{heat,net,fct\ f,m} \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ Nettoenergiebedarf in MJ für Heizung unter Berücksichtigung der Zeitheizung des Energiesektors i für den Monat m;

$Q_{heat,net,fct\ f,m}$ Nettoenergiebedarf in MJ für Heizung ohne Berücksichtigung der Zeitheizung des Funktionsbereichs f für den Monat m, ermittelt wie nachstehend angegeben.

Die Werte aller Funktionsbereiche f des Energiesektors i sind zu addieren.

Besonderheit der Funktion „Technikräume": Der Nettoenergiebedarf für Heizung unter Berücksichtigung der Zeitheizung der Funktionsbereiche mit dieser Funktion, $Q_{heat,net,int,fct\ f,m}$, wird für das ganze Jahr auf null veranschlagt.

Besonderheit der Funktion „Unterricht": Der Nettoenergiebedarf für Heizung unter Berücksichtigung der Zeitheizung der Funktionsbereiche mit dieser Funktion, $Q_{heat,net,int,fct\ f,m}$, wird für die Monate Juli und August auf null veranschlagt.

Zur Berechnung des monatlichen Nettoenergiebedarfs für Heizung ermittelt man jeweils pro Funktionsbereich die monatlichen Gesamtwärmeverluste durch Transmission und Lüftung bei einer Auslegungstemperatur von θi,heat,fct f (in § 5.2 definiert), sowie die monatlichen Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmeerzeugung.

Der monatliche Nettoenergiebedarf für Heizung ohne Berücksichtigung der Zeitheizung wird pro Funktionsbereich wie folgt ermittelt:

Gl. 16 Wenn $\gamma_{heat,fct\ f,m}$ größer oder gleich 2,5 oder kleiner als 0 ist, gilt:

$$Q_{heat,net,fct\ f,m} = 0 \quad \text{(MJ)}$$

Wenn $\gamma_{heat,fct\ f,m}$ kleiner als 2,5 und größer oder gleich 0 ist, gilt:

$$Q_{heat,net,fct\ f,m} = Q_{L,heat,fct\ f,m} - \eta_{util,heat,fct\ f,m} \cdot Q_{g,heat,fct\ f,m} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

Gl. 17 $$Q_{L,heat,fct\ f,m} = Q_{T,heat,fct\ f,m} + Q_{V,heat,fct\ f,m} \quad (MJ)$$

Gl. 18 $$Q_{g,heat,fct\ f,m} = Q_{i,heat,fct\ f,m} + Q_{s,heat,fct\ f,m} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$\gamma_{heat,fct\ f,m}$	das monatliche Gewinn-Verlust-Verhältnis des Funktionsbereichs f, wie nachstehend ermittelt, (-);
$Q_{heat,net,fct\ f,m}$	der Nettoenergiebedarf in MJ für Heizung des Funktionsbereichs f ohne Berücksichtigung der Zeitheizung für den Monat m;
$Q_{L,heat,fct\ f,m}$	der monatliche Transmissions- und Lüftungswärmeverlust in MJ des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnung;
$\eta_{util,heat,fct\ f,m}$	der monatliche Nutzungsgrad der Wärmegewinne des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, wie nachstehend ermittelt, (-);
$Q_{g,heat,fct\ f,m}$	die monatlichen Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmeerzeugung in MJ des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen;
$Q_{T,heat,fct\ f,m}$	der monatliche Transmissionswärmeverlust in MJ des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, wie nachstehend ermittelt;
$Q_{V,heat,fct\ f,m}$	der monatliche Lüftungswärmeverlust in MJ des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, wie nachstehend ermittelt;
$Q_{i,heat,fct\ f,m}$	die monatliche interne Wärmeerzeugung in MJ des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, ermittelt gemäß § 5.7;
$Q_{s,heat,fct\ f,m}$	der monatliche Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung in MJ des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, ermittelt gemäß § 5.8.

und:

Gl. 19 $$Q_{T,heat,fct\ f,m} = H_{T,heat,fct\ f} \cdot (\theta_{i,heat,fct\ f} - \theta_{e,m}) \cdot t_m \quad (MJ)$$

Gl. 20 $$Q_{V,heat,fct\ f,m} = H_{V,heat,fct\ f} \cdot (\theta_{i,heat,fct\ f} - \theta_{e,m}) \cdot t_m \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$H_{T,heat,fct\ f}$	der Transmissionswärmedurchgangskoeffizient in W/K des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, ermittelt gemäß § 5.5;
$H_{V,heat,fct\ f}$	der Lüftungswärmedurchgangskoeffizient in W/K des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, ermittelt gemäß § 5.6.2;
$\theta_{i,heat,fct\ f}$	die Auslegungsinnentemperatur in °C des Funktionsbereichs f zur Ermittlung des Energiebedarfs für Heizung, ermittelt in 5.2;

$\theta_{e,m}$ die monatliche durchschnittliche Außentemperatur in °C, aufgeführt in Tabelle [1];

t_m die Dauer des Monats in Ms, aufgeführt in Tabelle [1].

Der Nutzungsgrad für die Wärmegewinne wird auf der Grundlage der wirksamen Wärmespeicherkapazität und des Verhältnisses zwischen Wärmegewinn und Wärmeverlust pro Monat und pro Funktionsbereich ermittelt. Der Nutzungsgrad für die Heizung pro Funktionsbereich und pro Monat, $\eta_{util,heat,fct\ f,m}$, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 21 wenn $\gamma_{heat,fct\ f,m} \neq 1$: $\eta_{util,heat,fct\ f,m} = \frac{1 - \left(\gamma_{heat,fct\ f,m}\right)^{a}}{1 - \left(\gamma_{heat,fct\ f,m}\right)^{a+1}}$ (-)

wenn $\gamma_{heat,fct\ f,m} = 1$: $\eta_{util,heat,fct\ f,m} = \frac{a}{a+1}$ (-)

wobei das monatliche Gewinn-Verlust-Verhältnis pro Funktionsbereich und pro Monat, $\gamma_{heat,fct\ f,m}$, wie folgt definiert wird:

Gl. 22 $\gamma_{heat,fct\ f,m} = \frac{Q_{g,heat,fct\ f,m}}{Q_{L,heat,fct\ f,m}}$ (-)

wobei gilt: Wenn $Q_{L,heat,fct\ f,m}$ null ist, wird $\gamma_{heat,fct\ f,m}$ nicht berechnet und der Wert von $Q_{heat,net,fct\ f,m}$ beträgt 0.

und wobei sich der numerische Parameter a in Bezug auf den Funktionsbereich f wie folgt ergibt:

Gl. 23 $a = a_{0,heat} + \frac{\tau_{heat,fct\ f}}{\tau_{0,heat}}$ (-)

mit der Zeitkonstante in h für die Heizung des Funktionsbereichs f, $\tau_{heat,fct\ f}$:

Gl. 24 $\tau_{heat,fct\ f} = \frac{C_{fct\ f}}{3,6 \cdot \left(H_{T,heat,fct\ f} + H_{V,heat,fct\ f}\right)}$ (h)

Dabei ist:

$a_{0,heat}$ eine Konstante, aufgeführt in Tabelle [3], (-);

$\tau_{0,heat}$ eine Konstante in h, aufgeführt in Tabelle [3];

$C_{fct\ f}$ die effektive Wärmekapazität in kJ/K des Funktionsbereichs f, ermittelt gemäß § 5.9;

$H_{T,heat,fct\ f}$ der Transmissionswärmedurchgangskoeffizient in kJ/K des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, ermittelt gemäß § 5.5;

$H_{V,heat,fct\ f}$ der Lüftungswärmedurchgangskoeffizient in kJ/K des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, ermittelt gemäß § 5.6.2.

5.4 Monatlicher Nettoenergiebedarf für Kühlung

Der monatliche Nettoenergiebedarf für Kühlung muss ebenfalls pro Funktionsbereich ermittelt werden. Anschließend werden die Werte aller Funktionsbereiche, aus denen sich der betreffende Energiesektor i zusammensetzt, addiert. Dieser monatliche Nettoenergiebedarf wird immer berechnet, auch wenn keine aktive Kühlung installiert wird.

Der monatliche Nettoenergiebedarf für Kühlung wird pro Energiesektor wie folgt ermittelt:

Gl. 25 $$Q_{cool,net,sec\ i,m} = \sum_{f} Q_{cool,net,fct\ f,m} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$Q_{cool,net,sec\ i,m}$ Nettoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Energiesektors i für den Monat m;

$Q_{cool,net,fct,f,m}$ Nettoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Funktionsbereichs f für den Monat m, wie nachstehend ermittelt.

Die Werte aller Funktionsbereiche f des Energiesektors i sind zu addieren.

Besonderheit der Funktion „Sauna/Schwimmbad" und „Technikräume": Der monatliche Nettoenergiebedarf für Kühlung der Funktionsbereiche mit einer dieser Funktionen, $Q_{cool,net,fct\ f,m}$, wird für das ganze Jahr auf null veranschlagt.

Besonderheit der Funktion „Unterricht": Der monatliche Nettoenergiebedarf für Kühlung der Funktionsbereiche mit dieser Funktion, $Q_{cool,net,fct\ f,m}$, wird für die Monate Juli und August auf null veranschlagt.

Der monatliche Nettoenergiebedarf für Kühlung wird pro Funktionsbereich wie folgt ermittelt:

Gl. 275 Wenn $\lambda_{cool,fct\ f,m}$ größer oder gleich 2,5 ist, gilt:

$$Q_{cool,net,fct\ f,m} = 0 \quad (MJ)$$

Wenn $\lambda_{cool,fct\ f,m}$ kleiner als 2,5 ist, gilt:

$$Q_{cool,net,fct\ f,m} = a_{cool,int,fct\ f,m} \cdot \left(Q_{g,cool,fct\ f,m} - \eta_{util,cool,fct\ f,m} \cdot Q_{L,cool,fct\ f,m}\right) \quad (MJ)$$

Dabei ist:

Gl. 27 $$Q_{g,cool,fct\ f,m} = Q_{i,cool,fct\ f,m} + Q_{s,cool,fct\ f,m} \quad (MJ)$$

Gl. 28 $$Q_{L,cool,fct\ f,m} = Q_{T,cool,fct\ f,m} + Q_{V,cool,fct\ f,m} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$\lambda_{cool,fct\ f,m}$ das monatliche Gewinn-Verlust-Verhältnis des Funktionsbereichs f, wie nachstehend ermittelt, (-);

$Q_{cool,net,fct\ f,m}$ der monatliche Nettoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Funktionsbereichs f;

$a_{cool,int,fct\ f,m}$	der Reduktionsfaktor, der den Unterbrechungen im Kühlbetrieb des Funktionsbereichs f im Monat m, gemäß § 5.2 ermittelt, Rechnung trägt (-).
$Q_{g,cool,fct\ f,m}$	die monatlichen Wärmegewinne in MJ durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmeerzeugung des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen;
$\eta_{util,cool,fct\ f,m}$	der monatliche Nutzungsgrad für die Wärmeverluste des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen, wie nachstehend ermittelt, (-);
$Q_{L,cool,fct\ f,m}$	der monatliche Transmissions- und Lüftungswärmeverlust in MJ des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen;
$Q_{T,cool,fct\ f,m}$	der monatliche Transmissionswärmeverlust in MJ des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen, wie nachstehend ermittelt;
$Q_{V,cool,fct\ f,m}$	der monatliche Lüftungswärmeverlust in MJ des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen, wie nachstehend ermittelt;
$Q_{i,cool,fct\ f,m}$	die monatliche interne Wärmeerzeugung in MJ des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen, ermittelt gemäß § 5.7;
$Q_{s,cool,fct\ f,m}$	der monatliche Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung in MJ des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen, ermittelt gemäß § 5.8.

und:

Gl. 276
$$Q_{T,cool,fct\ f,m} = H_{T,cool,fct\ f} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,cool,m}\right) \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 277
$$Q_{V,cool,fct\ f,m} = Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} + Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 278
$$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,hyg,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,V,cool,hyg,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 279
$$Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,cool,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 280
$$Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,add,cool,day,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 281
$$Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,add,cool,night,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

$$Q_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,add,cool,day,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 282

$$Q_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,add,cool,night,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 283

Dabei ist:

$H_{T,cool,fct\ f}$	der Transmissionswärmedurchgangskoeffizient in W/K des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen, ermittelt gemäß § 5.5;
$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$	der monatliche Koeffizient des Wärmedurchgangs durch Hygienelüftung in W/K des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen, ermittelt gemäß § 5.6.3.2;
$\theta_{i,cool,fct\ f,m}$	die monatliche Auslegungsinnentemperatur des Funktionsbereichs f zur Berechnung des Kühlenergiebedarfs, wie im Folgenden ausgeführt (-)
$\theta_{e,cool,m}$	die durchschnittliche, monatliche Außentemperatur in °C für die Kühlungsberechnung, wie in der **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ausgewiesen
$\theta_{e,V,cool,hyg,m}$	der übliche Rechenwert für die Temperatur der Zuluft der Hygienelüftung bei der Kühlungsberechnung. Er ist je nachdem, ob der Funktionsbereich f durchgehend, tagsüber oder nachts genutzt wird, entsprechend $\theta_{e,V,cool,m}$, $\theta_{e,V,cool,day,m}$ oder $\theta_{e,V,cool,night,m}$ (siehe Tabelle [2]). Diese Werte sind in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** in Abhängigkeit des Belüftungssystems ausgewiesen
$H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$	monatlicher Koeffizient für die Wärmeübergänge durch In-/Exfiltration des Funktionsbereichs f, gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt
$H_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$	der monatliche Koeffizient für die Wärmeübergänge durch zusätzliche mechanische Taglüftung des Funktionsbereichs f in W/K - er wird gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt
$\theta_{e,add,cool,day,m}$	der übliche Rechenwert in °C für die Zulufttemperatur der zusätzlichen (mechanischen) Taglüftung bei der Kühlungsberechnung, wie in in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ausgewiesen
$H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$	der monatliche Koeffizient für die Wärmeübergänge durch zusätzliche mechanische Nachtlüftung des Funktionsbereichs f in W/K - er wird gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt
$\theta_{e,add,cool,day,m}$	der übliche Rechenwert in °C für die Zulufttemperatur der zusätzlichen (mechanischen) Nachtlüftung bei der Kühlungsberechnung, ausgewiesen in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**
$H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$	der monatliche Koeffizient für die Wärmeübergänge durch zusätzliche Fensterlüftung tagsüber des Funktionsbereichs f in W/K - er wird gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt

$\theta_{e,add,cool,day,m}$ der übliche Rechenwert in °C für die Zulufttemperatur der zusätzlichen Fensterlüftung tagsüber bei der Kühlungsberechnung, aufgeführt in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** (Spalte (3))

$H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$ der monatliche Koeffizient für die Wärmeübergänge durch zusätzliche nächtliche Fensterlüftung des Funktionsbereichs f in W/K, gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt

$\theta_{e,add,cool,night,m}$ der übliche Rechenwert in °C für die Temperatur der Zuluft der zusätzlichen, nächtlichen Fensterlüftung bei der Kühlungsberechnung, aufgeführt in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** (Spalte (5))

t_m die Dauer des Monats in Ms, aufgeführt in Tabelle [1].

Tabelle [45]: Rechenwerte für Zuluft der Hygienelüftung und zusätzliche Lüftung für die Kühlungsberechnungen

	$\theta_{e,V,cool,m}$ (°C)		$\theta_{e,V,cool,day,m}$ $\theta_{e,add,cool,day,m}$ (°C)		$\theta_{e,V,cool,night,m}$ $\theta_{e,add,cool,night,m}$ (°C)	
Monat	**(1)**	**(2)**	**(3)**	**(4)**	**(5)**	**(6)**
Januar	3,9	16,0	4,2	16,0	3,4	16,0
Februar	4,8	16,0	5,3	16,0	4,0	16,0
März	6,1	16,0	7,0	16,0	4,7	16,0
April	9,8	16,0	11,2	16,0	7,8	16,0
Mai	13,8	16,0	15,4	16,0	11,2	16,0
Juni	17,1	17,1	18,8	18,8	14,4	16,0
Juli	17,8	17,8	19,3	19,3	15,4	16,0
August	18,1	18,1	19,7	19,7	15,6	16,0
September	16,3	16,3	17,5	17,4	14,6	16,0
Oktober	11,9	16,0	12,8	16,0	10,6	16,0
November	6,7	16,0	7,2	16,0	6,0	16,0
Dezember	3,5	16,0	3,8	16,0	3,1	16,0

- Die Spalten (1), (3) und (5) finden bei natürlichen Lüftungssystemen oder mechanischen Abluftanlagen Anwendung.
- Die Spalten (2), (4) und (6) finden bei mechanischen Zuluftanlagen oder mechanischen Zu- und Abluftanlagen Anwendung.
- Die Spalten (3) und (5) finden bei zusätzlicher Fensterlüftung Anwendung.

Die monatliche Auslegungsinnentemperatur für die Berechnung des Kühlenergiebedarfs von Unterkunften, Büros und Unterrichten, die nicht mit aktiver Kühlung ausgestattet sind, ist in Tabelle [46] ausgewiesen. In den anderen Fällen wird sie wie folgt ermittelt:

Gl. 284 $\theta_{i,cool,fct\ f,m} = \theta_{i,cool,fct\ f}$ (°C)

Dabei ist:

$\theta_{i,cool,fct\ f}$ die Auslegungsinnentemperatur des Funktionsbereichs f in °C für die Ermittlung des Energiebedarfs für aktive Kühlung, gemäß § 5.2, ermittelt.

Tabelle [46]: Rechenwerte der monatlichen Auslegungsinnentemperatur bei der Ermittlung des Energiebedarfs für Unterkunfte, Büros und Unterrichte, die nicht mit aktiver Kühlung ausgestattet sind

	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
$\theta_{i,cool,fct\ f,m}$ (°C)	25,0	25,0	25,0	25,0	25,2	26,1	26,6	26,6	25,8	25,0	25,0	25,0

Der Nutzungsgrad für die Wärmeverluste wird auf der Grundlage der wirksamen Wärmespeicherkapazität und des Verhältnisses zwischen Wärmegewinn und Wärmeverlust pro Monat und pro Funktionsbereich ermittelt.

Der Nutzungsgrad für Kühlung pro Funktionsbereich und pro Monat, $\eta_{util,cool,fct\ f,m}$, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 285 wenn $\lambda_{cool,fct\ f,m} \geq 0$ und $\lambda_{cool,fct\ f,m} \neq 1$:

$$\eta_{util,cool,fct\ f,m} = \frac{1-\left(\lambda_{cool,fct\ f,m}\right)^{b_m}}{1-\left(\lambda_{cool,fct\ f,m}\right)^{b_m+1}} \quad (-)$$

Wenn $\lambda_{cool,fct\ f,m} = 1$: $\eta_{util,cool,fct\ f,m} = \frac{b_m}{b_m+1}$ (-)

Wenn $\lambda_{cool,fct\ f,m} < 0$: $\eta_{util,cool,fct\ f,m} = 1$ (-)

wobei das monatliche Gewinn-Verlust-Verhältnis pro Funktionsbereich, $\lambda_{cool,fct\ f,m}$, wie folgt definiert wird:

Gl. 32 $$\lambda_{cool,fct\ f,m} = \frac{Q_{L,cool,fct\ f,m}}{Q_{g,cool,fct\ f,m}} \quad (-)$$

und wobei sich der numerische Parameter b_m in Bezug auf den Funktionsbereich f wie folgt ergibt:

Gl. 33 $$b_m = b_{0,cool} + \frac{\tau_{cool,fct\ f,m}}{\tau_{0,cool}} \quad (-)$$

mit der monatlichen Zeitkonstante für Kühlung des Funktionsbereichs f, $\tau_{cool,fct\ f}$:

Gl. 286 $$\tau_{cool,fct\ f,m} = \frac{C_{fct\ f}}{3,6 \cdot \left(H_{T,cool,fct\ f} + H_{V,cool,fct\ f,m}\right)} \quad (h)$$

Dabei ist:

$b_{0,cool}$ eine Konstante, aufgeführt in Tabelle [3], (-);

$\tau_{0,cool}$ eine Konstante in h, aufgeführt in Tabelle [3];

$C_{fct\ f}$ die effektive Wärmekapazität in kJ/K des Funktionsbereichs f, ermittelt gemäß § 5.9;

$H_{T,cool,fct\ f}$ der Transmissionswärmedurchgangskoeffizient in W/K des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen, ermittelt gemäß § 5.5;

$H_{V,cool,fct\ f,m}$ der monatliche Koeffizient für die Wärmeübergänge durch Hygieneventilation, In-/Exfiltration und zusätzliche mechanische oder Fensterlüftung des Funktionsbereichs f, nachstehend für die Kühlungsberechnungen ermittelt, in W/K.

und

$$H_{V,cool,fct\ f,m} = \frac{Q_{V,cool,fctf,m}}{\left(\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint} - \theta_{e,cool,m}\right) \cdot t_m} \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 287

Dabei sind:

$Q_{V,cool,fct\ f,m}$ die durch Lüftung des Funktionsbereichs f entstandenen monatlichen Wärmeverluste in MJ für die Kühlungsberechnung, wie oben festgelegt

$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ die Sollinnentemperatur in °C für die Kühlung des Funktionsbereichs f, wie in Tabelle [44] ausgewiesen

$\theta_{e,cool,m}$ die durchschnittliche, monatliche Innentemperatur in °C für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f, wie in der **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ausgewiesen

t_m Monatslänge in Ms, wie in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ausgewiesen.

5.5 Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten pro Funktionsbereich

Die Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten des Funktionsbereich f, $H_{T,heat,fct\ f}$ bzw. $H_{T,cool,fct\ f}$, werden gemäß Anlage A.1 § 7 und § 8 des vorliegenden Erlasses ermittelt, indem die Tatsache berücksichtigt wird, dass die energetische Berechnung auf Ebene des Funktionsbereichs f und nicht auf Ebene des Energiesektors i durchgeführt wird.

Wände in Kontakt mit benachbarten beheizten Räumen (andere Funktionsbereiche, andere Energiesektoren, Bereiche des geschützten Volumens außerhalb der PEB-Einheit, beheizter Verbindungsbau usw.) werden nicht berücksichtigt.

5.6 Lüftungswärmedurchgangskoeffizienten pro Funktionsbereich

5.6.1 Prinzip

In den Vorschriften (siehe Anlage C.3 des vorliegenden Erlasses) sind pro Raum Mindestauslegungsvolumenströme für die Lüftung festgelegt. Höhere Auslegungsvolumenströme für die Lüftung sind immer zulässig. Die Baumannschaft muss die Volumenströme für jeden Raum genau einstellen. Es gibt vier Arten von Lüftungssystemen:

- natürliche Lüftung;
- mechanische Zuluftanlage;
- mechanische Abluftanlage;
- mechanische Zu- und Abluftanlage.

Im weiteren Verlauf des Textes werden die drei letztgenannten Kategorien zusammen als mechanische Lüftung definiert.

Aufgrund der Regeln zur Begrenzung der Energiesektoren und Funktionsbereiche (siehe §3.2) kann es in einem Funktionsbereich nur ein Lüftungssystem geben.

5.6.2 Lüftungswärmedurchgangskoeffizient für die Heizungsberechnungen pro Funktionsbereich

Der Lüftungswärmedurchgangskoeffizient für die Heizungsberechnungen wird pro Funktionsbereich wie folgt ermittelt:

Gl. 35 $$H_{V,heat,fct\ f} = H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f} + H_{V,hyg,heat,fct\ f} \quad (W/K)$$

Dabei ist:

$H_{V,heat,fct\ f}$ der Lüftungswärmedurchgangskoeffizient in W/K des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen;

$H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f}$ der Koeffizient des Wärmedurchgangs durch Infiltration/Exfiltration in W/K des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, ermittelt gemäß § 5.6.2.1;

$H_{V,hyg,heat,fct\ f,m}$ der Koeffizient des Wärmedurchgangs durch Hygienelüftung in W/K des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, ermittelt gemäß § 5.6.2.2.

5.6.2.1 Koeffizient des Wärmedurchgangs durch Infiltration/Exfiltration für die Heizungsberechnungen pro Funktionsbereich

Der Koeffizient des Wärmedurchgangs durch Infiltration/Exfiltration für die Heizungsberechnungen pro Funktionsbereich wird wie folgt ermittelt:

Gl. 36 $$H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f} = 0,34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,heat,fct\ f} \quad (W/K)$$

Gl. 37 $$\dot{V}_{in/exfilt,heat,fct\ f} = 0,04 \cdot \dot{v}_{50,heat} \cdot A_{T,E,fct\ f} \quad (m^3/h)$$

Dabei ist:

$H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f}$ der Koeffizient des Wärmedurchgangs durch Infiltration/Exfiltration in W/K des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen;

$\dot{V}_{in/exfilt,heat,fct\ f}$ der durchschnittliche Volumenstrom in m³/h der Infiltration/Exfiltration durch die undichte Gebäudehülle im Funktionsbereich f für die Heizungsberechnungen;

$\dot{v}_{50,heat}$ der Verlustvolumenstrom bei 50 Pa pro Flächeneinheit in m³/(h.m²) für die Heizungsberechnungen, wie nachstehend ermittelt;

$A_{T,E,fct\ f}$ die Gesamtfläche aller Wände in m², die den Funktionsbereich f umschließen und deren Transmissionswärmeverluste bei der Ermittlung der Energieeffizienz berücksichtigt werden[2] (siehe auch § 5.5).

Wenn eine Messung des Luftvolumenstroms der gesamten PEN-Einheit (oder gegebenenfalls eines größeren Teils des geschützten Volumens) vorliegt, beträgt der Verlustvolumenstrom bei 50 Pa pro Flächeneinheit, $\dot{v}_{50,heat}$, wie folgt:

Gl. 38 $$\dot{v}_{50,heat} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_{test}} \quad (m^3/(h.m^2))$$

Dabei ist:

A_{test} Gesamtfläche (berechnet auf der Grundlage der Außenmaße) der Wände in m², die das Volumen umgeben, das bei der Luftdichtheitsprüfung

[2] Bei der Ermittlung von $A_{T,E,fct\ f}$ bleiben daher nur die Konstruktionen unberücksichtigt, die den Funktionsbereich f von den angrenzenden beheizten Räumen trennen.

gemessen wird, mit Ausnahme der Trennwände zu angrenzenden beheizten Räumen;

$\dot{V}_{50}$ aus der Außenhülle bei 50 Pa austretender Verlustvolumenstrom in m³/h, abgeleitet von der Luftdichtheitsmessung nach Methode A der Norm NBN EN 13829 und den vom Minister festgelegten zusätzlichen Spezifikationen.

Ansonsten findet der folgende Standardwert Anwendung für $\dot{V}_{50}$: 12 m³/(h.m²).

5.6.2.2 Koeffizient des Wärmedurchgangs durch Hygienelüftung für die Heizungsberechnungen pro Funktionsbereich

Der Koeffizient des Wärmedurchgangs durch Hygienelüftung für die Heizungsberechnungen wird pro Funktionsbereich wie folgt ermittelt:

Gl. 39 $$H_{V,hyg,heat,fct\ f} = 0,34 \cdot f_{reduc,vent,heat,fct\ f} \cdot r_{preh,heat,fct\ f} \cdot f_{vent,heat,fct\ f} \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f}$$ (W/K)

Dabei ist:

$H_{V,hyg,heat,fct\ f}$ der Koeffizient des Wärmedurchgangs durch Hygienelüftung in W/K des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen;

$f_{reduc,vent,heat,fct\ f}$ ein Reduktionsfaktor für die Lüftung des Funktionsbereichs f bei den Heizungsberechnungen. Der Standardwert von $f_{reduc,vent,heat,fct\ f}$ beträgt 1; günstigere Werte sind nach den vom Minister festgelegten Regeln zu ermitteln, (-);

$r_{preh,heat,fct\ f}$ ein Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung des Effekts der Vorheizung auf den Nettoenergiebedarf für Heizung im Funktionsbereich f für die Heizungsberechnungen, ermittelt gemäß § 5.6.3.3, (-);

$f_{vent,heat,fct\ f}$ der übliche Zeitanteil, in dem die Lüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, für die Heizungsberechnungen, wie in Tabelle [7] aufgeführt, (-);

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr in m³/h für die Hygienelüftung des Funktionsbereichs.

Wenn der Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr für die Hygienelüftung eines Raums den in Anhang C.3 des vorliegenden Erlasses definierten Mindestwert unterschreitet, setzt man für die Berechnung von H_v den geforderten Mindestvolumenstrom ein.

5.6.3 Lüftungswärmedurchgangskoeffizienten für die Kühlungsberechnungen pro Funktionsbereich

Für die Kühlungsberechnung wird zwischen In-/Exfiltration, Hygienelüftung, eventuellen zusätzlichen Methoden mechanischer Tag- oder Nachtlüftung und zusätzlicher Fensterlüftung nachts oder tagsüber unterschieden.

5.6.3.1 Monatlicher Koeffizient des Wärmedurchgangs durch Infiltration/Exfiltration für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f

Der Koeffizient des Wärmedurchgangs durch Infiltration/Exfiltration für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f wird wie folgt ermittelt:

Gl. 41 $H_{V,in/exfilt,cool,fct\ f} = 0,34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,cool,fct\ f}$ (W/K)

Gl. 42 $\dot{V}_{in/exfilt,cool,fct\ f} = 0,04 \cdot \dot{v}_{50,cool} \cdot A_{T,E,fct\ f}$ (m³/h)

Dabei ist:

$H_{V,in/exfilt,cool,fct\ f}$ der Koeffizient des Wärmedurchgangs durch Infiltration/Exfiltration in W/K des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen;

$\dot{V}_{in/exfilt,cool,fct\ f}$ der durchschnittliche Volumenstrom in m³/h der Infiltration/Exfiltration durch die undichte Gebäudehülle im Funktionsbereich f für die Kühlungsberechnungen;

$\dot{v}_{50,cool}$ der Verlustvolumenstrom bei 50 Pa pro Flächeneinheit in m³/(h.m²) für die Kühlungsberechnungen, wie nachstehend ermittelt;

$A_{T,E,fct\ f}$ die Gesamtfläche aller Wände in m², die den Funktionsbereich f umschließen und deren Transmissionswärmeverluste bei der Ermittlung der Energieeffizienz berücksichtigt werden[3] (siehe auch 5.5).

Wenn eine Messung des Luftvolumenstroms der gesamten PEN-Einheit (oder gegebenenfalls eines größeren Teils des geschützten Volumens) vorliegt, beträgt der Verlustvolumenstrom bei 50 Pa pro Flächeneinheit, $\dot{v}_{50,cool}$, für die Kühlungsberechnungen wie folgt:

Gl. 43 $\dot{v}_{50,cool} = \dot{v}_{50,heat}$ (m³/(h.m²))

Dabei ist:

$\dot{v}_{50,heat}$ der Verlustvolumenstrom bei 50 Pa pro Flächeneinheit in m³/(h.m²) für die Heizungsberechnungen, wie in § 5.6.2.1 ermittelt.

Ansonsten findet der folgende Standardwert Anwendung für $\dot{v}_{50}$: 0 m³/(h.m²).

5.6.3.2 Monatlicher Koeffizient des Wärmedurchgangs durch Hygienelüftung für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f

Der monatliche Koeffizient des Wärmedurchgangs durch Hygienelüftung für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f wird wie folgt ermittelt:

[3] Bei der Ermittlung von $A_{T,E,fct\ f}$ bleiben daher nur die Konstruktionen unberücksichtigt, die den Funktionsbereich f von den angrenzenden beheizten Räumen trennen.

Gl. 44

$$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m} = 0,34 \cdot f_{reduc,vent,cool,fct\ f} \cdot r_{preh,cool,fct\ f} \cdot r_{precool,fct\ f,m} \cdot f_{vent,cool,fct\ f} \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f} \quad (W/K)$$

Dabei ist:

$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$ der monatliche Koeffizient des Wärmedurchgangs durch Hygienelüftung in W/K des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen;

$f_{reduc,vent,cool,fct\ f}$ ein Reduktionsfaktor der Lüftung im Funktionsbereich f für die Kühlungsberechnungen. Der Standardwert von $f_{reduc,vent,cool,fct\ f}$ beträgt 1; günstigere Werte sind nach den vom Minister festgelegten Regeln zu ermitteln, (-);

$r_{preh,cool,fct\ f}$ ein Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung des Effekts der Vorheizung auf den Nettoenergiebedarf für Kühlung im Funktionsbereich f, ermittelt gemäß § 5.6.3.3, (-);

$r_{precool,fct\ f,m}$ ein monatlicher Multiplikationsfaktor zur Berücksichtigung des Effekts der Vorkühlung der Lüftungsluft im Funktionsbereich f für die Kühlungsberechnungen, ermittelt gemäß Annexe B der vorliegenden Anlage, (-);

$f_{vent,cool,fct\ f}$ der übliche Zeitanteil, in dem die Lüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, für die Kühlungsberechnungen, wie in Tabelle [7] aufgeführt, (-);

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ der Auslegungsvolumenstrom in m³/h der Außenluftzufuhr für die Hygienelüftung im Funktionsbereich f, gemäß den in § 5.6.2.2 beschriebenen Prinzipien ermittelt

5.6.3.3 Monatlicher Koeffizient des Wärmeübergangs durch zusätzliche mechanische Taglüftung

Der Wärmeübergangskoeffizient bei zusätzlicher mechanischer Taglüftung, $H_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$, wird gegebenenfalls wie folgt für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f ermittelt:

Gl. 288

$$H_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} = 0,34 \cdot r_{preh,cool,fct\ f} \cdot r_{precool,fct\ f,m} \cdot b_{V,add\ m,day,cool,fctf,m} \cdot f_{V,add\ m,day,cool,fctf,m} \cdot (\dot{V}_{add,fct\ f} - \dot{V}_{hyg,fct\ f} \cdot f_{reduc,vent,cool,fct\ f}) \quad (W/K)$$

Dabei ist:

$r_{preh,cool,fct\ f}$ ein Reduktionsfaktor, der die Auswirkung der Vorheizung auf den Nettoenergiebedarf für Kühlung im Funktionsbereich f berücksichtigt - er wird gemäß § 5.6.3.3 ermittelt und eingesetzt
(-)

$r_{precool,fct\ f,m}$ ein monatlicher Multiplikationsfaktor, der die Auswirkung der Vorkühlung der Lüftungsluft im Funktionsbereich f berücksichtigt - er wird gemäß Anhang B ermittelt und eingesetzt

$b_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ ein Korrekturfaktor für die Temperatur - er wird gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ermittelt

$f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ der übliche Zeitanteil, während dessen die zusätzliche mechanische Taglüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt (-)

$\dot{V}_{add\ m,fct\ f}$ Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr in m³/h für die mechanische Lüftung des Funktionsbereichs f. Der Standardwert entspricht dem Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr für die Hygienelüftung. Andere Werte können angewendet werden, wenn sie sich auf Messberichte stützen, die den Vorgaben des Ministers entsprechen

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ der Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr in m³/h für die Hygienelüftung des Funktionsbereichs.

$f_{reduc,vent,cool,fct\ f}$ ein Reduktionsfaktor für die Lüftung bei den Kühlungsberechnungen für den jeweiligen Funktionsbereich f. Der Standardwert von $f_{reduc,vent,cool,fct\ f}$ ist 1, vorteilhaftere Werte können entsprechend den vom Minister festgelegten Regeln ermittelt werden. (-)

Es ist angezeigt, die Berechnung des Wärmeübergangskoeffizient für zusätzliche mechanische Taglüftung nur für die Funktionsbereiche einzusetzen, die über eine mechanische Zuluft-, eine mechanische Abluft- oder eine mechanische Zu- und Abluftanlage verfügen.

5.6.3.3.1 Korrekturfaktor für die Temperatur

Im Rahmen der Kühlungsberechnungen wird der Korrekturfaktor für die Temperatur, $b_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m,}$ bei der Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten für die zusätzliche mechanische Taglüftung in Funktionsbereichen, die als Büros oder Unterrichte einzustufen sind, folgendermaßen ermittelt:

Gl. 289
$$b_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} = -0,3 \cdot \lambda'_{cool,day,fctf,m} + 1 \quad (-)$$

Dabei ist:

Gl. 290
$$\lambda'_{cool,fct\ f,m} = \frac{Q_{T,cool,fct\ f,m} + Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} + Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}}{Q_{g,cool,fct\ f,m}} \quad (-)$$

Dabei ist:

$\lambda'_{cool,fct\ f,m}$ das monatliche Gewinn-Verlust-Verhältnis pro Funktionsbereich ohne Berücksichtigung zusätzlicher Lüftungen (-)

$Q_{T,cool,fct\ f,m}$ der monatliche Transmissionswärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, wie er im § 5.4 für die Kühlungsberechnungen festgelegt ist

$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$ der durch Hygienelüftung entstandene monatliche Wärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird

$Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$ der durch In-/Exfiltration entstandene monatliche Wärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird

$Q_{g,cool,fct\ f,m}$ der durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmeerzeugung entstandene Wärmegewinn des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird.

Für die anderen Funktionsbereiche ist der Korrekturfaktor für die Temperatur $b_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m,}$ 0.

5.6.3.3.2 Üblicher Zeitanteil

Im Rahmen der Kühlungsberechnungen wird der übliche Zeitanteil, in dem die zusätzliche mechanische Taglüftung in Betrieb ist, $f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m,}$ in Funktionsbereichen, die als Büros oder Unterrichte einzustufen sind, folgendermaßen ermittelt:

Gl. 291
$$f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} = \min\left\{f_{vent,cool,fctf};0,5 \cdot e^{-1,25 \cdot \lambda'_{cool,day,fctf,m}}\right\} \quad (-)$$

Dabei ist:

$f_{vent,cool,fct\ f}$ der übliche Zeitanteil, in dem die Lüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, wie in Tabelle [7] für die Kühlungsberechnungen ausgewiesen (-)

$\lambda'_{cool,day,fct\ f,m}$ das monatliche Gewinn-Verlust-Verhältnis pro Funktionsbereich ohne Berücksichtigung zusätzlicher Lüftungen, gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ermittelt (-)

Ist keine zusätzliche mechanische Taglüftung vorhanden, so ist der übliche Zeitanteil, $f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m,}$ gleich 0.

In den anderen Funktionsbereichen ist der übliche Zeitanteil $f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ gleich 0.

5.6.3.4 Monatlicher Koeffizient für Wärmeübergänge durch zusätzliche mechanische Nachtlüftung

Der Wärmeübergangskoeffizient bei zusätzlicher mechanischer Nachtlüftung, $H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m,}$ wird gegebenenfalls wie folgt für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f ermittelt:

Gl. 292
$$H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} = 0,34 \cdot r_{preh,cool,fct\ f} \cdot c_{V,add\ m,night,cool,fctf} \cdot f_{V,add\ m,night,cool,fctf,m} \cdot \dot{V}_{add\ m,fct\ f} \quad (W/K)$$

Dabei ist:

$r_{preh,cool,fct\ f}$ ein Reduktionsfaktor, der die Auswirkung der Vorheizung auf den Nettoenergiebedarf für Kühlung im Funktionsbereich f berücksichtigt. Er wird gemäß § 5.6.3.3 ermittelt und eingesetzt

$c_{V,add\ m,night,cool,fct\ f}$ ein Korrekturfaktor, der die dynamischen Auswirkungen berücksichtigt:

- bei Doppelböden mit $D_J \leq 180$ kJ/(m².K) oder geschlossener abgehängter Decke: $C_{V,add\ m,night,cool,fctf} = 0,7$
- ansonsten: $C_{V,add\ m,night,cool,fctf} = 1$, (-)

$f_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ der übliche Zeitanteil, in dem die zusätzliche mechanische Nachtlüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt (-)

$\dot{V}_{add\ m,fct\ f}$ Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr in m³/h für die zusätzliche mechanische Lüftung des Funktionsbereichs f. Der Standardwert entspricht dem Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr für die Hygienelüftung. Andere Werte können angewendet werden, wenn sie sich auf Messberichte stützen, die den Vorgaben des Ministers entsprechen.

Es ist angezeigt, die Berechnung des Koeffizienten für Wärmeübergänge bei zusätzlicher mechanischer Nachtlüftung nur für die Funktionsbereiche einzusetzen, die über eine mechanische Zuluft-, eine mechanische Abluft- oder eine mechanische Zu- und Abluftanlage verfügen.

5.6.3.4.1 Üblicher Zeitanteil

Im Rahmen der Kühlungsberechnungen wird der übliche Zeitanteil, während dessen die zusätzliche mechanische Nachlüftung in Betrieb ist, $f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m,}$ in Funktionsbereichen, die als Büros oder Unterrichte einzustufen sind, folgendermaßen ermittelt:

Gl. 293
$$f_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} = \min\left\{1 - f_{vent,cool,fctf};0,4 \cdot e^{-3\cdot\lambda''_{cool,fctf,m}}\right\} \quad (-)$$

Dabei ist:

Gl. 294
$$\lambda''_{cool,fct\ f,m} = \frac{\left(\begin{array}{c} Q_{T,cool,fct\ f,m} + Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} \\ + Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add,day,cool,fct\ f,m}\end{array}\right)}{Q_{g,cool,fct\ f,m}} \quad (-)$$

Dabei ist:

$f_{vent,cool,fct\ f}$	der übliche Zeitanteil, in dem die Lüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, wie in Tabelle [7] für die Kühlungsberechnungen ausgewiesen (-)
$\lambda"_{cool,fct\ f,m}$	das monatliche Gewinn-Verlust-Verhältnis pro Funktionsbereich, bei dem nur die Verluste berücksichtigt werden, die durch Transmission, In-/Exfiltration, Hygienelüftung und zusätzliche mechanische Taglüftung entstehen (-)
$Q_{T,cool,fct\ f,m}$	der monatliche Transmissionswärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, wie er in § 5.4 für die Kühlungsberechnungen festgelegt ist
$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$	der durch Hygienelüftung entstandene monatliche Wärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird
$Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$	der durch In-/Exfiltration entstandene monatliche Wärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird
$Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$	der durch zusätzliche mechanische Taglüftung entstandene monatliche Wärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird
$Q_{g,cool,fct\ f,m}$	der durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmeerzeugung entstandene Wärmegewinn des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird

Ist keine zusätzliche mechanische Nachtlüftung vorhanden, so ist der übliche Zeitanteil gleich 0.

In den anderen Funktionsbereichen ist der übliche Zeitanteil gleich 0.

5.6.3.5 Monatlicher Koeffizient für Wärmeübergänge durch zusätzliche Fensterlüftung tagsüber

Der Wärmeübergangskoeffizient bei zusätzlicher Fensterlüftung tagsüber, $H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m,}$ wird gegebenenfalls wie folgt für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f ermittelt:

Gl. 295

$$H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} = \max\left\{0; \left(\begin{array}{l} 0,34 \cdot b_{V,add\ w,day,cool,fctf} \cdot f_{V,add\ w,day,cool,fctf,m} \cdot \dot{V}_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} \\ - f_{V,add\ w,day,cool,fctf,m} \cdot H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} \end{array}\right)\right\} \quad (W/K)$$

Dabei ist:

$b_{V,add\ w,day,cool,fct\ f}$	ein Korrekturfaktor für die Temperatur - er hat den Wert 0,5. (-)
$f_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$	der übliche Zeitanteil, in dem die zusätzliche Fensterlüftung tagsüber im Funktionsbereich f betrieben wird, gemäß § 5.6.3.5.1 für die Kühlungsberechnungen ermittelt (-)
$\dot{V}_{V,add\ w,cool,day,fct\ f,m}$	der durchschnittliche Luftvolumenstrom in m³/h, der eine Folge der Fensterlüftung tagsüber ist und gemäß § 5.6.3.5.2 ermittelt wird
$H_{V,in/exfilt,cool,fct\ f,m}$	der monatliche Koeffizient für die Wärmeübergänge durch In-/Exfiltration, gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f ermittelt, in W/K.

Es ist angezeigt, die Berechnung des Wärmeübergangskoeffizienten für zusätzliche Fensterlüftung tagsüber nur für Funktionsbereiche einzusetzen, welche alle drei Bedingungen erfüllen: Es handelt sich um ein „Büro" oder einen „Unterricht", es ist keine aktive Kühlung vorgesehen und die Hygienelüftung wird in allen Räumen dieses Funktionsbereichs, die als Büro, Konferenz- oder Klassenraum eingestuft werden können, durch eine regulierte Zu- und Abluftanlage gewährleistet.

5.6.3.5.1 Üblicher Zeitanteil

Im Rahmen der Kühlungsberechnungen wird der übliche Zeitanteil, in dem die zusätzliche Fensterlüftung tagsüber betrieben wird, $f_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$, in Funktionsbereichen, die als Büros oder Unterrichte einzustufen sind, bei individueller Regelung durch den Nutzer folgendermaßen ermittelt:

Gl. 296

$$f_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} = \min\left\{f_{vent,cool,fctf}; 0,5 \cdot e^{-3 \cdot \lambda'''_{cool,fctf,m}}\right\} \quad (-)$$

Dabei ist:

Gl. 297

$$\lambda'''_{cool,fct\ f,m} = \frac{\left(\begin{array}{l} Q_{T,cool,fct\ f,m} + Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} + Q_{V,in-exfiltr,cool,fct\ f,m} \\ + Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} \end{array}\right)}{Q_{g,cool,fct\ f,m}} \quad (-)$$

Dabei ist:

$f_{vent,cool,fct\ f}$	der übliche Zeitanteil, in dem die Lüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, wie in Tabelle [7] für die Kühlungsberechnungen ausgewiesen (-)
$\lambda'''_{cool,fct\ f,m}$	das monatliche Gewinn-Verlust-Verhältnis pro Funktionsbereich ohne Berücksichtigung der zusätzlichen Fensterlüftung (-)
$Q_{T,cool,fct\ f,m}$	der monatliche Transmissionswärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, wie er in § 5.4 für die Kühlungsberechnungen festgelegt ist
$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$	der durch Hygienelüftung entstandene monatliche Wärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird
$Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$	der durch In-/Exfiltration entstandene monatliche Wärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird
$Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$	der durch zusätzliche mechanische Taglüftung entstandene monatliche Wärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird
$Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$	der durch zusätzliche mechanische Nachtlüftung entstandene monatliche Wärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird
$Q_{g,cool,fct\ f,m}$	der durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmeerzeugung entstandene Wärmegewinn des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird

Ist keine zusätzliche Fensterlüftung tagsüber gegeben, so ist der übliche Zeitanteil, $f_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m,}$ gleich 0.

Ist ein automatisches Lüftungssystem gegeben, so ist der maßgebliche übliche Zeitanteil identisch mit dem, der bei individuell geregelter Lüftung ermittelt wird.

In den anderen Funktionsbereichen ist der übliche Zeitanteil, $f_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$ gleich 0.

5.6.3.5.2 Luftvolumenstrom

Der durchschnittliche Luftvolumenstrom, der sich durch das Öffnen der Fenster tagsüber ergibt, $V_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m,}$ wird wie folgt ermittelt:

$$\dot{V}_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} = \sum_{j} \left(3,6 \cdot 500 \cdot 0,163 \cdot c_{ow,day,j} \cdot A_{w,day,fctf,j}\right)$$

Gl. 298 (m³/h)

Dabei ist:

$C_{ow,day,j}$	ein Koeffizient, der den Öffnungswinkel der Fenster berücksichtigt und bei Dreh-Kipp-Fenstern 0,174, bei Drehfenstern, Schwingfenstern, Schiebefenstern und Hebefenstern 0,9 beträgt (-)

$A_{w,day,fct\ f,j}$ die Fensterfläche derjenigen Fenster des Funktionsbereichs f, die für die zusätzliche Fensterlüftung tagsüber zu berücksichtigen sind - sie wird gemäß den Vorgaben des Ministers ermittelt und in m² angegeben.

5.6.3.6 Monatlicher Koeffizient für Wärmeübergänge durch zusätzliche Fensterlüftung nachts

Der Wärmeübergangskoeffizient bei zusätzlicher nächtlicher Fensterlüftung, $H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$, wird gegebenenfalls wie folgt für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f ermittelt:

$$H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} = \max\left\{0; \begin{pmatrix} 0,34 \cdot c_{V,add\ w,night,cool,fctf,m} \cdot b_{V,add\ w,night,cool,fctf} \cdot f_{V,add\ w,night,cool,fctf,m} \cdot \\ \dot{V}_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} - f_{V,add\ w,night,cool,fctf,m} \cdot H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f} \end{pmatrix}\right\}$$

Gl. 299 (W/K)

Dabei ist:

$c_{V,add\ w,night,cool,fct\ f}$ ein Korrekturfaktor, der die dynamischen Auswirkungen berücksichtigt:

- falls ein Doppelboden mit $D_J \leq 180$ kJ/(m².K) oder eine geschlossene abgehängte Decke vorliegt: $c_{V,add\ w,night,cool,fct\ f} = 0,8$
- ansonsten gilt: $c_{V,add\ w,night,cool,fct\ f} = 1$

$b_{V,add\ w,night,cool,fct\ f}$ ein Korrekturfaktor für die Temperatur - er beträgt 0,5.

$f_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$ der übliche Zeitanteil, in dem die zusätzliche nächtliche Fensterlüftung im Funktionsbereich f betrieben wird, er wird gemäß § 5.6.3.6.1 für die Kühlungsberechnungen ermittelt.

$\dot{V}_{V,add\ w,cool,night,fct\ f,m}$ der durchschnittliche Luftvolumenstrom in m³/h, der Folge der nächtlichen Fensterlüftung ist und gemäß § 5.6.3.6.2 ermittelt wird

$H_{V,in/exfilt,cool,fct\ f}$ der monatliche Koeffizient für die Wärmeübergänge durch In-/Exfiltration, der gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f ermittelt wird, in W/K.

Es ist angezeigt, die Berechnung des Wärmeübergangskoeffizienten für zusätzliche nächtliche Fensterlüftung nur für die Funktionsbereiche anzuwenden, für die parallel keine zusätzliche mechanische Lüftung vorgesehen ist.

5.6.3.6.1 Üblicher Zeitanteil

Im Rahmen der Kühlungsberechnungen wird der übliche Zeitanteil, in dem die zusätzliche nächtliche Fensterlüftung betrieben wird, $f_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$, in Funktionsbereichen, die als Büros oder Unterrichte einzustufen sind, folgendermaßen ermittelt:

$$f_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} = \min\left\{1 - f_{vent,cool,fctf}; 0,38 \cdot e^{-1.7 \cdot \lambda''''_{cool,fctf,m}}\right\}$$

Gl. 300 (-)

Dabei ist:

$$\lambda''''_{cool,fct\ f;m} = \frac{\begin{pmatrix} Q_{T,cool,fct\ f,m} + Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} \\ + Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} \\ + Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} \end{pmatrix}}{Q_{g,cool,fct\ f,m}}$$

Gl. 301 (-)

Dabei ist:

$f_{vent,cool,fct\ f}$	der übliche Zeitanteil, in dem die Lüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, wie in Tabelle [7] für die Kühlungsberechnungen ausgewiesen (-)
$\lambda""_{cool,fct\ f,m}$	das monatliche Gewinn-Verlust-Verhältnis pro Funktionsbereich ohne Berücksichtigung der zusätzlichen nächtlichen Fensterlüftung (-)
$Q_{T,cool,fct\ f,m}$	der monatliche Transmissionswärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, wie er im § 5.4 für die Kühlungsberechnungen festgelegt ist
$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$	der durch Hygienelüftung entstandene monatliche Wärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird
$Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$	der durch In-/Exfiltration entstandene monatliche Wärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird
$Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$	der durch zusätzliche mechanische Taglüftung entstandene monatliche Wärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird
$Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$	der durch zusätzliche mechanische Nachtlüftung entstandene monatliche Wärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird
$Q_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$	der durch zusätzliche mechanische Taglüftung entstandene, monatliche Wärmeverlust des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird
$Q_{g,cool,fct\ f,m}$	der durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmeerzeugung entstandene Wärmegewinn des Funktionsbereichs f in MJ, der gemäß § 5.4 für die Kühlungsberechnungen ermittelt wird

Ist keine zusätzliche nächtliche Fensterlüftung gegeben, so ist der übliche Zeitanteil $f_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$ gleich 0.

In den Funktionsbereichen, die nicht als „Büros" oder „Unterrichte" einzustufen sind, ist der übliche Zeitanteil, $f_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m,}$ gleich 0.

5.6.3.6.2 Luftvolumenstrom

Der durchschnittliche Luftvolumenstrom, der sich aus dem nächtlichen Öffnen der Fenster ergibt, $V_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$, wird wie folgt ermittelt:

$$\dot{V}_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} = \sum_{j} \left(3,6 \cdot 500 \cdot 0,163 \cdot c_{ow,night,j} \cdot A_{w,night,fctf,j}\right) \quad (m^3/h)$$

Gl. 302

$c_{ow,night,j}$	ein Koeffizient, der die Minderung des Durchgangsquerschnitts berücksichtigt, die sich aus dem Öffnungswinkel der Fenster und eventuell vorhandenen Insektenschutz-Vorrichtungen ergibt. Er beträgt 0,174 bei Dreh-Kipp-Fenstern und 0,9 bei Drehfenstern, Schwingfenstern, Schiebefenstern und Hebefenstern.
$A_{w,night,fct\ f,j}$	die Fensterfläche des Funktionsbereichs, die für die zusätzliche nächtliche Fensterlüftung zu berücksichtigen sind. Sie wird gemäß den Vorgaben des Ministers ermittelt und in m² angegeben.

5.6.4 Reduktionsfaktor in Verbindung mit Vorheizung

Der Reduktionsfaktor in Verbindung mit der Vorheizung des Funktionsbereichs f, r_{preh}, ist gleich wie der Reduktionsfaktor für die Vorheizung des Energiesektors i, zu dem der Bereich gehört, wobei dieser Reduktionsfaktor wieder gleich ist wie der Reduktionsfaktor für die Vorheizung der Lüftungszone z, zu der der Energiesektor i gehört:

- $r_{preh,heat,fct\ f} = r_{preh,heat,sec\ i} = r_{preh,heat,zone\ z}$
- $r_{preh,cool,fct\ f} = r_{preh,cool,sec\ i} = r_{preh,cool,zone\ z}$

Das Verfahren zur Ermittlung des Reduktionsfaktors für die Vorheizung der Lüftungszone z mit Hilfe eines Wärmerückgewinnungsgeräts ist nachstehend beschrieben. Die Vorheizung über einen angrenzenden, nicht beheizten Raum und/oder eine unterirdische Zufuhrleitung muss nach den vom Minister festgelegten Regeln oder, wenn keine Regeln festgelegt wurden, auf der Grundlage des Äquivalenzprinzips berücksichtigt werden.

Wenn keine Vorheizung stattfindet, beträgt der Wert r_{preh} in jedem Fall 1.

Wärmepumpen zu Heizzwecken, die Fortluft als Wärmequelle nutzen, werden in der vorliegenden Anlage nicht behandelt, sind jedoch Gegenstand von Anlage A.1 § 10.2.3.3 des vorliegenden Erlasses.

Wärmerückgewinnungsgerät bei einer mechanischen Zu- und Abluftanlage

In einer Lüftungszone z mit einer mechanischen Zu- und Abluftanlage kann die zugeführte Außenluft mehr oder weniger stark über einen Wärmetauscher vorgeheizt werden, welcher der Abluft Wärme entzieht. Die Zufuhr von Außenluft in der Lüftungszone z kann an mehreren Stellen erfolgen. In diesem Fall kann es sein, dass nicht die gesamte zugeführte Luft vorgeheizt wird. Umgekehrt kann es auch vorkommen, dass die Abluft über verschiedene Luftauslässe nach außen geleitet wird und bei einigen dieser Luftströme keine Wärmerückgewinnung erfolgt. Wenn in der Lüftungszone z der Gesamtvolumenstrom der mechanischen Zuluft am Ende nicht dem Gesamtvolumenstrom der mechanischen Abluft entspricht, entsteht zwangsläufig ein ungesteuerter zusätzlicher Luftstrom durch die Gebäudehülle (nach innen oder außen)[4].

Ventilatoren mit automatischer Regelung des Volumenstroms wirken sich positiv auf den Reduktionsfaktor für Vorheizung aus, da das Gleichgewicht zwischen den Volumenströmen auch bei einer Änderung der Betriebsbedingungen (Verschmutzung der Filter usw.) aufrechterhalten werden kann. Die automatische Regelung des Volumenstroms ist eine Produkteigenschaft, die für alle Ventilatoren der Lüftungseinheit ermittelt wird und die sicherstellt, dass der Zuluftvolumenstrom nicht mehr als 5 % vom Sollwert abweicht. Diese Produkteigenschaft muss für jeden Ventilator der Lüftungseinheit auf der Grundlage von Volumenstrommessungen für alle Arten von Volumenströmen und des Drucks des Ventilators geprüft werden.

Der Reduktionsfaktor für Heizung, der sich aus der Vorheizung der in einer Lüftungszone z zugeführten Außenluft durch Wärmerückgewinnung ergibt, muss anhand der folgenden Formel ermittelt werden:

[4] Der Einfachheit halber wird laut § 5.6 die mögliche Wechselwirkung zwischen Infiltration/Exfiltration und bewusster Lüftung üblicherweise nicht berücksichtigt.

Gl. 45

$$r_{preh,heat,zonez} = \frac{\sum_p \left\{\dot{V}_{in,p} - e_{heat,hr,p} \cdot \min\left(\dot{V}_{in,p}; \dot{V}_{out,p}\right)\right\} + \max\left\{0; \sum_p \left(\dot{V}_{out,p} - \dot{V}_{in,p}\right)\right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{in,p}; \sum_p \dot{V}_{out,p}\right)}$$

(-)

Dabei ist:

$e_{heat,hr,p}$ ein dimensionsloser Faktor, der den Umfang der Wärmerückgewinnung an der Stelle p angibt und wie folgt ermittelt wird:

- wenn der zugeführte Außenluftstrom p nicht vorgeheizt wird, gilt: $e_{heat,hr,p} = 0$;
- wenn der zugeführte Außenluftstrom p mit einem Wärmerückgewinnungsgerät vorgeheizt wird, gilt: $e_{heat,hr,p} = r_p . \eta_{test,p}$

Der Faktor r_p wird wie nachstehend beschrieben ermittelt. Der thermische Wirkungsgrad $\eta_{test,p}$ des Wärmerückgewinnungsgeräts an der Stelle p wird wie in Anlage A.1 Abschnitt G des vorliegenden Erlasses angegeben ermittelt. Ein Wert für den thermischen Wirkungsgrad kann unter der Voraussetzung verwendet werden, dass weder $\dot{V}_{in,p}$ noch $\dot{V}_{out,p}$ größer als der während der Prüfung gemessene Volumenstrom sind, der in Anlage A.1 Abschnitt G des vorliegenden Erlasses definiert wird;

$\dot{V}_{in,p}$ Zuluftvolumenstrom an der Stelle p in m³/h, wie nachstehend beschrieben ermittelt;

$\dot{V}_{out,p}$ Abluftvolumenstrom an der Stelle p in m³/h, wie nachstehend beschrieben ermittelt.

Die Werte aller Stellen p der Lüftungszone z, an denen Außenluft mechanisch zugeführt und/oder Abluft mechanisch nach außen abgeleitet wird, sind zu addieren.

Der Zuluftvolumenstrom an der Stelle p wird wie folgt ermittelt:

- Wenn die Lüftungseinheit, die den Zuluftvolumenstrom und Abluftvolumenstrom an der Stelle p bereitstellt, mit einer automatischen Regelung wie vorstehend definiert ausgestattet ist, gilt:

Gl. 46 $\dot{V}_{in,p} = \dot{V}_{supply,setpoint,nom,p}$

wobei der Sollwert des Zuluftvolumenstroms an der Stelle p in m³/h bei Nennstellung des Ventilators für die Hygienelüftung berücksichtigt wird;

- In allen anderen Fällen gilt:

Gl. 47 $\dot{V}_{in,p} = \dot{V}_{supply,design,p}$

wobei der Auslegungsvolumenstrom der Zuluft an der Stelle p für die Hygienelüftung in m³/h berücksichtigt wird.

Der nach außen geleitete Abluftvolumenstrom an der Stelle p wird wie folgt ermittelt:

- Wenn die Lüftungseinheit, die den Zuluftvolumenstrom und Abluftvolumenstrom an der Stelle p bereitstellt, mit einer automatischen Regelung wie vorstehend definiert ausgestattet ist, gilt:

Gl. 48 $\dot{V}_{out,p} = \dot{V}_{extr,setpoint,nom,p}$

wobei der Sollwert des Abluftvolumenstroms in m³/h bei Nennstellung des Ventilators für die Hygienelüftung berücksichtigt wird;

- In allen anderen Fällen gilt:

Gl. 49 $\dot{V}_{out,p} = \dot{V}_{extr,design,p}$

wobei der Auslegungsvolumenstrom der Abluft an der Stelle p für die Hygienelüftung in m³/h berücksichtigt wird.

Wenn an der Stelle p eine Wärmerückgewinnung erfolgt, wird r_p wie folgt ermittelt:

- Wenn die Lüftungseinheit, die den Zuluftvolumenstrom und Abluftvolumenstrom an der Stelle p bereitstellt, mit einer automatischen Regelung wie vorstehend definiert ausgestattet ist, gilt:
  $r_p = 0,95$

- In allen anderen Fällen gilt:
  $r_p = 0,85$

Der Reduktionsfaktor, der für die Kühlungsberechnungen zu verwenden ist, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 50
$$r_{preh,cool,zone\ z} = \frac{\sum_p \left\{\dot{V}_{in,p} - e_{cool,hr,p} \cdot \min\left(\dot{V}_{in,p}\,;\,\dot{V}_{out,p}\right)\right\} + \max\left\{0\,;\,\sum_p\left(\dot{V}_{out,p} - \dot{V}_{in,p}\right)\right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{in,p}\,;\sum_p \dot{V}_{out,p}\right)} \quad (-)$$

wobei die verschiedenen Terme die gleichen wie oben sind, mit Ausnahme von $e_{cool,hr,p}$, dessen Wert wie folgt ermittelt wird:

- Wenn das Wärmerückgewinnungsgerät p mit einem Bypass ausgestattet ist, durch den der Durchfluss durch den Wärmetauscher vollständig unterbrochen wird, oder wenn dieser auf eine andere Weise vollständig deaktiviert werden kann (z. B. durch Anhalten eines Rotationswärmetauschers), gilt:

Gl. 51 $e_{cool,hr,p} = 0$ (-)

- Wenn das Wärmerückgewinnungsgerät p mit einem Bypass ausgestattet ist, der Durchfluss durch den Wärmetauscher jedoch nicht vollständig unterbrochen oder auf eine andere Weise nicht vollständig deaktiviert ist, gilt:

Gl. 52 $e_{cool,hr,p} = 0,5 \times e_{heat,hr,p}$ (-)

- In allen anderen Fällen gilt:

Gl. 53 $e_{cool,hr,p} = e_{heat,hr,p}$ (-)

5.6.5 Zeitanteil, in dem die Lüftung in Betrieb ist

Die für die Heizungs- und Kühlungsberechnungen verwendeten Werte für den üblichen Zeitanteil, in dem die Lüftung in Betrieb ist, $f_{vent,heat,fct\ f}$ bzw. $f_{vent,cool,fct\ f}$, sind pro Funktion in Tabelle [7] aufgeführt.

Tabelle [7]: Übliche Zeitanteile $f_{vent,heat,fct\ f}$ und $f_{vent,cool,fct}$ - pro Funktionsbereich

Funktionen		**$f_{vent,heat,fct\ f}$**	**$f_{vent,cool,fct\ f}$**	
			Natürliche Lüftung	**Mechanische Lüftungsanlage**
Unterkunft		1,00	1,00	Gleich wie $f_{vent,heat,fct\ f}$
Büros		0,30		
Unterricht		0,30		
Gesundheitswesen	Mit nächtlicher Nutzung	1,00		
	Ohne nächtliche Nutzung	0,30		
	Operationssaal	1,00		
Versammlungsbereich	Starke Nutzung	0,54		
	Geringe Nutzung	0,54		
	Cafeteria/Speisesaal	0,10		
Küche		0,36		
Handel/Dienstleistungen		0,43		
Sportanlagen	Sporthalle/Turnhalle	0,50		
	Fitness/Tanz	0,50		
	Sauna/Schwimmbad	0,50		
Technikräume		1,00		
Gemeinsame Flächen		Wie nachstehend ermittelt		
Sonstige		0,30		
Unbekannt		0,54		

Für die Funktion „Gemeinsame Flächen“: Wenn ein von dieser Funktion genutzter Funktionsbereich mehrere Funktionsbereiche versorgt, entsprechen die Werte der Parameter $f_{vent,heat,fct\ f}$ und $f_{vent,cool,fct\ f}$ den höchsten Werten in den versorgten Funktionsbereichen.

Wenn sich mehrere Funktionsbereiche mit unterschiedlichen Funktionen in der gleichen Lüftungszone befinden, sind die Werte der Parameter $f_{vent,heat,fct\ f}$ und $f_{vent,cool,fct\ f}$ aller Funktionsbereiche f, die zu dieser betreffenden Lüftungszone gehören, gleich und weisen die Werte des Funktionsbereichs f mit den höchsten Werten $f_{vent,heat,fct\ f}$ und $f_{vent,cool,fct\ f}$ auf.

5.7 Interne Wärmeerzeugung

Bei den betrachteten internen Wärmequellen handelt es sich um: Personen, Beleuchtung, Ventilatoren und andere Vorrichtungen. Die monatliche interne Wärmeerzeugung des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen wird wie folgt ermittelt:

Gl. 54 $$Q_{i,heat,fct\ f,m} = \Phi_{i,heat,fct\ f,m} \cdot t_m \quad (MJ)$$

Gl. 55 $$Q_{i,cool,fct\ f,m} = \Phi_{i,cool,fct\ f,m} \cdot t_m \quad (MJ)$$

Dabei ist:

Gl. 56 $$\Phi_{i,heat,fct\ f,m} = 0,8 \cdot \begin{pmatrix} q_{i,pers,fct\ f} \cdot f_{real,fct\ f} \cdot f_{pres,fct\ f} \cdot n_{design,fct\ f} + q_{i,app,fct\ f} \cdot A_{f,fct\ f} \\ + r_{light,fct\ f} \cdot W_{light,fct\ f,m} \cdot 3,6/t_m + r_{fans,heat,fct\ f} \cdot W_{fans,fct\ f,m} \cdot 3,6/t_m \end{pmatrix} \quad (W)$$

Gl. 57 $$\Phi_{i,cool,fct\ f,m} = \begin{pmatrix} q_{i,pers,fct\ f} \cdot f_{real,fct\ f} \cdot f_{pres,fct\ f} \cdot n_{design,fct\ f} + q_{i,app,fct\ f} \cdot A_{f,fct\ f} \\ + r_{light,fct\ f} \cdot W_{light,fct\ f,m} \cdot 3,6/t_m + r_{fans,cool,fct\ f} \cdot W_{fans,fct\ f,m} \cdot 3,6/t_m \end{pmatrix} \quad (W)$$

Dabei ist:

$Q_{i,heat,fct\ f,m}$ die monatliche interne Wärmeerzeugung in MJ des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen;

$Q_{i,cool,fct\ f,m}$ die monatliche interne Wärmeerzeugung in MJ des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen;

$\Phi_{i,heat,fct\ f,m}$ der infolge der internen Wärmeerzeugung entstandene durchschnittliche Wärmefluss in W im Funktionsbereich f für die Heizungsberechnungen;

$\Phi_{i,cool,fct\ f,m}$ der infolge der internen Wärmeerzeugung entstandene durchschnittliche Wärmefluss in W im Funktionsbereich f für die Kühlungsberechnungen;

$q_{i,pers,fct\ f}$ die durchschnittliche spezifische interne Wärmeerzeugung durch Personen in W/pers im Funktionsbereich f, aufgeführt in Tabelle [8];

$f_{real,fct\ f}$ das übliche Verhältnis zwischen der durchschnittlichen tatsächlichen Nutzung in den Nutzungszeiten und der maximalen Auslegungsnutzung des Funktionsbereichs f, aufgeführt in Tabelle [8], (-);

$f_{pres,fct\ f}$ der übliche Zeitanteil, in dem Personen im Gebäude anwesend sind, ermittelt auf der Basis des Funktionsbereichs f und aufgeführt in Tabelle [2], (-);

$n_{design,fct\ f}$ die Anzahl der Personen, die sich in dem betreffenden Funktionsbereich f gemäß der maximalen Nutzung befinden, für die die Lüftungssysteme ausgelegt sind, (-);

$q_{i,app,fct\ f}$ die durchschnittliche spezifische interne Wärmeerzeugung durch Vorrichtungen in W/m² im betreffenden Funktionsbereich f, aufgeführt in Tabelle [8];

$A_{f,fct\ f}$ die Nutzfläche in m² des betreffenden Funktionsbereichs f;

$r_{light,fct\ f}$	ein Reduktionsfaktor für den Funktionsbereich f, dessen Wert entspricht: - 0,3, wenn der Energieverbrauch für die Beleuchtung des Funktionsbereichs f gemäß § 9.2 ermittelt wird (Pauschalmethode), - 0,5, wenn eine Ableitung bei mindestens 70 % der im betreffenden Funktionsbereich f vorhandenen Beleuchtungskörper vorliegt, nach der Leistungsaufnahme gewichtet, - 1,0 in den anderen Fällen;
$W_{light,fct\ f,m}$	die monatliche interne Wärmeerzeugung durch die Beleuchtung in kWh im betreffenden Funktionsbereich f, ermittelt gemäß § 9.2.2 oder § 9.3.2;
$r_{fans,heat,fct\ f}$ $r_{fans,cool,fct\ f}$	ein Reduktionsfaktor für Heizung bzw. Kühlung, dessen Wert entspricht: - 0, wenn nur eine mechanische Ableitung vorhanden ist, - 0,6, wenn eine mechanische Zu- und Abluftanlage vorhanden ist, - 0,8, wenn eine Rückführung oder Wärmerückgewinnung vorhanden ist, - 0,3, wenn eine mechanische Luftzufuhr vorhanden ist und die Leistung der Ventilatoren gemäß § 8.1.3 ermittelt wird (Pauschalmethode), - 0,5 in den anderen Fällen;
$W_{fans,fct\ f,m}$	die interne Wärmeerzeugung durch die Ventilatoren in kWh im betreffenden Funktionsbereich f, ermittelt gemäß § 8.1;
t_m	die Dauer des Monats in Ms, aufgeführt in Tabelle [1].

Tabelle [8]: Interne Wärmeerzeugung durch Personen und Vorrichtungen sowie tatsächlicher Nutzungsanteil - pro Funktion

Funktionen		**Interne Wärmeerzeugung durch Personen** $q_{i,pers,fct\ f}$ (W/pers)	**Interne Wärmeerzeugung durch Vorrichtungen** $q_{i,app,fct\ f}$ (W/m²)	**Tatsächlicher Nutzungsanteil** $f_{real,fct\ f}$ (-)
Unterkunft		100	2	0,21
Büros		100	3	0,30
Unterricht		100	1	0,50
Gesundheitswesen	Mit nächtlicher Nutzung	100	4	0,80
	Ohne nächtliche Nutzung	100	3	0,50
	Operationssaal	100	4	0,20
Versammlungsbereich	Starke Nutzung	100	2	0,30
	Geringe Nutzung	100	1	0,30
	Cafeteria/Speisesaal	100	2	0,15
Küche		100	5	0,80
Handel/Dienstleistungen		100	3	0,30
Sportanlagen	Sporthalle/Turnhalle	300	1	0,30
	Fitness/Tanz	300	1	0,30
	Sauna/Schwimmbad	300	1	0,30
Technikräume		100	5	0,05
Gemeinsame Flächen		100	1	0,15
Sonstige		100	3	0,30
Unbekannt		100	2	0,30

5.8 Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung

Die monatlichen Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung pro Funktionsbereich für die Heizungsberechnungen, $Q_{s,heat,fct\ f,m}$, und Kühlungsberechnungen, $Q_{s,cool,fct\ f,m}$, werden gemäß Anlage A.1 § 7.10 des vorliegenden Erlasses ermittelt, indem die Tatsache berücksichtigt wird, dass die energetische Berechnung auf Ebene des Funktionsbereichs f und nicht auf Ebene des Energiesektors i durchgeführt wird. Zu diesem Zweck werden die Werte aller lichtdurchlässigen/lichtdurchscheinenden Wände, nicht belüfteter passiver Solarenergieanlagen und nicht beheizter, benachbarter Räume des Funktionsbereichs f addiert.

Im Gegensatz zu Anlage A.1 des vorliegenden Erlasses wird der monatliche Nutzungsfaktor der beweglichen Sonnenschutzvorrichtungen, $a_{C,m,j}$, anhand von Tabelle [9] ermittelt. Diese Tabelle bezieht sich auf die Tabellen C1 und C3 von Anlage A.1 Abschnitt C des vorliegenden Erlasses:

Tabelle [9]: Monatlicher Nutzungsfaktor $a_{c,m,j}$ je nach Berechnungsart

Steuerung	Heizung	Kühlung
Manuell	Tabellen C1	MAX(0; Tabellen C1 – 0,1)
Automatisch	Tabellen C1	MAX(0; Tabellen C3 – 0,1)
Automatisch + Wochenende(1)	Tabellen C1	Tabellen C3
(1) Für die Fälle, in denen die Sonnenschutzvorrichtungen den ganzen Tag am Wochenende in Betrieb sind.		

Wenn ein Fenster mit mehreren beweglichen Sonnenschutzsystemen ausgestattet ist (zum Beispiel innen und außen), ist für die Heizungsberechnungen das System mit dem höchsten F_c-Wert zu berücksichtigen und für die Kühlungsberechnungen das System mit dem niedrigsten F_c-Wert.

5.9 Effektive Wärmekapazität

5.9.1 Prinzip

Für die Ermittlung der effektiven Wärmekapazität kann man zwischen zwei Methoden wählen:

- entweder auf der Grundlage der spezifischen Wärmekapazität pro m² Nutzfläche des Funktionsbereichs gemäß § 5.9.2;
- oder auf der Grundlage einer genauen Berechnung gemäß § 5.9.3.

5.9.2 Effektive Wärmekapazität auf der Grundlage der Fußbodenmasse

Die effektive Wärmekapazität in kJ/K des Funktionsbereichs f, $C_{fct\ f}$, wird auf der Grundlage der Fußbodenmasse wie folgt ermittelt:

Gl. 58 $$C_{fct\ f} = \sum_j D_j . A_{f,fct\ f,j} \quad \text{(kJ/K)}$$

Dabei ist:

$C_{fct\ f}$ die effektive Wärmekapazität in kJ/K des Funktionsbereichs f;

D_j die effektive spezifische Wärmekapazität in kJ/(m².K), aufgeführt in

Tabelle [10]; der Standardwert beträgt 55 kJ/(m².K);

$A_{f,fct\ f,j}$ die Nutzfläche in m² des Teils j von Funktionsbereich f.

Die Werte aller Teile j, die zusammen die Nutzfläche des Funktionsbereichs f bilden, sind zu addieren.

Tabelle [10]: Effektive spezifische Wärmekapazität D_j in kJ/(m².K) pro Nutzflächeneinheit

Mindestmasse der Decken- und Fußbodenstruktur pro Nutzflächeneinheit (kg/m²)	Geschlossene abgehängte Decke und aufgeständerter Doppelboden	Geschlossene abgehängte Decke oder aufgeständerter Doppelboden	Weder geschlossene abgehängte Decke noch aufgeständerter Doppelboden
Unter 100	55	55	55
100 bis 400	55	110	180
Über 400	55	180	360

Eine abgehängte Decke gilt als geschlossen, wenn weniger als 15 % der Nettofläche der Decke offen ist.

5.9.3 Effektive Wärmekapazität auf der Grundlage einer detaillierten Berechnung

Die effektive Wärmekapazität in kJ/K des Funktionsbereichs f, $C_{fct\ f}$, wird als Summe der aktiven Masse aller Tragwerkselemente, die sich im Funktionsbereich f befinden oder die den Funktionsbereich f umschließen, wie folgt berechnet, wobei die nichttragenden Innenwände nicht berücksichtigt werden:

Gl. 59 $$C_{fct\ f} = \sum_k \rho_k . c_k . d_k . A_k \quad \text{(kJ/K)}$$

Dabei ist:

$C_{fct\ f}$ die effektive Wärmekapazität in kJ/K des Funktionsbereichs f;

ρ_k die Volumenmasse eines Bauteils k in kg/m³;

c_k die spezifische Wärmekapazität eines Bauteils k in kJ/kg.K;

d_k die aktive Dicke des Bauteils k in m, die der Dicke des Bauelements entspricht, sofern der Wärmewiderstand des Bauelements, der senkrecht zur Innenfläche berechnet wird, kleiner als 0,25 m².K/W ist. Dabei darf d_k nicht größer als 100 mm sein und nicht mehr als die Hälfte der Gesamtdicke der Konstruktion ausmachen. Handelt es sich um abgehängte Deckenstrukturen, bei denen mindestens 15 % der Nettofläche offen sind, kann der Widerstand der offenen abgehängten Decke für die Ermittlung des Wärmewiderstands des Bauelements ab der Innenfläche außer Acht gelassen werden;

A_k die Fläche des Bauelements k in m².

Die Werte aller Bauelemente k mit Ausnahme nichttragender Wände, die sich im Funktionsbereich f befinden oder den Funktionsbereich f umschließen, sind zu addieren.

5.10 Monatlicher Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser

Bei der Berechnungsmethode wird der jährliche Nettogesamtbedarf jeder Warmwasserentnahmestelle in jedem Funktionsbereich direkt verwendet (in MJ ausgedrückt). Der monatliche Nettoenergiebedarf pro Warmwasserentnahmestelle wird auf der Grundlage des gewichteten jährlichen Bedarfs pro Anteil t_m/t_a berechnet. Der monatliche Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser ist

nachstehend angegeben, wobei zwischen dem Bedarf für Duschen und/oder Badewannen i, Küchenspülen j und jeder der anderen Warmwasserentnahmestellen k unterschieden wird:

- Für eine Dusche oder Badewanne i:

Gl. 60 $$Q_{water,bath\ i,net,m} = r_{water,bath\ i,net} \cdot f_{bath\ i,fct\ f} \cdot Q_{water,bath,net,fct\ f,a} \cdot \frac{t_m}{t_a} \quad (MJ)$$

- Für eine Küchenspüle j (wenn das Spülbecken Teil einer Küche ist, in der Mahlzeiten zubereitet werden):

Gl. 61 $$Q_{water,sink\ j,net,m} = r_{water,sink\ j,net} \cdot f_{sink\ j,fct\ f} \cdot Q_{water,sink,net,fct\ f,a} \cdot \frac{t_m}{t_a} \quad (MJ)$$

- Für eine andere Warmwasserentnahmestelle k:

Gl. 62 $$Q_{water,other\ k,net,m} = r_{water,other\ k,net} \cdot f_{other\ k,fct\ f} \cdot Q_{water,other,net,fct\ f,a} \cdot \frac{t_m}{t_a} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$Q_{water,bath\ i,net,m}$	der monatliche Nettoenergiebedarf in MJ für Brauchwarmwasser der Dusche oder Badewanne i;
$Q_{water,sink\ j,net,m}$	der monatliche Nettoenergiebedarf in MJ für Brauchwarmwasser der Küchenspüle j;
$Q_{water,other\ k,net,m}$	der monatliche Nettoenergiebedarf in MJ für Brauchwarmwasser einer Warmwasserentnahmestelle k;
$r_{water,bath\ i,net}$	ein Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung des Effekts des Vorheizens des der Dusche oder Badewanne i zugeführten kalten Wassers durch Wärmerückgewinnung aus dem Abfluss, der nach den vom Minister festgelegten Regeln zu ermitteln ist (-);
$r_{water,sink\ j,net}$	ein Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung des Effekts des Vorheizens des der Küchenspüle j zugeführten kalten Wassers durch Wärmerückgewinnung aus dem Abfluss, der nach den vom Minister festgelegten Regeln zu ermitteln ist (-);
$r_{water,other\ k,net}$	ein Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung des Effekts des Vorheizens des der Warmwasserentnahmestelle k zugeführten kalten Wassers durch Wärmerückgewinnung aus dem Abfluss, der nach den vom Minister festgelegten Regeln zu ermitteln ist (-);
$f_{bath\ i,fct\ f}$	der Anteil der Dusche oder Badewanne i am Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser insgesamt aller Duschen und Badewannen des Funktionsbereichs f, zu dem die betreffende Dusche oder Badewanne gehört, wie nachstehend ermittelt (-);
$f_{sink\ j,fct\ f}$	der Anteil der Küchenspüle j am Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser insgesamt aller Küchenspülen des Funktionsbereichs f, zu dem die betreffende Küchenspüle gehört, wie nachstehend ermittelt (-);
$f_{other\ k,fct\ f}$	der Anteil der Warmwasserentnahmestelle k am Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser insgesamt aller Warmwasserentnahmestellen des Funktionsbereichs f, zu dem die betreffende Warmwasserentnahmestelle gehört, wie nachstehend ermittelt (-);
$Q_{water,bath,net,fct\ f,a}$	der jährliche Nettoenergiebedarf in MJ für Brauchwarmwasser aller Duschen und Badewannen des Funktionsbereichs f, zu dem

	die betreffende Dusche oder Badewanne gehört, wie in 5.10.1 ermittelt;
$Q_{water,sink,net,fct\ f,a}$	der jährliche Nettoenergiebedarf in MJ für Brauchwarmwasser aller Küchenspülen j des Funktionsbereichs f, zu dem die betreffende Küchenspüle gehört, wie in 5.10.2 ermittelt;
$Q_{water,other,net,fct\ f,a}$	der jährliche Nettoenergiebedarf in MJ für Brauchwarmwasser aller Warmwasserentnahmestellen des Funktionsbereichs f, zu dem die betreffende Warmwasserentnahmestelle gehört, wie in 5.10.3 ermittelt;
t_m	die Länge des betreffenden Monats in Ms, siehe Tabelle [1];
t_a	die Länge des Jahres in Ms, die der Summe der 12 Werte t_m von Tabelle [1] entspricht, das heißt 31,536 Ms.

Besonderheit der Funktion „Unterricht“: der monatliche Nettoenergiebedarf dieser Funktionsbereiche für Brauchwarmwasser ($Q_{water,bath\ i,net,m}$, $Q_{water,sink\ j,net,m}$, $Q_{water,other\ k,net,m}$) wird während der Monate Juli und August als gleich Null betrachtet.

Die Anteile der verschiedenen Warmwasserentnahmestellen pro Funktionsbereich werden wie folgt ermittelt:

Gl. 63
$$f_{bath\ i,fct\ f} = \frac{1}{n_{bath,fct\ f}} \quad , \quad f_{sink\ j,fct\ f} = \frac{1}{n_{sink,fct\ f}} \quad \text{und}$$

$$f_{other\ k,fct\ f} = \frac{1}{n_{other,fct\ f}} \qquad (-)$$

Dabei ist:

$n_{bath,fct\ f}$	die Gesamtanzahl der Duschen und/oder Badewannen im Funktionsbereich f, (-);
$n_{sink,fct\ f}$	die Gesamtanzahl der Küchenspülen im Funktionsbereich f, (-);
$n_{other,fct\ f}$	die Gesamtanzahl der Warmwasserentnahmestellen im Funktionsbereich f, bei denen es sich weder um Duschen und/oder Badewannen noch um Küchenspülen handelt, (-).

5.10.1 Jährlicher Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser der Duschen und/oder Badewannen

Wenn ein Funktionsbereich Duschen und/oder Badewannen i aufweist, ist der jährliche Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser dieser Duschen und/oder Badewannen i pro Funktion in

Tabelle [11] definiert:

Tabelle [11]: Jährlicher Nettobedarf für Brauchwarmwasser und Anzahl der Nutzungstage - pro Funktion

Funktionen		$Q_{water,bath,net,fct\ f,a}$ **(MJ)**	$n_{day,fct\ f}$ **(-)**
Unterkunft		1604,59 . $n_{design,rooms}$	365
Büros		5606,00 . n_{bath}	260
Unterricht		5606,00 . n_{bath}	220
Gesundheitswesen	Mit nächtlicher Nutzung	962,75 . $n_{design,rooms}$	365
	Ohne nächtliche Nutzung	5606,00 . n_{bath}	260
	Operationssaal	7870,00 . n_{bath}	365
Versammlungsbereich	Starke Nutzung	6727,00 . n_{bath}	312
	Geringe Nutzung	6727,00 . n_{bath}	312
	Cafeteria/Speisesaal	5606,00 . n_{bath}	260
Küche		6727,00 . n_{bath}	312
Handel/Dienstleistungen		6727,00 . n_{bath}	312
Sportanlagen	Sporthalle/Turnhalle	6727,00 . n_{bath}	312
	Fitness/Tanz	6727,00 . n_{bath}	312
	Sauna/Schwimmbad	6727,00 . n_{bath}	312
Technikräume		7870,00 . n_{bath}	365
Gemeinsame Flächen		21,56 . max($n_{day,fct\ f}$) . n_{bath}	-
Sonstige		5606,00 . n_{bath}	260
Unbekannt		6727,00 . n_{bath}	312

Dabei ist:

$Q_{water,bath,net,fct\ f,a}$ der jährliche Nettoenergiebedarf in MJ für Brauchwarmwasser aller Duschen und Badewannen des Funktionsbereichs f;

$n_{design,rooms}$ die Gesamtanzahl der Personen, die sich in Räumen des Typs „Zimmer" des Funktionsbereichs f gemäß der maximalen Nutzung befinden, für die die Lüftungssysteme ausgelegt sind, (-);

n_{bath} die Gesamtanzahl der Duschen und/oder Badewannen im Funktionsbereich f, (-);

$n_{day,fct\ f}$ die Anzahl der Tage pro Jahr, an denen der Funktionsbereich f genutzt wird, (-).

Für die Funktion „Gemeinsame Flächen": Der jährliche Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser aller Duschen und Badewannen eines von dieser Funktion genutzten Funktionsbereichs ergibt sich, indem die maximale Anzahl von Tagen pro Jahr ermittelt wird, an denen dieser Funktionsbereich genutzt wird. Die Anzahl hängt von den Funktionen ab, die von diesem Funktionsbereich versorgt werden.

5.10.2 Jährlicher Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser der Küchenspülen

Wenn ein Raum des Typs „Küche" vorhanden ist, in dem Mahlzeiten zubereitet werden und in dem es ein oder mehrere Spülen (mit Warmwasser) gibt, muss für den Funktionsbereich, zu dem dieser Küchenraum gehört, ein zusätzlicher jährlicher

Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser berücksichtigt werden, das zur Zubereitung von Mahlzeiten in diesem Küchenraum notwendig ist.

Wenn dieser Küchenraum nur einen Funktionsbereich f versorgt, wird der jährliche Nettoenergiebedarf für das zur Zubereitung von Mahlzeiten notwendige Brauchwarmwasser für diese Küche wie folgt berechnet $_{fct\ f}$$_{fct\ f}$:

Gl. 64 $$Q_{water,sink,net,fct\ f,a} = n_{meal} \cdot n_{serv,fct\ f} \cdot Q_{water,sink,net,fct\ f,meal} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

n_{meal}	die Anzahl der pro Essensausgabe zubereiteten Mahlzeiten, wie nachstehend definiert, (-);
$n_{serv,fct\ f}$	die Anzahl der pro Tag gewährleisteten Essensausgaben. Diese Anzahl hängt von der versorgten Funktion ab und ist in Tabelle [12] aufgeführt, (-);
$Q_{water,sink,net,fct\ f,meal}$	der jährliche Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser in MJ, das zur Zubereitung von Mahlzeiten benötigt wird, pro Mahlzeit und für alle Küchenspülen des Funktionsbereichs f. Diese Anzahl hängt von der versorgten Funktion ab und ist in Tabelle [12] aufgeführt.

Wenn dieser Küchenraum mehrere Funktionsbereiche versorgt, wird der jährliche Nettoenergiebedarf für das zur Zubereitung von Mahlzeiten benötigte Brauchwarmwasser für diese Küche im Verhältnis zur Gesamtnutzfläche der versorgten Funktionsbereiche berechnet:

Gl. 65 $$Q_{water,sink,net,fct\ f,a} = \frac{n_{meal} \cdot \sum_{f} A_{f,fct\ f} \cdot (n_{serv,fct\ f} \cdot Q_{water,sink,net,fct\ f,meal})}{\sum_{f} A_{f,fct\ f}} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$A_{f,fct\ f}$	die Gesamtnutzfläche in m² des versorgten Funktionsbereichs f;
n_{meal}	die Anzahl der pro Essensausgabe zubereiteten Mahlzeiten, wie vorstehend definiert, (-);
$n_{serv,fct\ f}$	die Anzahl der pro Tag gewährleisteten Essensausgaben für jeden versorgten Funktionsbereich, wie in Tabelle [12] aufgeführt, (-);
$Q_{water,sink,net,fct\ f,meal}$	der jährliche Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser in MJ, das zur Zubereitung von Mahlzeiten benötigt wird, pro Mahlzeit und für jeden versorgten Funktionsbereich, wie in Tabelle [12] aufgeführt.

Die Werte aller von der Küche versorgten Funktionsbereiche f sind zu addieren.

Anzahl der pro Essensausgabe zubereiteten Mahlzeiten

Der Parameter n_{meal} hängt von der Nutzfläche der Räume ab, die für die Zubereitung der Mahlzeiten benötigt werden:

Gl. 66 Wenn $A_{f,sink} \leq 200\ m^2$: $$n_{meal} = \frac{A_{f,sink}}{1,85} \quad (-)$$

Wenn $200\ m^2 < A_{f,sink} \leq 450\ m^2$: $$n_{meal} = \frac{A_{f,sink}}{1,75} \quad (-)$$

Wenn $A_{f,sink} > 450\ m^2$: $$n_{meal} = \frac{A_{f,sink}}{1,55} \quad (-)$$

Dabei ist:

$A_{f,sink}$ die Nutzfläche der Räume in m², die für die Zubereitung der Mahlzeiten benötigt werden;

n_{meal} die Anzahl der pro Essensausgabe zubereiteten Mahlzeiten, (-).

Für die Berechnung dieser Fläche müssen alle Räume berücksichtigt werden, die zur Zubereitung der Mahlzeiten benötigt werden (falls im Gebäude vorhanden), sowie mindestens folgende Räume: Küche, Essensausgabe, Lagerung von Kühlprodukten, Lagerung von nicht gekühlten Produkten und Lieferung/Abfallbeseitigung.

Tabelle [12]: Anzahl der Essensausgaben pro Tag und jährlicher Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser der Küchenspülen pro Mahlzeit - pro versorgter Funktion

Funktionen		$n_{serv,fct\ f}$	$Q_{water,sink,net,fct\ f,meal}$ **(MJ)**
Unterkunft		1	761,85
Büros		1	544,18
Unterricht		1	544,18
Gesundheitswesen	Mit nächtlicher Nutzung	2	761,85
	Ohne nächtliche Nutzung	1	544,18
	Operationssaal	-	0,00
Versammlungsbereich	Starke Nutzung	2	653,02
	Geringe Nutzung	2	653,02
	Cafeteria/Speisesaal	1	544,18
Küche		Nicht zutreffend	
Handel/Dienstleistungen		1	653,02
Sportanlagen	Sporthalle/Turnhalle	2	653,02
	Fitness/Tanz	2	653,02
	Sauna/Schwimmbad	2	653,02
Technikräume		-	0,00
Gemeinsame Flächen		-	0,00
Sonstige		1	544,18
Unbekannt		1	544,18

5.10.3 Jährlicher Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser der anderen Warmwasserentnahmestellen (andere als Duschen und/oder Badewannen und Küchenspülen)

Wenn andere Warmwasserentnahmestellen als Duschen und/oder Badewannen und Küchenspülen im Funktionsbereich f vorhanden sind, muss der jährliche Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser insgesamt, das für diese anderen Warmwasserentnahmestellen benötigt wird, berücksichtigt werden.

Wenn keine anderen Warmwasserentnahmestellen als Duschen und/oder Badewannen und Küchenspülen im Funktionsbereich f vorhanden sind, gilt $Q_{water,net,other,fct\ f,a} = 0$.

Der jährliche Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser aller Warmwasserentnahmestellen k, mit Ausnahme der Duschen und/oder Badewannen i und der Küchenspülen j, ist je nach Funktion in Tabelle [13] festgelegt.

Tabelle [13]: Jährlicher Nettobedarf für Brauchwarmwasser aller anderen Warmwasserentnahmestellen - pro Funktion

Funktionen		$Q_{water,net,other,fct\ f,a}$ **(MJ)**
Unterkunft		$1069{,}73 \cdot n_{design,rooms}$
Büros		$5 \cdot A_{f,fct\ f}$
Unterricht		$5 \cdot A_{f,fct\ f}$
Gesundheitswesen	Mit nächtlicher Nutzung	$1444{,}13 \cdot n_{design,rooms}$
	Ohne nächtliche Nutzung	$54{,}58 \cdot A_{f,fct\ f}$
	Operationssaal	$5 \cdot A_{f,fct\ f}$
Versammlungsbereich	Starke Nutzung	$5 \cdot A_{f,fct\ f}$
	Geringe Nutzung	$5 \cdot A_{f,fct\ f}$
	Cafeteria/Speisesaal	$5 \cdot A_{f,fct\ f}$
Küche		$5 \cdot A_{f,fct\ f}$
Handel/Dienstleistungen		$5 \cdot A_{f,fct\ f}$
Sportanlagen	Sporthalle/Turnhalle	$5 \cdot A_{f,fct\ f}$
	Fitness/Tanz	$5 \cdot A_{f,fct\ f}$
	Sauna/Schwimmbad	$5 \cdot A_{f,fct\ f}$
Technikräume		$5 \cdot A_{f,fct\ f}$
Gemeinsame Flächen		$5 \cdot A_{f,fct\ f}$
Sonstige		$5 \cdot A_{f,fct\ f}$
Unbekannt		$5 \cdot A_{f,fct\ f}$

Dabei ist:

$Q_{water,net,other,fct\ f,a}$ der jährliche Nettoenergiebedarf in MJ für Brauchwarmwasser aller anderen Warmwasserentnahmestellen des Funktionsbereichs f;

$n_{design,rooms}$ die Gesamtanzahl der Personen, die sich in Räumen des Typs „Zimmer" des Funktionsbereichs f gemäß der maximalen Nutzung befinden, für die die Lüftungssysteme ausgelegt sind, (-);

$A_{f,fct\ f}$ die Gesamtnutzfläche des Funktionsbereichs f in m².

5.11 Monatlicher Nettoenergiebedarf für Luftbefeuchtung

Wenn die Gebäudeanlagen Einrichtungen zur Befeuchtung von Außenluft für die PEN-Einheit (oder einen Teil davon) umfassen, ergibt sich der monatliche Nettoenergiebedarf eines Geräts j für die Luftbefeuchtung wie folgt:

Gl. 67 $$Q_{hum,net,j,m} = 2,5 \cdot r_{hum} \cdot \sum_{f} X_{h,fct\ f,m} \cdot \dot{V}_{supply,j,fct\ f,design} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$Q_{hum,net,j,m}$	der monatliche Nettoenergiebedarf in MJ für einen Luftbefeuchter j;
r_{hum}	ein Reduktionsfaktor mit folgendem Wert: - wenn die Luftbefeuchtungsanlage für den Transport der Luftfeuchtigkeit von der Fortluft zur Zuluft ausgelegt ist: $r_{hum} = 0,4$; - ansonsten gilt: $r_{hum} = 1,0$;
$X_{h,fct\ f,m}$	die monatliche Menge an Luftfeuchtigkeit in kg.h/m³, die pro Volumenstromeinheit an Zuluft für den Funktionsbereich f bereitzustellen ist, aufgeführt in Tabelle [14];
$\dot{V}_{supply,j,fct\ f,design}$	der über den Luftbefeuchter j eintretende Auslegungsvolumenstrom an Außenluft in m³/h für den Funktionsbereich f.

Die Werte aller vom Luftbefeuchter j versorgten Funktionsbereiche f sind zu addieren.

Bemerkungen:

- Als Einrichtung zur Feuchterückgewinnung kann ein Rotationswärmetauscher in Betracht gezogen werden, auf den eine hygroskopische Schicht aufgebracht wurde;
- eine Rückführung zur Feuchterückgewinnung wird im Rahmen dieses Absatzes nicht berücksichtigt. Der Rückführungseffekt wurde bereits im anzuwenden Luftvolumenstrom berücksichtigt.

Tabelle [14]: Monatswerte der Menge an Luftfeuchtigkeit in kg.h/m³, die pro Luftvolumenstromeinheit $X_{h,fct\ f,m}$ pro Funktion zuzuführen ist

Funktionen		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Unterkunft		0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Büros		0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
Unterricht		0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
Gesundheitswesen	Mit nächtlicher Nutzung	0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
	Ohne nächtliche Nutzung	0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
	Operationssaal	0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
Versammlungsbereich	Starke Nutzung	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
	Geringe Nutzung	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
	Cafeteria/Speisesaal	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Küche		0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Handel/Dienstleistungen		0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Sportanlagen	Sporthalle/Turnhalle	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
	Fitness/Tanz	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
	Sauna/Schwimmbad	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Technikräume		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gemeinsame Flächen		0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Sonstige		0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
Unbekannt		0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14

6 Bruttoenergiebedarf für Heizung, Kühlung und Brauchwarmwasser

6.1 Prinzip

Heiz- und Kühlanlagen können sehr schnell sehr komplex werden. Aus diesem Grund werden die Anlagen in diesem Kapitel in energetischer Hinsicht schematisch bewertet. Der Wirkungsgrad des Systems stellt die Energieverschwendung aufgrund des gleichzeitigen Heizens und Kühlens eines Energiesektors und der Energieverluste durch die Wärme- oder Kälteübertragung innerhalb eines Energiesektors dar. Die Berechnungen werden anhand von konstanten jährlichen Durchschnittswerten durchgeführt.

Eine Brauchwarmwasseranlage besteht aus folgenden Komponenten:

- einer Wärmeerzeugungsanlage. Hier sind zwei Arten zu unterscheiden: Durchlauferhitzer und Speichergeräte. In beiden Fällen kann der für die Raumheizung verwendete Wärmeerzeuger auch die Wärme für das Brauchwarmwasser erzeugen oder es gibt für Heizung und Brauchwarmwasser jeweils einen eigenen Wärmeerzeuger;
- einem Verteilersystem. Wenn dieses System über große Entfernungen geführt wird, wird oft eine Zirkulationsleitung vorgesehen.

Der Bruttoenergiebedarf für Brauchwarmwasser umfasst den Nettoenergiebedarf für Brauchwarmwasser sowie alle bei der Verteilung entstehenden Verluste. Diese Verluste werden mit dem Wirkungsgrad des Systems berechnet. Wenn die Brauchwarmwasserbereitung durch mehrere Anlagen erfolgt, werden jeder Anlage die Warmwasserentnahmestellen zugeordnet, die sie versorgt.

6.2 Ermittlung des Bruttoenergiebedarfs für Heizung und Kühlung

Der Bruttoenergiebedarf für Heizung und Kühlung pro Monat und pro Energiesektor ergibt sich wie folgt:

Gl. 68 $$Q_{heat,gross,seci,m} = \frac{Q_{heat,net,seci,m}}{\eta_{sys,heat}} \quad \text{(MJ)}$$

und:

Gl. 303 $$Q_{cool,gross,seci,m} = \frac{a_{lat,cool} \cdot Q_{cool,net,fct\ f,m}}{\eta_{sys,cool}} \quad \text{(MJ))}$$

Dabei ist:

$Q_{heat,gross,seci,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Heizung des Energiesektors i;
$Q_{heat,net,seci,m}$	der Nettoenergiebedarf in MJ für Heizung (unter Berücksichtigung der Zeitheizung) des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 5.4;
$\eta_{sys,heat}$	der Wirkungsgrad des Heizsystems, ermittelt gemäß § 6.3, (-);
$Q_{cool,gross,seci,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 5.1;
$a_{lat,cool}$	ein pauschaler Erhöhungsbeiwert zur Berücksichtigung der latenten Energie, die per Oberflächenkondensation von Kältemaschinen und Luftentfeuchtern freigesetzt wird. Wenn die durchschnittliche Temperatur des Kältemittels bei Nennbetrieb der Kältemaschine unter 15 °C liegt bzw. eine

	aktive Kühlung der Luftzufuhr stattfindet, beträgt dieser Wert 1,1, andernfalls 1,0 (-).
$Q_{cool,net,seci,m}$	der monatliche Nettoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 5.4;
$\eta_{sys,cool}$	der Wirkungsgrad des Kühlsystems, ermittelt gemäß § 6.3, (-).

6.3 Wirkungsgrade des Heiz- und Kühlsystems

Der Wirkungsgrad des Heiz- und Kühlsystems, $\eta_{sys,heat}$ und $\eta_{sys,cool}$, wird für jedes System anhand eines Annihilationsfaktors und des Verhältnisses zwischen einerseits dem jährlichen Nettoenergiebedarf für Heizung bzw. Kühlung und andererseits der Summe des Nettoenergiebedarfs für Kühlung und Heizung wie folgt ermittelt:

Gl. 70 $$\eta_{sys,heat} = \frac{1.0}{1.0 + a_{heat} + f_{annih}/f_{heat,net}} \quad (-)$$

und:

Gl. 71 $$\eta_{sys,cool} = \frac{1.0}{1.0 + a_{cool} + f_{annih}/f_{cool,net}} \quad (-)$$

Dabei ist:

a_{heat}	der Ausdruck für die Verluste der Zirkulationsleitungen, die Verluste der Zufuhrleitungen und die Regelung für das Wärmeverteilungssystem, wie nachstehend ermittelt, (-);
f_{annih}	der Annihilationsfaktor der Energie, der sich aus dem gleichzeitigen Heizen und Kühlen ergibt, wie nachstehend ermittelt, (-);
$f_{heat,net}$	der Anteil des Nettoenergiebedarfs für Heizung im Verhältnis zum Nettoenergiebedarf insgesamt für Heizung und Kühlung, ermittelt gemäß § 6.4;
a_{cool}	der Ausdruck für die Verluste der Zirkulationsleitungen, die Verluste der Zufuhrleitungen und die Regelung für das Kälteverteilungssystem, wie nachstehend ermittelt, (-);
$f_{cool,net}$	der Anteil des Nettoenergiebedarfs für Kühlung im Verhältnis zum Nettoenergiebedarf insgesamt für Heizung und Kühlung, ermittelt gemäß § 6.4.

Für Systeme, bei denen die geforderte Temperatur für die Luftzufuhr durch Mischen eines geheizten Luftstroms und eines gekühlten Luftstroms erreicht wird, gilt:

- $f_{annih} = 0,4$;
- $a_{heat} = 0$;
- $a_{cool} = 0$.

Für alle anderen Systeme werden die Faktoren f_{annih}, a_{heat} und a_{cool} Tabelle [15] und Tabelle [16] entnommen.

Tabelle [15]: Annihilationsfaktoren, f_{annih}, und Verteilungsverluste, a_{heat} und a_{cool}, für Heizung und Kühlung

		Heizung	
		Lokale Erzeugung	Zentrale Erzeugung
Kühlung	Lokale Erzeugung	$f_{annih} = 0$ $a_{heat} = 0$ $a_{cool} = 0$	Tabelle [16], Reihe 1 oder 5
	Zentrale Erzeugung	$f_{annih} = 0$ $a_{heat} = 0$ $a_{cool} = 0$	Tabelle [16], Reihe 2,3,4,6,7,8
	Keine	$f_{annih} = 0$ $a_{heat} = 0$ $a_{cool} = 0$	Tabelle [16], Reihe 1 oder 5

Tabelle [16]: Annihilationsfaktoren, f_{annih}, und Verteilungsverluste, a_{heat} und a_{cool}, für Heizung bzw. Kühlung bei zentraler Erzeugung

Nummer des Systems	Wärmeübertragung durch	Kälteübertragung durch	Regulierung von Heizung und Kühlung pro Raum	Annihilationsfaktor f_{annih}	Gewichtungsfaktor für Verluste von Zirkulations- und Zufuhrleitungen	
					Heizung a_{heat}	Kühlung a_{cool}
1	Wasser oder Wasser und Luft	N.Z.°	ja	0,00	0,08	0,00
			nein	0,00	0,25	0,00
2		Wasser	ja	0,04	0,13	0,06
3		Luft	ja	0,00	0,13	0,06
			nein	0,00	0,25	0,06
4		Wasser und Luft	ja	0,04	0,13	0,07
5	Luft	N.Z.°	ja	0,00	0,04	0,00
			nein	0,00	0,34	0,00
6		Wasser	ja	0,10	0,09	0,06
7		Luft	ja	0,00	0,04	0,01
			nein	0,00	0,39	0,01
8		Wasser und Luft	ja	0,10	0,09	0,07

° N.Z. : nicht zutreffend

Wenn bei den Systemen von Tabelle [16] ein Kältemittel anstelle von Wasser als Wärmeübertragungsmedium verwendet wird, müssen die Werte von Tabelle [16] wie folgt korrigiert werden:

- der Wert von a_{heat} wird um 0,08 verringert;
- der Wert von a_{cool} wird um 0,01 verringert.

„Regelung von Heizung und Kühlung pro Raum" bedeutet, dass der Volumenstrom und/oder die Temperatur des Wärmeübertragungsmediums (oder

Kälteübertragungsmediums) auf Raumebene in Abhängigkeit von einerseits der tatsächlichen Temperatur und andererseits der gewünschten Raumtemperatur geregelt wird.

Bei Systemen, deren Konfiguration im Sommer und im Winter unterschiedlich ist, müssen die Annihilationsfaktoren angewendet werden, die der Nummer des Systems im Winter entspricht.

Bei Systemen, die unter keine der in diesem Kapitel beschriebenen Kategorien fallen, muss der Wirkungsgrad des Systems für Heizung und Kühlung nach den vom Minister festgelegten Regeln bewertet werden oder, wenn keine Regeln festgelegt wurden, auf der Grundlage eines Antrags auf Anwendung des Äquivalenzprinzips.

Bemerkungen:

1. Unter „Wärmeübertragung durch Wasser" versteht man: auf Raumebene erfolgt eine (Nach)Heizung durch Heizkörper im Raum, Heizelemente in der zirkulierenden Luft (Gebläsekonvektoren, Induktionsgeräte), ein Nachheizregister in der Luftzufuhrleitung oder sonstiges.

2. Unter „Wärmeübertragung durch Luft" versteht man: die zentrale Luftbehandlungsanlage enthält eine Vorrichtung (Heizregister und/oder Wärmerückgewinnungsgerät) zum Erwärmen der Zuluft (dies ist bei einer mechanischen Lüftung fast immer der Fall).

3. Unter „Kälteübertragung durch Wasser" versteht man: auf Raumebene erfolgt eine (Nach)Kühlung durch Kühlregister in der Zufuhrleitung, Kühlregister in der zirkulierenden Luft (Gebläsekonvektoren oder Induktionsgeräte mit Kühlregister), Kühldecken mit Wasserzirkulation oder sonstiges. Kühldecken mit Luftzirkulation sind nicht in dieser Kategorie enthalten.

4. Unter „Kälteübertragung durch Luft" versteht man: eine zentrale Luftbehandlungsanlage enthält eine Vorrichtung (Kühlregister) zum Kühlen und/oder Entfeuchten der Zuluft.

Die Systemeffizienz eines Systems als "combilus" wird entsprechend den vom Minister festgelegten Regeln bestimmt. Mit "combilus", ein gemeinsames Antriebszirkulationsmittel (in dem Sinne, dass mehrere PEB-Einheiten mit dem gleichen Gerät mit Strom versorgt werden oder die combilus combilus dient eine kollektive Wohneinheit), die Wärme für Heizung bietet und für Warmwasser .

6.4 Anteile des Nettoenergiebedarfs für Heizung und Kühlung

6.4.1 Anteil des Nettoenergiebedarfs für Kühlung

Für den Energiesektor wird das Verhältnis zwischen dem *jährlichen* Nettoenergiebedarf für Kühlung und der Summe des *jährlichen* Nettoenergiebedarfs für Heizung und Kühlung wie folgt ermittelt:

Gl. 72 $$f_{cool,net} = 1 - f_{heat,net}$$ (-)

Dabei ist:

$f_{cool,net}$ der Anteil des Nettoenergiebedarfs für Kühlung im Verhältnis zum Nettoenergiebedarf insgesamt für Heizung und Kühlung;

$f_{heat,net}$ der Anteil des Nettoenergiebedarfs für Heizung im Verhältnis zum Nettoenergiebedarf insgesamt für Heizung und Kühlung, ermittelt gemäß § 6.4.2.

6.4.2 Anteil des Nettoenergiebedarfs für Heizung

Für den Energiesektor wird das Verhältnis zwischen dem *jährlichen* Nettoenergiebedarf für Heizung und der Summe des *jährlichen* Nettoenergiebedarfs für Heizung und Kühlung wie folgt ermittelt:

Gl. 73 $$f_{heat,net} = \max\left(0,1 ; \min\left(\frac{Q_{heat,net,seci,a}}{Q_{heat,net,seci,a} + Q_{cool,net,seci,a}} ; 0,9\right)\right) \quad (-)$$

Dabei ist:

Gl. 74 $$Q_{heat,net,seci,a} = \sum_{m=1}^{12} Q_{heat,net,seci,m} \quad (MJ)$$

und:

Gl. 75 $$Q_{cool,net,seci,a} = \sum_{m=1}^{12} Q_{cool,net,seci,m} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$f_{heat,net}$ der Anteil des jährlichen Nettoenergiebedarfs für Heizung im Verhältnis zum jährlichen Nettoenergiebedarf insgesamt für Heizung und Kühlung, (-);

$Q_{heat,net,seci,a}$ der jährliche Nettoenergiebedarf in MJ für Heizung des Energiesektors i;

$Q_{cool,net,seci,a}$ der jährliche Nettoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Energiesektors i;

$Q_{heat,net,seci,m}$ der Nettoenergiebedarf in MJ für Heizung (unter Berücksichtigung der Zeitheizung) des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 5.1;

$Q_{cool,net,seci,m}$ der monatliche Nettoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 5.2.3.

6.5 Ermittlung des Bruttoenergiebedarfs für Brauchwarmwasser

Für Duschen und/oder Badewannen i (Index „bath") und Küchenspülen j (Index „sink") wird der Bruttoenergiebedarf für Brauchwarmwasser nach der gleichen Methode wie für PER-Einheiten berechnet. Es gilt somit Anlage A.1 § 9.3 des vorliegenden Erlasses.

Für die anderen Warmwasserentnahmestellen k (Index „other") wird ebenfalls Anlage A.1 § 9.3 des vorliegenden Erlasses angewendet, dabei werden jedoch die Formeln, die sich auf die Küchenspülen beziehen (Index „sink" in Anlage A.1 des vorliegenden Erlasses), übertragen und der Beitrag der Brauchwasserleitungen zum Wirkungsgrad des Systems wird wie folgt ermittelt:

$$\eta_{tubing,other\ i} = \frac{20}{20 + l_{tubing,other\ i}/r_{water,other\ i,net}}$$

Gl. 304 (-)

Dabei ist:

$l_{tubing,other\ i}$ Länge der Leitungen bis zu einer anderen Warmwasserentnahmestelle i in m. Ohne Zirkulationsleitung: Länge gleich Summe der kürzesten Entfernungen in der Horizontalen und in der Vertikalen zwischen dem betreffenden Wärmeerzeuger für Brauchwarmwasser und der Fußbodenmitte des Raumes, in dem sich die Warmwasserentnahmestelle i befindet. Alternativ kann man auch die tatsächliche Länge der Leitung ansetzen. Mit Zirkulationsleitung: Länge gleich Summe der kürzesten Entfernungen in der Horizontalen und in der Vertikalen zwischen dem betreffenden Abzweig in der Zirkulationsleitung und der Fußbodenmitte des Raumes, in dem sich die Warmwasserentnahmestelle i befindet. Alternativ kann man auch die tatsächliche Länge der Leitung ansetzen.

$r_{water,other\ i,net}$ Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung des Effekts der Vorheizung des der Warmwasserentnahmestelle i zugeführten kalten Wassers durch Wärmerückgewinnung aus dem Abfluss, ermittelt nach den vom Minister festgelegten Regeln. (-).

Als Standardwerte werden verwendet:

- $l_{tubing,other\ i}$ = 20 m

7 Endenergieverbrauch für Heizung, Kühlung, Luftbefeuchtung und Brauchwarmwasser

7.1 Prinzip

Zur Berechnung des Erzeugungswirkungsgrads in einer Energiezone stützt man sich auf die Erzeugungswirkungsgrade der Geräte, welche die Energiezone mit Wärme oder Kälte versorgen.

Vereint die Anlage verschiedene Arten von Wärme- oder Kälteerzeugern, wird der Bruttobedarf auf herkömmliche Weise zwischen dem Haupterzeuger und dem/n Nebenerzeuger(n) aufgeteilt. Werden bei der Kälteerzeugung verschiedene Arten von Nebenerzeugern eingesetzt, berücksichtigt man bei der Betrachtung der Nebenenergie ausschließlich den Kälteerzeuger, der in Bezug auf das Verhältnis zwischen dem Faktor für die Umrechnung in Primärenergie (f_p) und dem Erzeugungswirkungsgrad den geringsten Wert aufweist. Werden bei der Wärmeerzeugung verschiedene Arten von Nebenerzeugern eingesetzt, wird jedem Nebenerzeuger ein Teil der Nebenerzeugung gemäß § 7.3.1 zugewiesen.

Der Endenergieverbrauch für die Luftbefeuchtung wird gegebenenfalls auf gleiche Weise berechnet.

Bei der Erweiterung eines Gebäudes können folgende Fälle auftreten:

- werden neue Wärme- und/oder Kälteerzeuger installiert, die unabhängig von den bestehenden Vorrichtungen funktionieren, wird das nachstehende Verfahren in vollem Umfang angewendet;
- werden neue Wärme- und/oder Kälteerzeuger installiert, die kombiniert mit den bestehenden Vorrichtungen betrieben werden, muss das nachstehende Verfahren ohne Berücksichtigung der bestehenden Geräte angewendet werden;
- werden keine zusätzlichen Vorrichtungen installiert, sondern nur die bestehenden Vorrichtungen genutzt, kann wahlweise folgendes Verfahren angewendet werden:
  - Anwendung des nachstehenden Verfahrens auf die bestehenden Vorrichtungen, wenn alle notwendigen Informationen eindeutig vorliegen,
  - Berechnung mit folgenden Standardwerten:
    - $\eta_{gen,heat}$ = 0,77 (im Verhältnis zum höheren Heizwert) mit Heizöl als Energieträger,
    - $\eta_{gen,cool}$ = 2,2, mit Strom als Energieträger.

7.2 Monatlicher Endenergieverbrauch für Heizung, Kühlung und Luftbefeuchtung

7.2.1 Heizung und Luftbefeuchtung

Wenn ein Energiesektor von mehreren Wärmeerzeugern mit Wärme versorgt wird und diese Vorrichtungen nicht alle denselben Erzeugungswirkungsgrad im Sinne von § 7.5 haben und/oder nicht alle denselben Energieträger nutzen, wird der Bruttoenergiebedarf für Heizung üblicherweise wie unten beschrieben zwischen den Hauptwärmeerzeugern und den Nebenwärmeerzeugern aufgeteilt.

Dieses Vorgehen wird beibehalten, auch wenn nur ein Wärmeerzeuger vorhanden ist oder wenn alle Wärmeerzeuger gemäß § 7.5 denselben Wirkungsgrad haben (und denselben Energieträger verwenden). Diese(r) (Gruppe von) Wärmeerzeuger(n) bilden somit den Hauptwärmeerzeuger und decken den Bedarf zu 100 %. Dem Nebenwärmeerzeuger (nicht definiert) wird ein Bedarf von 0 % zugeschrieben.

Anmerkung: Mehrere elektrische Widerstandsheizgeräte werden also gemeinsam als ein einziger isolierter Wärmeerzeuger betrachtet. Ebenso wird eine Gruppe identischer Heizkessel als ein einziger Wärmeerzeuger behandelt.

Eine ähnliche Methode wird bei Luftbefeuchtungsanlagen angewendet.

Der Endenergieverbrauch für Heizung pro Monat und pro Energiesektor ergibt sich wie folgt:

Gl. 77
$$Q_{heat,final,seci,m,pref} = \frac{f_{heat,m,pref} \cdot \left(1 - f_{as,heat,seci,m}\right) \cdot Q_{heat,gross,seci,m}}{\eta_{gen,heat,pref}} \quad (MJ)$$

Gl. 305
$$Q_{heat,final,seci,m,npref} = \sum_{k} \frac{f_{heat,m,npref\ k} \cdot \left(1 - f_{as,heat,seci,m}\right) \cdot Q_{heat,gross,seci,m}}{\eta_{gen,heat,npref\ k}} \quad (MJ)$$

Der Endenergieverbrauch für Luftbefeuchtung pro Luftbefeuchter ergibt sich wie folgt:

Gl. 79
$$Q_{hum,final,j,m,pref} = \frac{f_{heat,m,pref} \cdot \left(1 - f_{as,hum,j,m}\right) \cdot Q_{hum,net,j,m}}{\eta_{gen,heat,pref}} \quad (MJ)$$

Gl. 306
$$Q_{hum,final,j,m,npref} = \sum_{k} \frac{f_{heat,m,npref\ k} \cdot \left(1 - f_{as,hum,j,m}\right) \cdot Q_{hum,net,j,m}}{\eta_{gen,heat,npref\ k}} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$Q_{heat,final,seci,m,pref}$	der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des/der Hauptwärmeerzeuger(s) für Heizung des Energiesektors i;
$f_{heat,m,pref}$	der durchschnittliche monatliche Anteil der von dem/den angeschlossenen Hauptwärmeerzeuger(n) abgegebenen Gesamtwärmemenge, wie in 7.3.1 ermittelt, (-);
$f_{as,m}$	der Anteil des Gesamtwärmebedarfs, der von einem Solarthermiesystem abgedeckt wird, ermittelt wie nachstehend beschrieben. Die Indizes „heat, sec i" und „hum,j" der abgegebenen Wärmemenge entsprechen dem Energiesektor i bzw. dem Luftbefeuchter j;
$Q_{heat,gross,seci,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Heizung des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 6.2;
$\eta_{gen,heat,pref}$	der Erzeugungswirkungsgrad des/der Hauptwärmeerzeuger(s), ermittelt gemäß § 7.5.1, (-);
$Q_{heat,final,seci,m,npref}$	der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des/der Nebenwärmeerzeuger(s) für Heizung des Energiesektors i;
$\eta_{gen,heat,npref,k}$	der Erzeugungswirkungsgrad des/der Nebenwärmeerzeuger(s), ermittelt gemäß § 7.5.1, (-);
$f_{heat,m,npref\ k}$	der monatliche Anteil an der Wärmeerzeugung, der von dem/den Nebenerzeuger(n) k insgesamt übernommen wird, gemäß § 7.3.1 ermittelt (-)
$Q_{hum,final,j,m,pref}$	der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des/der Hauptwärmeerzeuger(s) für den Luftbefeuchter j;

$Q_{hum,net,j,m}$	der monatliche Nettoenergiebedarf in MJ für Luftbefeuchtung eines Luftbefeuchters j, ermittelt gemäß § 5.11;
$Q_{hum,final,j,m,npref}$	der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des/der Nebenwärmeerzeuger(s) für den Luftbefeuchter j.

Die Werte aller Nebenwärmeerzeuger k sind zu addieren.

Nur qualitativ hochwertige Solarthermiesysteme werden für die Berechnung des monatlichen Nutzenergiebeitrags eines Solarthermiesystems berücksichtigt. Der Minister kann Regeln zur Ermittlung der Qualität der Solarthermiesysteme festlegen. Der Minister kann die Bedingungen festlegen, die ein Solarthermiesystem erfüllen muss, um als qualitativ hochwertiges Solarthermiesystem zu gelten.

Der monatliche Nutzenergiebeitrag (Solaranteil) eines aktiven Solarthermiesystems muss anhand emäß vereinfachten Ansatz zu § 10.4.1.1 Anhang A.1. L'énergie. Die Energie von Hilfseinrichtungen (z. B. Umwälzpumpe) muss außerdem mit dem Primärenergie-Umrechnungsfaktor für Strom multipliziert und bei der Ermittlung des monatlichen Nutzenergiebeitrags abgezogen werden. Wenn keine thermische Solaranlage vorhanden ist, die zur Wärmeerzeugung eines Energiesektors i beiträgt, oder kein Luftbefeuchter j vorhanden ist, betragen die Anteile $f_{as,heat,sec\ i,m}$ und $f_{as,hum,j,m}$ null.

7.2.2 Kühlung

Ein Kälteerzeuger kann in der Betriebsart „Free-chilling" betrieben werden.

Free-chilling ist eine Kühltechnik, bei der das Kühlwasser ohne Kältemaschine gekühlt wird. Es gibt drei Arten von Free-chilling:

- Free-chilling durch Luft: Bei dieser Technik wird Luft als Kältequelle verwendet. Der Kühlwasserkreislauf wird durch einen Kühlturm oder Luftkühler (Dry cooler) gekühlt;
- Geocooling, geschlossene Systeme: Bei dieser Technik wird der Erdboden als Kältequelle verwendet. Der Kühlwasserkreislauf wird durch einen oder mehrere unterirdische Wärmetauscher gekühlt;
- Geocooling, offene Systeme: Bei dieser Technik wird Grundwasser als Kältequelle verwendet. Der Kühlwasserkreislauf wird durch Grundwasser gekühlt, das hochgepumpt und dann wieder zurückgeleitet wird.

Die beiden ersten beschriebenen Formen werden nur in Verbindung mit einer Kältemaschine berücksichtigt.

Wenn ein Energiesektor von mehreren Kälteerzeugern mit Kälte versorgt wird und diese Kälteerzeuger nicht alle denselben Erzeugungswirkungsgrad im Sinne von § 7.5 haben und/oder nicht alle denselben Energieträger nutzen und/oder mit einer anderen Free-chilling-Form kombiniert werden, wird der Bruttoenergiebedarf für Kühlung üblicherweise wie unten beschrieben zwischen den Hauptkälteerzeugern und den Nebenkälteerzeugern aufgeteilt.

Dieses Vorgehen wird beibehalten, auch wenn nur ein Kälteerzeuger vorhanden ist oder wenn alle Kälteerzeuger gemäß § 7.5 denselben Wirkungsgrad haben (und denselben Energieträger verwenden und nicht mit anderen Free-chilling-Formen kombiniert werden). Diese(r) (Gruppe von) Kälteerzeuger(n) bilden somit den Hauptkälteerzeuger und decken den Bedarf zu 100 %. Dem Nebenkälteerzeuger (nicht definiert) wird ein Bedarf von 0 % zugeschrieben.

Gl. 81 $$Q_{cool,final,sec\ i,m,pref} = f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \cdot \frac{Q_{cool,gross,sec\ i,m}}{\eta_{gen,cool,m,pref}}$$ (MJ)

Gl. 82 $$Q_{cool,final,sec\ i,m,npref} = \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \cdot \frac{Q_{cool,gross,sec\ i,m}}{\eta_{gen,cool,m,npref}}$$ (MJ)

Dabei ist:

$Q_{cool,final,seci,m,pref}$	der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des/der Hauptkälteerzeuger(s) für Kühlung des Energiesektors i;
$f_{cool,pref}$	der durchschnittliche jährliche Anteil der von dem/den angeschlossenen Hauptkälteerzeuger(n) abgegebenen Gesamtkältemenge, wie in § 7.3.2 ermittelt, (-);
$f_{cool,m,free,pref}$	der durchschnittliche monatliche Anteil der von dem/den angeschlossenen Hauptkälteerzeuger(n) in der Betriebsart Free-chilling abgegebenen Gesamtenergiemenge, wie in 7.4 ermittelt, (-);
$f_{cool,m,free,npref}$	der durchschnittliche monatliche Anteil der von dem/den angeschlossenen Hauptkälteerzeuger(n) in der Betriebsart Free-chilling abgegebenen Gesamtenergiemenge, wie in 7.4 ermittelt, (-);
$Q_{cool,gross,seci,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 6.2;
$\eta_{gen,cool,pref}$	der monatliche Erzeugungswirkungsgrad des/der Hauptkälteerzeuger(s), ermittelt gemäß § 7.5.2, (-);
$Q_{cool,final,seci,m,npref}$	der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des/der Nebenkälteerzeuger(s) für Kühlung des Energiesektors i;
$\eta_{gen,cool,m,npref}$	der monatliche Erzeugungswirkungsgrad des/der Nebenkälteerzeuger(s), ermittelt gemäß § 7.5.2, (-).

7.3 Aufteilung des Bruttoenergiebedarfs zwischen Haupt- und Nebenerzeugern

7.3.1 Heizung

Der monatliche Anteil der vom Haupterzeuger insgesamt produzierten Wärmemenge wird wie folgt bestimmt:

- Wenn nur ein Wärmeerzeuger für den betreffenden Energiesektor vorhanden ist oder wenn alle Wärmeerzeuger denselben Erzeugungswirkungsgrad im Sinne von § 7.5 haben (und denselben Energieträger verwenden), gilt für den durchschnittlichen monatlichen Hauptanteil für die Heizung wie folgt:

$$f_{heat,m,pref} = 1{,}0$$

- ansonsten gilt:
  - Wenn es sich bei dem Hauptwärmeerzeuger weder um eine gebäudegebundene Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung noch um eine Wärmepumpe handelt, die Außenluft als Wärmequelle nutzt, sind die Werte für $f_{heat,m,pref}$ der

o Tabelle [47] zu entnehmen. Bei der Anwendung der

- Tabelle [47] ist eine lineare Interpolation der Zwischenschwerte für x_m durchzuführen.
- Wenn es sich bei dem Hauptwärmeerzeuger um eine Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung handelt, sind die Werte für $f_{heat,m,pref}$ der

- Tabelle [18] zu entnehmen.
- Wenn es sich bei dem Hauptwärmeerzeuger um eine Wärmepumpe handelt, die Außenluft als Wärmequelle nutzt, sind die Werte für $f_{heat,m,pref}$ der **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** zu entnehmen. Bei der Anwendung der **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ist eine lineare Interpolation der Zwischenschwerte für x_m durchzuführen.

Wenn der Hauptwärmeerzeuger mehr als einen Funktionsbereich mit Wärme versorgt, werden für $f_{heat,m,pref}$ die Werte für ein Nutzungsprofil mit schwankendem Bedarf angewendet, es sei denn, die Summe der Bodenflächen aller vom Haupterzeuger mit Wärme versorgten Funktionsbereiche ist zu mehr als 50 % einem Funktionsbereich mit konstantem Nutzungsprofil zuzuordnen. In diesem Fall werden für $f_{heat,m,pref}$ die Werte für Funktionsbereiche mit konstantem Nutzungsprofil angewendet. Die Einteilung der Funktionsbereiche nach schwankendem oder konstanten Nutzungsprofil findet sich im Anschluss an diesen Absatz. Dieses Verfahren gilt nur für PEN-Einheiten. Sollte der Haupterzeuger PEN- und PER-Einheiten versorgen, wird $f_{heat,m,pref}$ für die PEN-Einheiten, wie in diesem Kapitel beschrieben, und für die PER-Einheiten gemäß § 10.2.2 von Anhang A.1 ermittelt.

Wenn der/die Nebenerzeuger nur in Betrieb ist/sind, wenn bei voller Leistung des Haupterzeugers dessen Leistung nicht ausreicht, um dem herrschenden Bedarf nachzukommen, wird die Regelung von Haupt- und Nebenerzeuger(n) als eine „Regelung für zusätzliche Spitzenleistung" angesehen. In allen anderen Fällen sowie grundsätzlich wird von einer „Regelung für Spitzenleistung" ausgegangen.

Die Werte für $f_{heat,m,pref}$ hängen immer von der Hilfsvariablen x_m ab, die wie folgt ermittelt wird:

Gl. 307
$$x_m = \frac{\left[\begin{array}{c}\sum_i(1-f_{as,heat,\,Sek.\,i,m})\cdot Q_{heat,gross,\,Sek.\,i,m} + \sum_j(1-f_{as,water,bath\,j,m})\cdot Q_{water,bath\,j,\,gross,m} + \\ \sum_k(1-f_{as,water,sink\,k,m})\cdot Q_{water,sink\,k,\,gross,m} + \sum_l(1-f_{as,water,other\,l,m})\cdot Q_{water,other\,l,\,gross,m} + \\ \sum_n(1-f_{as,hum,n,m})\cdot Q_{hum,net,n,m} + \sum_o \frac{f_{cool,pref}\cdot Q_{cool,gross,\,Sek.\,o,m}}{EER_{Name}}\end{array}\right]}{(1000\cdot P_{gen,heat,pref}\cdot t_m)} \quad (-)$$

Dabei ist:

x_m	die Hilfsvariable für die Ermittlung des Wärmebedarfsanteils, den der Hauperzeuger abdeckt: der Wärmebedarf geteilt durch die „virtuelle" Produktion des Erzeugers bei ununterbrochener maximaler Leistung während des betroffenen Monats (-)
$f_{as,[\ldots],m}$	der Anteil des Wärmebedarfs, der durch eine thermische Solaranlage abgedeckt wird. Er wird gemäß § 10.4 von Anhang A.1 zum vorliegenden Erlass (im Anschluss an Wärmebedarf einer PER-Einheit) oder gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** des vorliegenden Anhangs (im Anschluss an Wärmebedarf einer PER-Einheit) ermittelt. Mit einer der folgenden Kenngrößen anstelle von […]: die Kenngröße „heat,sec i" für den Wärmebedarf der Energiezone i, die Kenngrößen „water,bath j", „water,sink k" und "water,other l" für die Brauchwarmwassererzeugung für jeweils Dusche oder Bad j, Küchenspüle k und andere Entnahmestellen l und die Kenngröße "hum,n" für den Wärmebedarf zur Befeuchtung eines Geräts n (-)
$Q_{heat,gross,seci,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf für die Heizung der Energiezone i in MJ - er wird gemäß § 9.2.1 von Anhang A.1 zum vorliegenden Erlass für PER-Einheiten und gemäß § 6.2 des vorliegenden Anhangs für PEN-Einheiten ermittelt
$Q_{water,bath\,j,gross,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf für Brauchwarmwasser für Duschen und Badewannen j in MJ - er wird gemäß § 9.3.1 von Anhang A.1 zum vorliegenden Erlass für PER-Einheiten und gemäß § 6.5 des vorliegenden Anhangs für PEN-Einheiten ermittelt

$Q_{water,sink,gross,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf für Brauchwarmwasser für Küchenspülen k in MJ - er wird gemäß § 9.3.1 des Anhangs A.1 zum vorliegenden Erlass für PER-Einheiten und gemäß § 6.5 des vorliegenden Anhangs für PEN-Einheiten ermittelt
$Q_{water,other\ l,gross,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf für Brauchwarmwasser für andere Entnahmestellen l in MJ - er wird gemäß § 6.5 ermittelt.
$Q_{hum,net,l,m}$	der monatliche Nettoenergiebedarf für die Befeuchtung eines Gerätes l in MJ - er wird gemäß § 5.11 ermittelt
$f_{cool,pref}$	der durchschnittliche jährliche Anteil der Gesamtkältemenge, den der/die angeschlossene(n) Hauptkälteerzeuger liefern, wie in § 7.3.2 festgelegt (-)
EER_{nom}	die Kälteleistungszahl, gemäß § 7.5.2ermittelt (-)
$Q_{cool,gross,sec\ o,m}$	der von der Kälteabsorptionsmaschine gedeckte monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für die Kühlung von Räumen der Energiezone o, gemäß § 6.2 ermittelt
$P_{gen,heat,pref}$	die Gesamtnennleistung des/der Hauptwärmeerzeuger(s) in kW
t_m	die betroffene Monatslänge in Ms, in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ausgewiesen

Die Werte aller Energiezonen i, die von dem/den Haupterzeuger(n) mit Wärme versorgt werden, aller Duschen und/oder Badewannen j, aller Küchenspülen k und aller anderen Entnahmestellen l, die mit von dem/den Haupterzeuger(n) geheiztem Brauchwarmwasser versorgt werden, sowie die Werte aller Luftbefeuchter i, die durch den/die Haupterzeuger geheizt werden und aller Energiezonen o, die zu einer PEN-Einheit gehören und mittels der Hauptabsorptionskältemaschine gekühlt werden, müssen addiert werden.

ANMERKUNG 1 Nennleistung der Heizkessel ist die in den europäischen Richtlinien für Heizkessel ausgewiesene Nennleistung

ANMERKUNG 2 Die thermische Leistung der Wärmepumpen wird gemäß NBN EN 14511 unter den Testbedingungen ermittelt, die in § 10.2.3.3 von Anhang A.1 des vorliegenden Erlasses dargelegt sind.

ANMERKUNG 3 Die thermische Leistung einer gebäudegebundene Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung wird entsprechend des Verfahrens für Gasanlagen ermittelt.

Tabelle [47]: Aufstellung des monatlichen Anteils der von dem/den Haupterzeugern gelieferten Gesamtwärme nach Funktion $f_{heat,m,pref}$, ausgenommen gebäudegebundene Anlagen für Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmepumpen, die Außenluft als Wärmequelle nutzen.

Bedarfsprofil der Funktion →	Profil mit konstantem Bedarf		Profil mit schwankendem Bedarf	
Regelungsarten für die Spitzenleistung →	Schaltende Regelung der Spitzenleistung	Zusätzliche Regelung der Spitzenleistung	Schaltende Regelung der Spitzenleistung	Zusätzliche Regelung der Spitzenleistung
$x_m = 0$	1,00	1,00	1,00	1,00
$x_m = 0,05$	0,95	1,00	1,00	1,00
$x_m = 0,15$	0,66	0,90	0,86	0,98
$x_m = 0,25$	0,47	0,79	0,33	0,82
$x_m = 0,35$	0,31	0,67	0,09	0,64
$x_m = 0,45$	0,20	0,57	0,02	0,51
$x_m = 0,55$	0,13	0,51	0	0,41
$x_m = 0,65$	0,10	0,44	0	0,35
$x_m = 0,75$	0,07	0,39	0	0,31
$x_m = 0,85$	0,05	0,36	0	0,27
$x_m = 0,95$	0,05	0,33	0	0,24
$x_m = 1,05$	0,05	0,31	0	0,22
$x_m = 1,10$	0,05	0,30	0	0,20
$1,10 < x_m$	0,05	0,30	0	0,20

Funktionen mit konstantem Bedarf: Büro, Unterkunft, Gesundheitswesen mit nächtlicher Nutzung, Gesundheitswesen ohne nächtliche Nutzung, Geschäft, Sport Sauna/Schwimmbad (erhöhte T°), Technikräume.

Funktionen mit schwankendem Bedarf: Unterricht, Gesundheitswesen/Operationssaal, Versammlungsbereich mit starke Nutzung, Versammlungsbereich mit geringe Nutzung, Versammlungsbereich mit Cafeteria/Speisesaal, Küche, Sportanlagen (Sporthalle/Turnhalle, Fitness/Tanz), gemeinsame Flächen, Sonstige, Unbekannt

Tabelle [18]: Wert des monatlichen Anteils der von einer gebäudegebundenen Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung abgegebenen Gesamtwärme

Fall		Monatlicher Anteil
$V_{stor,cogen} < V_{stor,30\ min}$	$0 \leq x_m < 0,2$	0
	$0,2 \leq x_m < 0,6$	$1,25 \cdot x_m - 0,25$
	$0,6 \leq x_m < 0,92$	$0,5$
	$0,92 \leq x_m$	$\frac{0,77}{x_m + 0,62}$
$V_{stor,cogen} \geq V_{stor,30\ min}$	$0 \leq x_m < 0,05$	0
	$0,05 \leq x_m < 0,25$	$2,9 \cdot x_m - 0,145$
	$0,25 \leq x_m < 0,42$	$0,94 \cdot x_m + 0,345$
	$0,42 \leq x_m$	$\frac{0,77}{x_m + 0,62}$

Die in der Tabelle verwendeten Symbole sind wie folgt definiert:

$V_{stor,cogen}$ Fassungsvermögen des Speicherbehälters für die Speicherung der von der KWK-Anlage bereitgestellten Wärme in m^3

$V_{stor,30\ min}$ minimales Fassungsvermögen des Speicherbehälters in m^3, um die Erzeugung der gebäudegebundenen KWK-Anlage bei maximaler Leistung während 30 Minuten abzudecken, ermittelt gemäß § A.6.

Tabelle [48]: Aufstellung des monatlichen Anteils der von dem/den Haupterzeugern gelieferten Gesamtwärme nach Funktion fheat,m,pref bei Wärmeerzeugung mittels einer Wärmepumpe, die Außenluft als Wärmequelle nutzt

Bedarfsprofil der Funktion	**Profil mit konstantem Bedarf**											
Regelung der Spitzenleistungen	**Schaltende Regelung der Spitzenleistung**						**Zusätzliche Regelung der Spitzenleistung**					
$f_{\theta,heat} \cdot COP_{test}$	< 2,25	< 2,50	< 2,75	< 3,00	< 3,50	≥ 3,50	< 2,25	< 2,50	< 2,75	< 3,00	< 3,50	≥ 3,50
$x_m = 0$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$x_m = 0,05$	0,82	0,87	0,90	0,94	0,94	0,94	0,83	0,89	0,93	0,97	0,99	0,99
$x_m = 0,15$	0,38	0,47	0,53	0,58	0,63	0,65	0,43	0,54	0,65	0,76	0,85	0,89
$x_m = 0,25$	0,25	0,30	0,35	0,42	0,46	0,47	0,33	0,42	0,50	0,61	0,73	0,78
$x_m = 0,35$	0,21	0,24	0,27	0,30	0,32	0,32	0,30	0,38	0,45	0,54	0,63	0,66
$x_m = 0,45$	0,17	0,19	0,21	0,22	0,22	0,23	0,26	0,33	0,39	0,47	0,54	0,57
$x_m = 0,55$	0,14	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,25	0,31	0,36	0,43	0,49	0,51
$x_m = 0,65$	0,11	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,20	0,29	0,34	0,38	0,43	0,45
$x_m = 0,75$	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,1	0,18	0,25	0,29	0,34	0,38	0,40
$x_m = 0,85$	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,17	0,22	0,26	0,30	0,35	0,37
$x_m = 0,95$	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,16	0,21	0,24	0,28	0,33	0,35
$x_m = 1,05$	0	0	0	0	0	0	0,15	0,19	0,22	0,26	0,30	0,32
$x_m = 1,15$	0	0	0	0	0	0	0,15	0,18	0,21	0,25	0,29	0,30
$x_m = 1,20$	0	0	0	0	0	0	0,15	0,16	0,19	0,22	0,27	0,30
$1,20 < x_m$	0	0	0	0	0	0	0,15	0,16	0,19	0,22	0,27	0,30
Bedarfsprofil der Funktion	**Profil mit schwankendem Bedarf**											
Regelung der Spitzenleistungen	**Schaltende Regelung der Spitzenleistung**						**Zusätzliche Regelung der Spitzenleistung**					
$f_{\theta,heat} \cdot COP_{test}$	< 2,25	< 2,50	< 2,75	< 3,00	< 3,50	≥ 3,50	< 2,25	< 2,50	< 2,75	< 3,00	< 3,50	≥ 3,50
$x_m = 0$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$x_m = 0,05$	0,76	0,87	0,95	0,97	0,99	0,99	0,76	0,87	0,95	0,98	1,00	1,00
$x_m = 0,15$	0,45	0,56	0,64	0,73	0,80	0,81	0,46	0,59	0,69	0,78	0,90	0,94
$x_m = 0,25$	0,31	0,36	0,39	0,41	0,41	0,42	0,40	0,51	0,59	0,68	0,77	0,80
$x_m = 0,35$	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,35	0,43	0,49	0,56	0,62	0,65
$x_m = 0,45$	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,30	0,37	0,42	0,48	0,53	0,54
$x_m = 0,55$	0	0	0	0	0	0	0,24	0,30	0,34	0,38	0,43	0,44
$x_m = 0,65$	0	0	0	0	0	0	0,18	0,23	0,26	0,30	0,35	0,37
$x_m = 0,75$	0	0	0	0	0	0	0,14	0,18	0,21	0,25	0,29	0,31
$x_m = 0,85$	0	0	0	0	0	0	0,11	0,15	0,18	0,22	0,26	0,27
$x_m = 0,95$	0	0	0	0	0	0	0,10	0,13	0,15	0,19	0,23	0,24
$x_m = 1,05$	0	0	0	0	0	0	0,09	0,12	0,14	0,17	0,20	0,22
$x_m = 1,10$	0	0	0	0	0	0	0,07	0,09	0,11	0,16	0,19	0,20
$1,10 < x_m$	0	0	0	0	0	0	0,07	0,09	0,11	0,16	0,19	0,20

Die in der Tabelle verwendeten Symbole haben folgende Bedeutung:

COP_{test}	die Leistungszahl der Wärmepumpe, gemäß 10.2.3.3 von Anhang A.1 des vorliegenden Erlasses ermittelt (-)
$f_{\theta,heat}$	ein Korrekturfaktor für die Differenz zwischen der Vorlauftemperatur des Wärmeabgabesystems (bzw. hier der Speichergeräte) und der Temperatur am Ausgang des Kondensators, gemäß § 10.2.3.3 von Anhang A.1 zum vorliegenden Erlass (-) ermittelt

Sollte die betreffende Energiezone von einem Nebenwärmeerzeuger versorgt werden oder sollten alle Nebenerzeuger den gleichen Wirkungsgrad gemäß § 7.5 aufweisen (und den gleichen Energieträger nutzen), so wird der monatliche Anteil des Nebenerzeugers an der Wärmeerzeugung k wie folgt ermittelt:

Gl. 308 $$f_{heat,m,npref\,k} = 1 - f_{heat,m,pref}$$ (-)

Sollten mehrere Nebenwärmeerzeuger mit unterschiedlichen Wirkungsgraden gemäß § 7.5 in Betrieb sein (und/oder verschiedene Energieträger nutzen), werden die monatlichen Anteile jedes Nebenerzeugers k an der Wärmeerzeugung wie folgt ermittelt:

Gl. 309 $$f_{heat,m,npref\,k} = (1 - f_{heat,m,pref}) \cdot \frac{P_{gen,heat,npref\,k}}{\sum_k P_{gen,heat,npref\,k}}$$ (-)

Dabei ist:

$f_{heat,m,npref\ k}$	der monatliche Anteil an der Gesamtwärmeerzeugung, der vom Nebenerzeuger k übernommen wird (-)
$f_{heat,m,pref}$	der monatliche Anteil an der Gesamtwärmeerzeugung, den der/die Haupterzeuger k übernimmt/übernehmen (-)
$P_{gen,heat,npref\ k}$	die Gesamtnennleistung des/der Nebenerzeuger(s) k in kW

Die Werte aller Nebenwärmeerzeuger k sind zu addieren.

ANMERKUNG 1 Nennleistung der Heizkessel ist die in den europäischen Richtlinien für Heizkessel ausgewiesene Nennleistung

ANMERKUNG 2 Die thermische Leistung der Wärmepumpen wird gemäß NBN EN 14511 unter den Testbedingungen ermittelt, die in § 10.2.3.3 von Anhang A.1 des vorliegenden Erlasses dargelegt sind.

ANMERKUNG 3 Die thermische Leistung einer gebäudegebundene Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung wird entsprechend des Verfahrens für Gasanlagen ermittelt.

7.3.2 Kühlung

Wenn nur ein Kälteerzeuger für den betreffenden Energiesektor vorhanden ist oder wenn alle Kälteerzeuger denselben Wirkungsgrad im Sinne von § 7.5 haben, denselben Energieträger verwenden und mit einer gleichen Art von Free-chilling verbunden sind, gilt für den durchschnittlichen jährlichen Hauptanteil für die Kühlung wie folgt: $f_{cool,pref} = 1,0$

In allen anderen Fällen wird der durchschnittliche jährliche Hauptanteil Tabelle [19] entnommen.

Wird eine Absorptionskältemaschine in Verbindung mit einem oder mehreren anderen Kälteerzeugern verwendet, gilt die Absorptionskältemaschine als Hauptkälteerzeuger.

Wird ein offenes Geocooling-System in Verbindung mit einem oder mehreren anderen Kälteerzeugern verwendet, gilt das offene Geocooling-System als Hauptkälteerzeuger.

In allen anderen Fällen wird der Hauptkälteerzeuger mit dem größten Wirkungsgrad genommen, ermittelt gemäß § 7.5.2.

Tabelle [19]: Durchschnittlicher jährlicher Anteil der von dem/den Hauptkälteerzeuger(n) abgegebenen Kälte, $f_{cool,pref}$, abhängig vom Leistungsverhältnis $\beta_{gen,cool}$.

$\beta_{gen,cool}$	$f_{cool,pref}$
von 0,0 bis 0,1	0,1
von 0,1 bis 0,2	0,2
von 0,2 bis 0,3	0,5
von 0,3 bis 0,5	0,8
von 0,5 bis 1,0	1,0

Das Verhältnis zwischen der Nennleistung des/der Hauptkälteerzeuger(s) und der Nennleistung aller Kälteerzeuger $\beta_{gen,cool}$ wird wie folgt ermittelt:

Gl. 84 $$\beta_{gen,cool} = \frac{P_{gen,cool,pref}}{P_{gen,cool,pref} + P_{gen,cool,npref}} \quad (-)$$

Dabei ist:

$\beta_{gen,cool}$ das Verhältnis zwischen der Nennkühlleistung des/der Hauptkälteerzeuger(s) und der Nennkühlleistung aller Kälteerzeuger für den Energiesektor, (-);

$P_{gen,cool,pref}$ die Gesamtnennkühlleistung des/der Hauptkälteerzeuger(s) in kW;

$P_{gen,cool,npref}$ die Gesamtnennkühlleistung des/der Nebenkälteerzeuger(s) in kW.

Die für die Ermittlung von $\beta_{gen,cool}$ der verschiedenen Kälteerzeugertypen anzuwendende Kühlleistung ist:

- Kompressionskältemaschine: nach NBN EN 14511 unter Nennbedingungen (Standard Rating Conditions) gemessene Kühlleistung;
- Absorptionskältemaschine: nach NBN EN 12309-2 oder dem „ARI Standard 560:2000" gemessene Kühlleistung;
- Geocooling/offenes System:

Gl. 85 $$P_{gen,cool,free} = 4187 \cdot \Delta T_{max} \cdot \varphi_{well} \quad (kW)$$

Dabei ist:

ϕ_{well} der Volumenstrom des Bohrlochs, aufgeführt in der Umweltgenehmigung (zugeführter Volumenstrom). Sind mehrere Quellen vorhanden, handelt es sich um den Gesamtvolumenstrom aller Quellen in m^3/s;

ΔT_{max} der Temperaturunterschied zwischen dem zugeführten Wasser und dem abgeführten Wasser, festgelegt auf 6 °C.

7.4 Durchschnittlicher monatlicher Energieanteil durch Free-chilling

Anhand des Parameters $f_{cool,m,free}$ kann angegeben werden, dass ein Teil des Bruttoenergiebedarfs für Kühlung durch einen Erzeuger im Free-chilling-Betrieb abgedeckt wird.

Der Endenergieverbrauch von Erzeugern im Free-chilling-Betrieb wird allgemein auf null veranschlagt. Der tatsächliche Verbrauch dieser Erzeuger wird im Teil des Verbrauchs für Hilfseinrichtungen berücksichtigt (§ 8).

Wenn der/die Erzeuger nicht im Free-chilling-Betrieb arbeitet/arbeiten, gilt für den durchschnittlichen monatlichen Anteil im Free-chilling-Betrieb: $f_{cool,m,free} = 0$

Im Fall eines offenen Geocooling-Systems wird immer angenommen, dass es im Free-chilling-Betrieb arbeitet. In diesem Fall gilt: $f_{cool,m,free} = 1$

Eine Kältemaschine (wassergekühlt) kann im Free-chilling-Betrieb arbeiten. In diesem Fall wird die Kühlleistung der Kühltürme (Free-chilling durch Luft) oder eines geothermischen Austauschers (Geocooling/geschlossenes System) direkt ohne den Weg über die Kältemaschine (Bypass) entnommen.

Der durchschnittliche monatliche Anteil im Free-chilling-Betrieb ergibt sich wie folgt:

Gl. 86 $$f_{cool,m,free} = f_{cool,free,sizing} \cdot f_{cool,m,free,operation} \quad (-)$$

Dabei ist:

$f_{cool,free,sizing}$ der durchschnittliche jährliche Anteil der von dem/den Erzeuger(n) im Free-chilling-Betrieb abgegebenen Gesamtkältemenge, wenn keine betriebsbedingte Beschränkung vorliegt, wie nachstehend ermittelt, (-);

$f_{cool,m,free,operation}$ der durchschnittliche monatliche Anteil der von dem/den Erzeuger(n) im Free-chilling-Betrieb im Rahmen der vorhandenen Betriebsbedingungen abgegebenen Gesamtkältemenge, das heißt, wenn keine durch die Größe dieses Erzeugers bedingte Beschränkung vorliegt, wie nachstehend ermittelt (-).

Gl. 87 $$f_{cool,free,sizing} = \frac{P_{gen,cool,free}}{P_{gen,cool,nfree} + P_{gen,cool,free}} \quad (-)$$

Dabei ist:

$P_{gen,cool,free}$ die Gesamtnennkühlleistung des/der Kälteerzeuger(s) in kW, der/die für den Free-chilling-Betrieb ausgelegt ist/sind;

$P_{gen,cool,nfree}$ die Gesamtnennkühlleistung des/der Kälteerzeuger(s) in kW, der/die nicht dafür ausgelegt ist/sind, um im Free-chilling-Betrieb arbeiten zu können.

Die für die Ermittlung von $f_{cool,free,sizing}$ der verschiedenen Kälteerzeugertypen anzuwendende Kühlleistung ergibt sich wie folgt:

- Kompressionskältemaschine: die nach den Standardbedingungen laut der Norm EN 14511 gemessene Kühlleistung;
- Absorptionskältemaschinen: die entweder entsprechend der Norm NBN EN 12309-2 oder der Norm ARI Standard 560-2000 gemessene Kälteleistung.

Der Wert für $f_{cool,m,free,operation}$ ist Tabelle [20] zu entnehmen.

Tabelle [20]: Durchschnittlicher monatlicher Anteil $f_{cool,m,free,operation}$ des Gesamtkältebedarfs von einem oder mehreren Erzeugern im Free-chilling-Betrieb abhängig von den betriebsbedingten Beschränkungen

Monat	$f_{cool,m,free,operation}$		
	Free-chilling durch Luft		Geocooling/geschlossenes System
	$\theta_{ev} < 16°C$	$\theta_{ev} \geq 16°C$	
Januar	0,966	1,000	0
Februar	0,909	0,969	0
März	0,763	0,876	0
April	0,404	0,834	0,25
Mai	0,134	0,482	0,50
Juni	0,027	0,339	0,75
Juli	0,014	0,229	0,85
August	0,010	0,176	0,85
September	0,030	0,507	0,75
Oktober	0,218	0,772	0,40
November	0,730	0,886	0
Dezember	0,878	0,970	0

Dabei ist:
θev die gemäß § 7.5.2.3.3 ermittelte Betriebstemperatur des Verdampfers am Betriebspunkt in °C.

7.5 Erzeugungswirkungsgrade für Heizung und Kühlung

7.5.1 Erzeugungswirkungsgrad für Heizung

Der Erzeugungswirkungsgrad eines Wärmeerzeugers, $\eta_{gen,heat}$, wird auf gleiche Weise wie im Fall für Wohneinheiten ermittelt: siehe Anlage A.1 § 10.2.3 des vorliegenden Erlasses.

Der Standardwert der Auslegungsrücklauftemperatur der Luftbefeuchter und Luftbehandlungsaggregate beträgt 70 °C.

Der Minister kann die Rechenregeln für Wasserwärmepumpen festlegen.

Für Systeme mit variablem Kältemittelvolumenstrom (VRF) ist eine Methode zur Ermittlung des Erzeugungswirkungsgrads wie nachstehend beschrieben vorgesehen.

Erzeugungswirkungsgrad für ein Multisplit-System mit variablem Kältemittelvolumenstrom (VRF)

Ein Multisplit-System mit variablem Kältemittelvolumenstrom (VRF: Variable Refrigerant Flow) besteht aus mehreren Innenraumeinheiten, die mit Kältemittel versorgt werden und als Verdampfer (Klimatisierung) oder Kondensator (Heizung) arbeiten, sowie einer Außeneinheit. Die Innenraumeinheiten sind über einen Kältemittelkreislauf mit der Außeneinheit verbunden. Dieses System ermöglicht die Wärmeenergieübertragung zwischen den Gebäudebereichen, die gekühlt werden sollen, und den Gebäudebereichen, die beheizt werden sollen.

Gl. 88 $$\eta_{gen,heat,seci,m} = \frac{SPF}{f_{rec,m,vrf}} \quad (-)$$

Dabei ist:

SPF der durchschnittliche saisonale Leistungsfaktor, ermittelt gemäß Anlage A.1 § 10.2.3.3 des vorliegenden Erlasses, (-);

$f_{rec,m,vrf}$ der monatliche Wärmerückgewinnungsfaktor, wie nachstehend ermittelt, (-).

Gl. 89 $$f_{rec,m,vrf} = 0,85 \cdot \left[\left(\frac{Q_{heat,gross,seci,m}}{Q_{heat,gross,seci,m} + Q_{cool,gross,seci,m}} \right)^{1,2} + \left(\frac{Q_{cool,gross,seci,m}}{Q_{heat,gross,seci,m} + Q_{cool,gross,seci,m}} \right)^{1,2} \right] \quad (-)$$

Dabei ist:

$Q_{cool,gross,seci,m}$ der monatliche Bruttobedarf in MJ für Kühlung der Räume des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 6.2;

$Q_{heat,gross,seci,m}$ der monatliche Bruttobedarf in MJ für Heizung der Räume des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 6.2;

Die Produktionseffizienz eines Systems "combilus" wird entsprechend den vom Minister festgelegten Regeln bestimmt.

7.5.2 Erzeugungswirkungsgrad für Kühlung

Wenn keine aktive Kühlung erfolgt, wird angenommen, dass der Erzeugungswirkungsgrad 5 beträgt und als Energieträger Strom verwendet wird.

Wenn eine aktive Kühlanlage installiert ist und dies für den Fall einer Kompressionskältemaschine und/oder Absorptionskältemaschine gilt, muss der monatliche Erzeugungswirkungsgrad für Kühlung, $\eta_{gen,cool,m}$, nach Tabelle [21] ermittelt werden.

Der Minister kann die Rechenregeln für Wasserwärmepumpen festlegen.

Für die anderen Kälteerzeuger wird der Erzeugungswirkungsgrad, $\eta_{gen,cool,m}$, auf der Grundlage eines Antrags auf Anwendung des Äquivalenzprinzips ermittelt.

Tabelle [21]: Formeln und Parameterwerte zur Ermittlung des monatlichen Erzeugungswirkungsgrads für aktive Kühlung

Nr.	Mittel im Kondensator	Mittel im Verdampfer	Bezeichnung des Kälteerzeugers	$\eta_{gen,cool,m}$
1a	Luft	Luft	Luftgekühltes Klimagerät oder Multisplit-System mit Luftkondensation	$\frac{EER_{nom}}{f_{PL} \cdot f_{\theta,m}}$
1b			Multisplit-System mit variablem Kältemittelvolumenstrom (VRF)	$\frac{EER_{nom}}{f_{PL} \cdot f_{\theta,m} \cdot f_{rec,m,vrf}}$
2	Wasser/Sole	Luft	Wassergekühltes Klimagerät oder Multisplit-System mit Wasserkondensation	$\frac{EER_{nom}}{f_{PL} \cdot f_{\theta,m}}$
3	Luft	Wasser	Luft/Wasser-Wärmepumpe oder luftgekühltes Kühlaggregat mit oder ohne separaten Kondensator	$\frac{EER_{nom}}{f_{PL} \cdot f_{\theta,m}}$
4	Wasser/Sole	Wasser	Sole/Wasser-Wärmepumpe oder wassergekühltes Kühlaggregat mit oder ohne separaten Kondensator	$\frac{EER_{nom}}{f_{PL} \cdot f_{\theta,m}}$
5	Luft/Wasser	Wasser	Absorptionskältemaschine	$EER_{nom} \cdot \left(\frac{f_{heat,m,pref}}{\eta_{gen,heat,pref}} + \frac{1 - f_{heat,m,pref}}{\eta_{gen,heat,npref}} \right)^{-1}$

Dabei ist:

EER_{nom} die Kälteleistungszahl, gemäß § 7.5.2.1 ermittelt;

f_{PL} der Teillastfaktor, der das Teillastverhalten des Kälteerzeugers gemäß § 7.5.2.2 berücksichtigt, (-);

$f_{\theta,m}$ der monatliche Temperaturfaktor, der die Leistungsänderung der Maschine zwischen den Temperaturverhältnissen der sekundären Mittel zum Kondensator und zum Verdampfer am Betriebspunkt unter den Nennbedingungen berücksichtigt, die in den Standardbedingungen der Norm NBN EN 14511 gemäß § 7.5.2.3 festgelegt sind, (-);

$F_{rec,m,vrf}$ der monatliche Rückgewinnungsfaktor für Kühlung, ermittelt gemäß § 7.5.1, (-);

$f_{heat,m,pref}$ der durchschnittliche monatliche Anteil der von dem/den angeschlossenen Hauptwärmeerzeuger(n) abgegebenen Gesamtwärmemenge:

- 1 für direkt beheizte Absorptionskältemaschinen, (-);
- für indirekt beheizte Absorptionskältemaschinen gemäß § 7.5.1 ermittelt, (-);

$\eta_{gen,heat,pref}$ der Erzeugungswirkungsgrad des/der Hauptwärmeerzeuger(s):

- 1 für direkt beheizte Absorptionskältemaschinen, (-);
- für indirekt beheizte Absorptionskältemaschinen gemäß § 7.5.1 ermittelt, (-);

$\eta_{gen,heat,npref}$ der Erzeugungswirkungsgrad des/der Nebenwärmeerzeuger(s):
- 1 für direkt beheizte Absorptionskältemaschinen, (-);
- für indirekt beheizte Absorptionskältemaschinen gemäß § 7.5.1 ermittelt, (-).

7.5.2.1 Der Kälteleistungszahl EER_{nom}

Standardwert

Der Standardwert wird Tabelle [22] entnommen:

Tabelle [22]: Standardwerte zur Ermittlung des Erzeugungswirkungsgrads für aktive Kühlung

Nr.	Mittel im Kondensator	Mittel im Verdampfer	Bezeichnung des Kälteerzeugers	EER_{nom}	f_{PL}	$\theta_{co,nom}$	$\theta_{ev,nom}$
1a	Luft	Luft	Luftgekühltes Klimagerät oder Multisplit-System mit Luftkondensation	2,1	1,25	35	27
1b			Multisplit-System mit variablem Kältemittelvolumenstrom (VRF)				
2	Wasser/Sole	Luft	Wassergekühltes Klimagerät oder Multisplit-System mit Wasserkondensation	3,05	1,25	30	27
3	Luft	Wasser	Luft/Wasser-Wärmepumpe oder luftgekühltes Kühlaggregat mit oder ohne separaten Kondensator	2,1	1,25	35	7
4	Wasser/Sole	Wasser	Sole/Wasser-Wärmepumpe oder wassergekühltes Kühlaggregat mit oder ohne separaten Kondensator	3,05	1,25	30	7
5	Luft/Wasser	Wasser	Absorptionskältemaschine	0,7	-	-	-

Detaillierte Methode

Bei Kompressionskältemaschinen ist EER_{nom} gleich EER_{test}, wie dies in den Standardbedingungen der Norm NBN EN 14511, Teil 2, festgelegt ist.

Bei wärmebetriebenen Kompressionskältemaschinen ist EER_{nom} gleich EER_{test}, wie dies in den Standardbedingungen der Norm ARI Standards 560-2000 festgelegt ist.

7.5.2.2 Teillastfaktor f_{PL}

Standardwert

Der Standardwert wird Tabelle [22] entnommen.

Detaillierte Methode

Die Gleichung für den Teillastfaktor ergibt sich wie folgt:

Gl. 90 $$f_{PL} = 2,64 - 1,19 \cdot \left(\frac{SEER}{EER_{nom}} \right)$$ **(-)**

Dabei ist:

SEER saisonaler Leistungskoeffizient für Kompressionskältemaschinen, ermittelt gemäß prEN14825, (-);

EER_{nom} die Kälteleistungszahl, gemäß § 7.5.2.1 ermittelt (-)

7.5.2.3 Monatlicher Temperaturfaktor $f_{\theta,m}$

Der monatliche Temperaturfaktor wird wie folgt ermittelt:

Gl. 91 $$f_{\theta,m} = 1 + C_{\theta,1} . \Delta\theta_m + C_{\theta,2} . \Delta\theta_m^{\ 2}$$ **(-)**

Dabei ist:

$C_{\theta,1}$ eine Konstante zur Berechnung des monatlichen Temperaturfaktors, wie in § 7.5.2.3.1 ermittelt;

$C_{\theta,2}$ eine Konstante zur Berechnung des monatlichen Temperaturfaktors, wie in § 7.5.2.3.1 ermittelt;

$\Delta\theta_m$ der Unterschied zwischen den Temperaturverhältnissen zwischen dem Kondensator und dem Verdampfer am Betriebspunkt und Nennbetriebspunkt, wie nachstehend definiert, (-).

Dabei ist:

Gl. 92 $$\Delta\Theta_m = \frac{(\theta_{co,m} + 273,15)}{(\theta_{ev} + 273,15)} - \frac{(\theta_{co,nom} + 273,15)}{(\theta_{ev,nom} + 273,15)}$$ **(-)**

Dabei ist:

$\theta_{co,m}$ die durchschnittliche monatliche Betriebstemperatur des Kondensators in °C am Betriebspunkt, wie in § 7.5.2.3.2 ermittelt;

θ_{ev} die Betriebstemperatur des Verdampfers in °C am Betriebspunkt, wie in § 7.5.2.3.3 ermittelt;

$\theta_{co,nom}$ die Betriebstemperatur des Kondensators in °C unter Nennbedingungen, wie in § 7.5.2.3.4 ermittelt;

$\theta_{ev,nom}$ die Betriebstemperatur des Verdampfers in °C unter Nennbedingungen, wie in § 7.5.2.3.4 ermittelt.

7.5.2.3.1 Konstanten zur Ermittlung des monatlichen Temperaturfaktors

Standardwert

Der Standardwert wird

Tabelle [23] entnommen:

Tabelle [23]: Standardwerte zur Ermittlung des monatlichen Temperaturfaktors

Referenz der Kältemaschine laut Tabelle [21]	$C_{\theta,1}$	$C_{\theta,2}$
1a, 1b, 3	5,24	7,78
2, 4	8,81	30,9

Detaillierte Methode

Der Standardwert wird Tabelle [24] entnommen:

Tabelle [24]: Konstanten zur Ermittlung des monatlichen Temperaturfaktors

Referenz der Kältemaschine laut Tabelle [21]	Verdichtertyp	$C_{\theta,1}$	$C_{\theta,2}$
1a, 1b, 3	Kolbenverdichter	5,24	7,78
	Scrollverdichter	7,33	18,6
	Schraubenverdichter	6,41	17,0
2, 4	Scrollverdichter	8,81	30,9
	Schraubenverdichter	9,14	42,8
	Radialverdichter	9,98	40,1

7.5.2.3.2 Monatliche Betriebstemperatur des Kondensators θco,m

Standardwert

Der Standardwert wird

Tabelle [25] entnommen.

Detaillierte Methode

- Für direkt luftgekühlte Kältemaschinen wird der Wert von $\theta_{co,m}$

- Tabelle [25] entnommen.
- Bei wassergekühlten Kältemaschinen, die einen Kühlturm verwenden, entspricht $\theta_{co,m}$ wie in der Bemessung vorgesehen der Kaltwassertemperatur am Eingang des Kondensators.
- Bei den anderen wassergekühlten Kältemaschinen entspricht $\theta_{co,m}$ wie bei der Bemessung vorgesehen der Kaltwassertemperatur am Eingang des Kondensators, wobei der Wert nach den vom Minister festgelegten Regeln ermittelt wird oder, wenn keine Regeln festgelegt wurden, auf der Grundlage eines Antrags auf Anwendung des Äquivalenzprinzips.

Tabelle [25]: Monatliche Betriebstemperatur des Kondensators $\theta_{co,m}$

Referenz der Kältemaschine laut Tabelle [21]	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1a, 1b, 3	4,1	5,1	8,3	11,3	15,5	18,2	19,7	20,5	16,4	12,5	7,3	4,4
2, 4 mit Kühl-turm	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
2, 4 mit Geocooling	9,2	9,9	10,3	10,9	11,7	12,3	12,5	12,7	12,0	11,2	10,4	9.9

7.5.2.3.3 Verdampfertemperatur am Betriebspunkt θev

Standardwert

Der Standardwert wird Tabelle [26] entnommen:

Tabelle [26]: Verdampfertemperatur am Betriebspunkt θ_{ev}

Referenz der Kältemaschine laut Tabelle [21]	Abgabesystem	θ_{ev}
1a, 1b, 2	-	26
3, 4, 5	Kühldecken und/oder Kühlbalken	16
	Kühlregister in den Luftbehandlungseinheiten oder Gebläsekonvektoren oder sonstiges	6

Wenn die Kältemaschine abgesehen von den Kühldecken und/oder den Kühlbalken ein anderes Abgabesystem verwendet, muss für die Verdampfertemperatur am Betriebspunkt 6 °C genommen werden.

Detaillierte Methode

Die Verdampfertemperatur am Betriebspunkt, θ_{ev}, wird anhand der Bemessung des Abgabesystems ermittelt und muss auf der Grundlage der vom Minister festgelegten Regeln ermittelt werden oder, wenn keine Regeln festgelegt wurden, auf der Grundlage des Äquivalenzprinzips.

7.5.2.3.4 Kondensator- und Verdampfertemperaturen am Betriebspunkt unter Nennbedingungen θco,nom und θev,nom

Standardwert

Wird für die Kälteleistungszahl der Kompressionskältemaschine ein Standardwert EER_{nom} genommen, so sind die Standardwerte $\theta_{co,nom}$ und $\theta_{ev,nom}$ der Tabelle [22] zu entnehmen.

Detaillierte Methode

Wird für die Kälteleistungszahl der Kompressionskältemaschine nicht der Standardwert EER_{nom} genommen, so sind für die Ermittlung von EER_{tes} die Temperaturen von Kondensator und Verdampfer am Betriebspunkt und unter Nennbedingungen, $\theta_{co,nom}$ und $\theta_{ev,no}$, den allgemeinen Rating-Vorgaben der Norm NBN EN 14511, Teil 2 zu entnehmen.

Hinweise:

- Bei den luftgekühlten Kältemaschinen (Kälteerzeuger Nr. 1a, 1b und 3) ist $\theta_{co,nom}$ die Trockenkugeltemperatur am Eingang des Kondensators.
- Bei den wassergekühlten Kältemaschinen (Kälteerzeuger Nr. 2 und 4) ist $\theta_{co,nom}$ die Temperatur am Eingang des Kondensators.
- Bei Kältemaschinen, die der Luft Wärme zuführen, (Kälteerzeuger Nr. 1a, 1b und 2) ist $\theta_{ev,nom}$ die Trockenkugeltemperatur am Eingang des Verdampfers.
- Bei Kältemaschinen, die Wasser Wärme zuführen, (Kälteerzeuger Nr. 3 und 4) ist $\theta_{ev,nom}$ die Temperatur am Ausgang des Verdampfers.

7.6 Monatlicher Endenergieverbrauch für Brauchwarmwasser

Für Duschen und/oder Badewannen i (Index „bath") und Küchenspülen j (Index „sink") wird der monatliche Endenergieverbrauch für Brauchwarmwasser nach der gleichen Methode wie für Wohneinheiten berechnet. Es gilt somit Anlage A.1 § 10.3 des vorliegenden Erlasses.

Für die anderen Warmwasserentnahmestellen k (Index „other") wird ebenfalls Anlage A.1 § 10.3 des vorliegenden Erlasses angewendet, dabei werden jedoch die Formeln, die sich auf die Küchenspülen beziehen (Index „sink" in Anlage A.1 des vorliegenden Erlasses), übertragen.

8 Monatlicher Hilfsenergieverbrauch

Der monatliche Hilfsenergieverbrauch wird in diesem Kapitel ermittelt. Für die Umwandlung in Primärenergieverbrauch siehe § 10.5.

8.1 Stromverbrauch der Ventilatoren für Lüftung und Zirkulation

8.1.1 Prinzip

Der Stromverbrauch der Ventilatoren für Lüftung und Luftzirkulation in der PEN-Einheit ergibt sich aus der Summe der folgenden drei Werte:

- Verbrauch der Ventilatoren für die Hygienelüftung
- Verbrauch der Ventilatoren für die zusätzliche mechanische Taglüftung
- Verbrauch der Ventilatoren für die zusätzliche mechanische Nachtlüftung

Jeder dieser Werte ergibt sich als Produkt der nachstehend festgelegten Betriebsstundenanzahl und der effektiven Leistung, bei der eine Gewichtung für die Regelung berücksichtigt werden kann.

Die effektive Leistung der Hygienelüftung wird mithilfe des Luftvolumenstroms $\dot{V}_{hyg}$ $\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ ermittelt, der in § 5.6.2.2 zur Anwendung kommt. Es sei denn, es kann anhand der installierten Leistung der Ventilatoren nachgewiesen werden, dass für die effektive Leistung ein geringerer Wert gilt. Für zusätzliche Lüftungen hat man sich auf die vor Ort gemessenen, reellen Leistungs- und Luftvolumenstromwerte zu stützen.

Der jährliche Stromverbrauch der Ventilatoren wird gemäß § 8.1.2 berechnet. Wenn es sich um eine ausschließlich natürliche Lüftung handelt und keine Ventilatoren vorhanden sind, beträgt der Verbrauch selbstverständlich null.

8.1.2 Stromverbrauch der Ventilatoren

Der monatliche Stromverbrauch der Ventilatoren der PEN-Einheit, $W_{fans,m}$, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 93 $$W_{fans,m} = \sum_{f} W_{fans,fct\ f,m} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{fans,m}$ monatlicher Stromverbrauch der Ventilatoren in kWh in der PEN-Einheit;

$W_{fans,fct\ f,m}$ monatlicher Stromverbrauch aller Ventilatoren in kWh für den Funktionsbereich f. Die Werte werden entweder anhand von Pauschalwerten gemäß § 8.1.3 oder anhand der tatsächlich installierten Leistung der Elektromotoren gemäß § 8.1.4 ermittelt. Im Fall einer zusätzlich zu berücksichtigenden mechanischen Lüftung ist ausschließlich die Berechnung mithilfe der installierten Leistung der Elektromotoren, wie in § 8.1.4 beschrieben, zugelassen.

Die Werte aller zur PEN-Einheit gehörenden Funktionsbereiche f sind zu addieren.

Besonderheit der Funktion „Unterricht": Der monatliche Stromverbrauch aller Ventilatoren, $W_{fans,fct\ f,m}$, wird für die Monate Juli und August auf null veranschlagt.

8.1.3 Stromverbrauch für die Ventilatoren pro Funktionsbereich anhand von Standardwerten

In diesem Fall wird der monatliche Stromverbrauch für die Ventilatoren im Funktionsbereich f, $W_{fans,fct\ f,m}$, wie folgt ermittelt:

Gl. 94 $$W_{fans,fct\ f,m} = P_{def,fct\ f} \cdot f_{fans,fct\ f,m} \cdot \frac{t_m}{3,6} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$P_{def,fct\ f}$ pauschale effektive Leistung der Zuluft- und/oder Abluftventilatoren in W, wie nachstehend ermittelt;

$f_{fans,fct\ f,m}$ Zeitanteil, in dem die Ventilatoren im Verlauf des betreffenden Monats in Betrieb sind, ermittelt gemäß § 8.1.5, (-);

t_m Dauer des betreffenden Monats in Ms, aufgeführt in Tabelle [1].

Die pauschale effektive Leistung der Ventilatoren, $P_{def,fct\ f}$, ergibt sich wie folgt:

Gl. 95 $$P_{def,fct\ f} = c_{sys} \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

c_{sys} eine Konstante in Wh/m³, die vom Lüftungssystem im Funktionsbereich f abhängig ist, wie nachstehend ermittelt;

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ der Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr für die Hygienelüftung in m³/h im Funktionsbereich f des Energiesektors i, ermittelt nach den in § 5.6.2.2 spezifizierten Prinzipien.

- Im Fall eines Systems, bei dem nur die Ablüftung mechanisch ist: C_{sys} = 0,33 Wh/m³.
- Im Fall eines Systems, bei dem die Zuluft mechanisch ist, eventuell in Kombination mit einer mechanischen Ablüftung, ohne Vorkühlung der Lüftungsluft: C_{sys} = 0,55 Wh/m³.
- In allen anderen Fällen gilt: C_{sys} = 0,85 Wh/m³.

8.1.4 Stromverbrauch für die Ventilatoren pro Funktionsbereich auf der Grundlage der tatsächlich installierten Leistung

In diesem Fall wird der monatliche Stromverbrauch für die Ventilatoren im Funktionsbereich f, $W_{fans,fct\ f,m}$, wie folgt ermittelt:

Gl. 310 $$W_{fans,fct\ f,m} = W_{fans,hyg,fct\ f,m} + W_{fans,add\ m,day,cool,fct\ f,m} + W_{fans,add\ m,night,cool,fct\ f,m} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$$W_{fans,hyg,fct\ f,m} = \sum_j \left(\frac{0,8 \cdot f_{ctrl,j} \cdot f_{fan,mod} \cdot P_{instal,j} \cdot}{\dot{V}_{hyg,fct\ f,j} / \dot{V}_{hyg,j}} \cdot f_{fans,hyg,fct\ f,m} \cdot \frac{t_m}{3,6} \right)$$

Gl. 311 (kWh)

$$W_{fans,add\ m,day,cool,fct\ f,m} = \sum_j \left(\frac{0,8 \cdot \left(1 - f_{ctrl,j} \cdot f_{fan,mod}\right) \cdot P_{instal,j} \cdot}{\dot{V}_{add\ m,fct\ f,j} / \dot{V}_{add\ m,j}} \cdot f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} \cdot \frac{t_m}{3,6} \right)$$

Gl. 312 (kWh)

$$W_{fans,add\ m,night,cool,fct\ f,m} = \sum_j \left(\frac{0,8 \cdot P_{instal,j} \cdot}{\dot{V}_{add\ m,fct\ f,j} / \dot{V}_{add\ m,j}} \cdot f_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} \cdot \frac{t_m}{3,6} \right)$$

Gl. 313 (kWh)

Dabei ist:

$W_{fans,hyg,fct\ f,m}$ der monatliche Stromverbrauch in kWh der Ventilatoren der Hygienelüftung im Funktionsbereich f

$W_{fans,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ der monatliche Stromverbrauch in kWh der Ventilatoren der zusätzlichen mechanischen Taglüftung im Funktionsbereich f

$W_{fans,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ der monatliche Stromverbrauch in kWh der Ventilatoren der zusätzlichen mechanischen Nachtlüftung im Funktionsbereich f

$f_{ctrl,j}$ Reduktionsfaktor für die Regelung von Ventilator j, aufgeführt in Tabelle [27], (-);

$f_{fan,mod}$ ein Reduktionsfaktor für die installierte Leistung im Hygiene-Betrieb, er wird wie unten ausgeführt ermittelt;

$\dot{V}_{hyg,fct\ f,j}$ der Anteil des Auslegungsvolumenstroms des Ventilators j an der Hygienelüftung für den Funktionsbereich f in m³/h

$\dot{V}_{hyg,j}$ der Gesamtauslegungsvolumenstrom des Ventilators j für die Hygienelüftung in m³/h

$f_{fans,hyg,fct\ f,m}$ der Zeitanteil, während dessen die Ventilatoren für die Hygienelüftung im fraglichen Monat in Betrieb sind, er wird gemäß § 8.1.5 ermittelt (-)

t_m Dauer des betreffenden Monats in Ms, aufgeführt in Tabelle [1].

$\dot{V}_{add\ m,fct\ f,j}$ der Anteil des Auslegungsvolumenstroms des Ventilators j an der zusätzlichen mechanischen Lüftung für den Funktionsbereich f in m³/h, er wird vor Ort entsprechend den Vorgaben des Ministers gemessen. Liegen keine Messwerte vor, so ist dieser Wert gleich $\dot{V}_{hyg,fct\ f,j}$

$\dot{V}_{add\ m,j}$ der Gesamtauslegungsvolumenstrom des Ventilators j für die zusätzliche mechanische Lüftung in m³/h

$f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ der übliche Zeitanteil, in dem die zusätzliche mechanische Taglüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, gemäß

§ **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt (-)

$f_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ der übliche Zeitanteil, in dem die zusätzliche mechanische Nachtlüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt (-)

wobei für $f_{fan,mod}$ gilt:

- im Falle einer Regelung mit variabler Drehzahl:

$$f_{fan,mod} = \left(\frac{V_{hyg,fct\ f}}{V_{add\ m,fct\ f}} \right)^{2.5}$$

Gl. 314 (-)

in den anderen Fällen: $f_{fan,mod} = 1$

Die Werte aller Ventilatoren j, die den Funktionsbereich f versorgen, sind zu addieren.

Tabelle [27]: Reduktionsfaktor $f_{ctrl,j}$ zur Regelung der Ventilatoren

Nummer des Systems gemäß Tabelle [16]	Art der Regelung		
	Keine Regelung oder nicht-automatische Regelung	Regelung über Laufschaufel oder Regelung der Flügel	Regelung mit variabler Drehzahl
1, 2, 4, 5, 6, 8	1,00	0,75	0,65
3, 7	1,00	0,65	0,50

Anmerkung: Die Regelung des Luftvolumenstroms an sich kann nur dann berücksichtigt werden, wenn während des Betriebs der Regelung der zur Lufterneuerung vorgeschriebene Mindestluftvolumenstrom während der normalen Betriebsdauer gewährleistet ist.

Der Rechenwert der installierten elektrischen Leistung wird wie folgt auf eine der beiden Arten ermittelt:

- maximale elektrische Leistung des Elektromotors in W, einschließlich gegebenenfalls alle Starter;
- maximale elektrische Leistung der Kombination Elektromotor-Ventilator in W, einschließlich gegebenenfalls alle Starter;

Für die Definition der maximalen elektrischen Leistung wird auf Anlage A.1 § 2 des vorliegenden Erlasses verwiesen.

8.1.5 Zeitanteil, in dem die Ventilatoren in Betrieb sind

Der Zeitanteil, in dem die Ventilatoren in einem gegebenen Monat in Betrieb sind, $f_{fans,fct\ f,m,}$ wird wie folgt ermittelt:

Gl. 97 $$f_{fans,fct\ f,m} = f_{vent,heat,fct\ f}$$ (-)

Dabei ist:

$f_{vent,heat,fct\ f}$ der übliche Zeitanteil, in dem die Lüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, für die Heizungsberechnungen, wie in Tabelle [7] aufgeführt, (-).

8.2 Stromverbrauch der Umwälzpumpen

8.2.1 Prinzip

In diesem Kapitel wird der monatliche Hilfsstromverbrauch für die Verteilung ermittelt. Für die Umwandlung in Primärenergie siehe § 10.5.

8.2.2 Rechenregel zur Ermittlung des Hilfsenergieverbrauchs für die Verteilung

8.2.2.1 Allgemeine Rechenregel

Der monatliche Hilfsstromverbrauch für die Verteilung in den PEN-Einheiten, $W_{aux,dis,m,ref}$, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 315 $$W_{aux,dis,m} = \sum_j P_{pump,dis,instal,j} \cdot \frac{t_{on,dis,j,m}}{3,6} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$P_{pump,dis,instal,j}$ der Wert in W für die installierte Leistung der Umwälzpumpe j, welche die fragliche PEN-Einheit bedient, wie in § 8.2.3 definiert

$t_{on,dis,j,m}$ die monatliche Betriebszeit in Ms der Umwälzpumpe j für die Verteilung, wie in § 8.2.4 definiert.

Die Werte aller Umwälzpumpen, welche die PEN-Einheit bedienen, sind zu addieren.

8.2.2.2 Ausnahmen

Die Umwälzpumpen, die der Sicherung dienen, sind für das System redundant. Ihr Verbrauch an Hilfsenergie ist außer Acht zu lassen.

8.2.3 Ermittlung der installierten Leistung $P_{pump,dis,instal,j}$

$P_{pump,dis,instal,j}$ ist die installierte Leistung der Umwälzpumpe j in W und wird wie folgt ermittelt:

- Für Nassläuferpumpen: die durchschnittliche elektrische Leistung bei 100-prozentigem Durchfluss trägt gemäß (CE-)Vorschrift Nr. 641/2009 die Bezeichnung $P_{L,100\%}$.
- Für Trockenläuferpumpen, deren elektrischer Motor vom Rotor getrennt ist: die maximale elektrische Leistung, die der Elektromotor bei fortlaufendem Betrieb leisten kann, wird entsprechend der Norm NBN EN 60034-1 für „Betriebsart S1" ermittelt.

Sollten keine Produktangaben vorliegen, können je nach Verteilungssystem folgende Standardwerte angewendet werden:

- für das Wärmeverteilungssystem:

Gl. 316 $$P_{pumps,dis,instal,j} = MAX\left(70\ \ 0,3 \cdot \sum_i A_{fi}\ \right) \quad \text{(W)}$$

Dabei ist:

$A_{f,sec\ i}$ die Nutzfläche der Energiezone i in m²

Die Werte aller von der Umwälzpumpe j bedienten Energiezonen i sind zu addieren.

- für das Kälteverteilungssystem:

Gl. 317 $$P_{pumps,dis,instal,j} = MAX\left(70\ \ 0{,}3\cdot\sum_i A_{fi}\ \right) \quad (W)$$

Dabei ist:

$A_{f,sec\ i}$ die Nutzfläche der Energiezone i in m²

Die Werte aller von der Umwälzpumpe j bedienten Energiezonen i sind zu addieren.

- für die Brauchwarmwasserverteilung (Zirkulationsleitungen)

Gl. 318 $$P_{pumps,dis,instal,j} = MAX\left(25\ \frac{\Delta p_{pumps}}{\eta_{pumps}}\cdot f_{insul,cirk\ k}\cdot\frac{\sum_l \frac{l_{circ\ k,l}\cdot(60-\theta_{amb,January,l})}{R_{l,l}}}{\rho_W\cdot c_W\cdot\Delta\theta}\right) \quad (W)$$

- für Systeme, bei denen Wärme- und Brauchwarmwasserverteilung kombiniert sind (Combilus):

Gl. 319 $$P_{pumps,dis,instal,j} = MAX\left(70\ \frac{\Delta p_{pumps}}{\eta_{pumps}}\cdot f_{insul,cirk\ k}\cdot\frac{\sum_l \frac{l_{circ\ k,l}\cdot(60-\theta_{amb,January,l})}{R_{l,l}}}{\rho_W\cdot c_W\cdot\Delta\theta}\right) \quad (W)$$

Dabei ist:

Δp_{pumps} die minimale Förderhöhe in Pa, die wie nachstehend beschrieben ermittelt wird

η_{pumps} der Wirkungsgrad der Umwälzpumpe. Sein Wert ist allgemein als gleich 0,2 festgelegt. (-)

$f_{insul,circ\ k}$ ein Korrekturfaktor, der den Auswirkungen von Kältebrücken auf den Wärmewiderstand der Teilstücke k der Zirkulationsleitung, wie in § 9.3.2 von Anhang A.1 definiert, Rechnung trägt (-)

$l_{circ\ k,l}$ die Länge des Teilstücks l der Zirkulationsleitung k in m

$\theta_{amb,January,l}$ die durchschnittliche Umgebungstemperatur des Leitungsteilstücks l im Monat Januar in °C, wie in § 9.3.2.2 von Anhang A.1 definiert

$R_{l,l}$ der lineare Wärmewiderstand $R_{l,l}$ des Teilstücks l in m.K/W, wie in § E.3 von Anhang A.1 definiert

t_m die betroffene Monatslänge in Ms, ausgewiesen in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

t_a die Jahreslänge in Ms, die sich aus der Summe der 12 monatlichen, **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ergibt

ρ_W Dichte des Wassers, in kg/m³. Ihr Wert wird allgemein als gleich 998 kg/m³ festgesetzt

c_W die spezifische Wärmespeicherfähigkeit von Wasser in J/(kg.K). Ihr Wert ist allgemein als gleich 4182 kg/m³ festgesetzt

$\Delta\theta$ die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf in K. Sie ist allgemein als gleich 5 K festgesetzt.

Die Werte aller Teilstücke l der Zirkulationsleitung i, welche die Umwälzpumpe j bedient, sind zu addieren.

Die minimale Förderhöhe wird durch Folgendes bestimmt:

Gl. 320 $\Delta p_{pumps} = \sum_l l_{circ\ k,l} \cdot 300$ (Pa)

Dabei ist:

$l_{circ\ k,l}$ die Länge des Teilstücks l der Zirkulationsleitung k in m.

Muss die Summe aller Segmente der Zirkulationsleitung k, die durch die Pumpe j bedient werden.

Bedient eine Umwälzpumpe mehrere PEN- und/oder PER-Einheiten, so ist die Leistung der Umwälzpumpe ($_{pumps,dis,instal,j}$) entsprechend des Bruttowärmebedarfs der jeweiligen PEN- und/oder PER-Einheiten proportional auf diese zu verteilen. Bei Wärmeverteilung für die Heizung muss sich die Aufteilung auf den Bruttoenergiebedarf für Heizung stützen. Bei Kälteverteilung muss sich die Aufteilung auf den Bruttoenergiebedarf für Kühlung stützen. Bei Brauchwarmwasserverteilung oder Combilus muss sich die Aufteilung auf den Bruttobedarf für Brauchwarmwasser stützen.

8.2.4 Ermittlung der Betriebszeit $t_{on,dis,j,m}$

Die monatliche Betriebszeit $t_{on,dis,j,m}$, der Umwälzpumpe j in Ms, wird je nach Verteilungssystem folgendermaßen ermittelt:

- Für die Umwälzpumpen der Brauchwarmwasserverteilung (Zirkulationsleitungen):

Gl. 321 $t_{on,dis,j,m} = t_m$ (Ms)

- Für die Umwälzpumpen der Heizung:

Gl. 322 $t_{on,dis,j,m} = \max(t_{on,dis,heat,j,m,Sek.\,i})$ (Ms)

- Für die Umwälzpumpen des Kälteverteilungssystems:

Gl. 323 $t_{on,dis,j,m} = \max(t_{on,dis,cool,j,m,Sek.\,i})$ (Ms)

Dabei ist:

t_m die betroffene Monatslänge in Ms, ausgewiesen in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

$t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$ die monatliche Betriebszeit der Umwälzpumpe j für das Wärmeverteilungssystem in der Energiezone i in Ms - sie wird wie folgt ermittelt:

$t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i}$ die monatliche Betriebszeit in Ms der Umwälzpumpe j für das Kälteverteilungssystem in der Energiezone i - sie wird wie folgt ermittelt:

Es ist der maximale Wert für alle Energiezonen i (der betreffenden PEN-Einheit oder einer anderen PEN- oder PER-Einheit) zu ermitteln, welche von der Umwälzpumpe bedient werden.

Die monatliche Betriebszeit der Umwälzpumpe j für das Wärmeverteilungssystem in der Energiezone i, $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$, wird wie folgt ermittelt:

- Bei einer geregelten Nassläuferpumpe (EIN/AUS-Regelung ausgenommen) mit bekanntem EEI:

Gl. 324 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = MIN\left(t_{heat,\ Sek.\ i,\ m} \cdot \left(0{,}6 + 0{,}625 \cdot \frac{EEI}{0{,}23}\right)\ t_m \cdot \frac{1}{2}\right)$ (Ms)

- Bei einer geregelten Trockenläuferpumpe (EIN/AUS-Regelung ausgenommen):

Gl. 325 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = MIN.\left(t_{heat,\ Sek.\ i,\ m}\ \ t_m \cdot \frac{1}{2}\right)$ (Ms)

- Bei einer Umwälzpumpe mit EIN-/AUS-Regelung oder einer geregelten Nassläuferpumpe (EIN-/AUS-Regelung), deren EEI unbekannt ist:

Gl. 326 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = t_m \cdot \frac{1}{2}$ (Ms)

- In allen anderen Fällen oder wenn keine Angaben zur Regelung vorliegen:

Gl. 327 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = t_m$ (Ms)

Dabei ist:

$t_{heat,sec\ i,m}$	die übliche monatliche Betriebszeit des Wärmeabgabesystems der Energiezone i in Ms, sie wird gemäß § D.1 von Anhang A.1 ermittelt mit den unten erwähnten Annahmen;
EEI	der Energieeffizienzindex gemäß (CE-)Vorschrift Nr. 641/2009 (-)
t_m	die betroffene Monatslänge in Ms, ausgewiesen in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

Ausnahmen:

- Bei den Energiezonen, die nur Funktionsbereiche des Typs „Unterricht" oder „Technikräume" umschließen, wird davon ausgegangen, dass während der Monate Juli und August $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$ gleich Null ist.
- Bei den Energiezonen, die nur Funktionsbereiche des Typs „Technikräume" umschließen, wird davon ausgegangen, dass das ganze Jahr über $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$ gleich Null ist.

Wenn $t_{heat,sec\ i}$ Bestimmung gelten die folgenden Konventionen:

Gl. 375 $H_{T,sec\ i,m} = \sum_f H_{T,heat,fct\ f}$ (W/K)

Gl. 376 $V_{sec\ i} = 3{,}3 \cdot A_{f,sec\ i}$ (m^3)

Dabei ist:

$H_{T,heat,fct\ f}$	der Transmissionswärmedurchgangskoeffizient in W/K des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, ermittelt gemäß § 5.5;
$A_{f,sec\ i}$	die Nutzfläche der Energiezone i in m^2.

Die monatliche Betriebszeit der Umwälzpumpe j für das Kälteverteilungssystem in der Energiezone i, $t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i}$, wird wie folgt ermittelt:

- Bei einer geregelten Nassläuferpumpe (EIN/AUS-Regelung ausgenommen) mit bekanntem EEI:

Gl. 328 $$t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i} = \mathrm{MIN}\left(t_{cool,\,Sek.\,i,\,m} \cdot \left(0{,}6 + 0{,}625 \cdot \frac{EEI}{0{,}23}\right)\ t_m \cdot \frac{1}{2}\right)$$ (Ms)

- Bei einer geregelten Trockenläuferpumpe (EIN-/AUS-Regelung ausgenommen):

Gl. 329 $$t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i} = \mathrm{MIN.}\left(t_{cool,\,Sek.\,i,\,m}\ \ t_m \cdot \frac{1}{2}\right)$$ (Ms)

- Bei einer Umwälzpumpe mit EIN-/AUS-Regelung oder einer geregelten Nassläuferpumpe (EIN-/AUS-Regelung), deren EEI unbekannt ist:

Gl. 330 $$t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i} = t_m \cdot \frac{1}{2}$$ (Ms)

- In allen anderen Fällen oder wenn keine Angaben zur Regelung vorliegen:

Gl. 331 $$t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i} = t_m$$ (Ms)

Dabei ist:

$t_{heat,sec\ i,m}$	die übliche monatliche Betriebszeit in Ms des Kühlungssystems der Energiezone i - sie wird wie nachstehend beschrieben ermittelt.
EEI	der Energieeffizienzindex gemäß (CE-)Vorschrift Nr. 641/2009 (-)
t_m	die betroffene Monatslänge in Ms, ausgewiesen in **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

Dabei ist:

Gl. 332 $$t_{cool,\,Sek.\,i,\,m} = \frac{\sum_j Q_{cool,gross,sec\ j,m}}{\sum_k P_{gen,cool,k} \cdot 1000}$$ (Ms)

Dabei ist:

$Q_{cool,gross,sec\ j,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Kühlung der Energiezone j, wie in § 6.2 für die PEN-Einheiten definiert. Bei den PER-Einheiten wird dieser Bruttoenergiebedarf für Kühlung ermittelt, indem man den Nettoenergiebedarf für Kühlung entsprechend § 8.5 von Anhang A.1 berechnet und diesen Wert dann durch 0,9 dividiert.
$P_{gen,cool,k}$	die Nennleistung des Kälteerzeugers der Energiezone i in kW.

Die Werte aller Kälteerzeuger k, welche die Energiezone i versorgen,und aller Energiezonen j, die von (mindestens) einem der Kälteerzeuger k der Energiezone i versorgt werden, sind zu addieren.

Im Zusammenhang mit der Betriebszeit wird ein Combilus wie eine Leitung der Brauchwarmwasserverteilung behandelt.

8.3 Zusätzlicher Stromverbrauch für die Kälteerzeuger

8.3.1 Prinzip

Bei wassergekühlten Kälteerzeugern liegt auf der Kondensatorseite immer ein zusätzlicher Stromverbrauch vor. Wenn die Kältemaschine mit einem Kühlturm verbunden ist, besteht ein zusätzlicher Verbrauch für die Sprühpumpe und den Ventilator des Kühlturms. Bei Absorptionskältemaschinen besteht ein zusätzlicher Verbrauch für die Zirkulation des Absorptionsmittels.

Die Rechenwerte für den zusätzlichen Stromverbrauch der Kälteerzeuger werden wahlweise anhand einer der beiden folgenden Methoden ermittelt:

- einfache Methode (§ 8.3.2);
- detaillierte Methode (§ 8.3.2.4).

8.3.2 Einfache Methode

8.3.2.1 Rechenregel

Der zusätzliche monatliche Stromverbrauch der Kälteerzeuger der PEN-Einheit, $W_{aux,cool,m}$, ist folgendermaßen zu ermitteln:

Gl. 333
$$W_{aux,cool,m} = W_{aux,pumps,fans,m} + W_{aux,int,m} + W_{electr,gen,m} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{aux,pumps,fans,m}$ der monatliche Stromverbrauch in kWh der Umwälzpumpe(n) und kondensatorseitigen Ventilatoren - er wird gemäß § 8.3.2.2 ermittelt.

$W_{aux,int,m}$ der monatliche Stromverbrauch der Umwälzpumpe für das Absorptionsmittel in kWh - er wird gemäß § 8.3.2.3 ermittelt.

$W_{electr,gen,m}$ der monatliche Stromverbrauch der Elektronik in kWh - er wird gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** definiert.

8.3.2.2 Stromverbrauch der Umwälzpumpe(n) und der Ventilatoren auf Kondensatorseite

Gl. 100
$$W_{aux,pumps,fans,m} = \sum_{i} W_{aux,pumps,fans,sec\,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

Gl. 101
$$W_{aux,pumps,fans,seci,m} = \frac{0,08}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,sec,i,m} \cdot \left(w_{pumps,fans,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,pref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,pref}} \right) + w_{pumps,fans,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,npref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,npref}} \right) \right) \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{aux,pumps,fans,seci,m}$ monatlicher Stromverbrauch in kWh der Umwälzpumpe(n) und des/der Ventilators/Ventilatoren auf der Kondensatorseite der Kälteerzeuger, die den Energiesektor i versorgen;

$Q_{cool,gross,seci,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 6.2;

$w_{pumps,fans,pref}$ Faktor zur Berücksichtigung der Tatsache, dass der Hauptkälteerzeuger mit einem Kühlturm oder einem unterirdischen Wärmetauscher verbunden ist:

- falls ja, gilt: $w_{pumps,fans,pref} = 1$;
- falls nein, gilt: $w_{pumps,fans,pref} = 0$;

$w_{pumps,fans,npref}$ Faktor zur Berücksichtigung der Tatsache, dass der Nebenkälteerzeuger mit einem Kühlturm oder einem unterirdischen Wärmetauscher verbunden ist:

- falls ja, gilt: $w_{pumps,fans,pref} = 1$;
- falls nein, gilt: $w_{pumps,fans,pref} = 0$;

$f_{cool,pref}$ durchschnittlicher jährlicher Anteil der von dem/den Hauptkälteerzeuger(n) abgegebenen Kälte, ermittelt gemäß § 7.3.2, (-);

$f_{cool,m,free,pref}$ durchschnittlicher monatlicher Anteil der von dem/den Hauptkälteerzeuger(n) im Free-chilling-Betrieb abgegebenen Energie, ermittelt gemäß § 7.4,(-);

$f_{cool,m,free,npref}$ durchschnittlicher monatlicher Anteil der von dem/den Nebenkälteerzeuger(n) im Free-chilling-Betrieb abgegebenen Energie, ermittelt gemäß § 7.4, (-);

$\eta_{gen,cool,m,pref}$ monatlicher Erzeugungswirkungsgrad des Hauptkälteerzeugers, ermittelt gemäß § 7.5.2, (-);

$\eta_{gen,cool,m,npref}$ monatlicher Erzeugungswirkungsgrad des Nebenkälteerzeugers, ermittelt gemäß § 7.5.2, (-).

Die Werte aller Energiesektoren i der PEN-Einheit sind zu addieren.

8.3.2.3 Stromverbrauch der Umwälzpumpe des Absorptionsmittels

Gl. 102 $$W_{aux,int,m} = \sum_i W_{aux,int,sec\,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

Gl. 103 $$W_{aux,int,seci,m} = \frac{0,014}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,sec,i,m} \cdot \begin{pmatrix} w_{int,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \\ + w_{int,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \end{pmatrix} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{aux,int,seci,m}$ Stromverbrauch in kWh der Umwälzpumpe des Absorptionsmittels der Absorptionskältemaschinen, die den Energiesektor i versorgen;

$Q_{cool,gross,seci,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 6.2;

$w_{int,pref}$ Faktor zur Berücksichtigung der Tatsache, dass der Hauptkälteerzeuger eine Absorptionskältemaschine ist:

- falls ja, gilt: $w_{int,pref} = 1$;
- falls nein, gilt: $w_{int,pref} = 0$;

$w_{int,npref}$ Faktor zur Berücksichtigung der Tatsache, dass der Nebenkälteerzeuger eine Absorptionskältemaschine ist:

- falls ja, gilt: $w_{int,pref} = 1$;
- falls nein, gilt: $w_{int,pref} = 0$;

$f_{cool,pref}$ durchschnittlicher jährlicher Anteil der von dem/den Hauptkälteerzeuger(n) abgegebenen Kälte, ermittelt gemäß § 7.3.2, (-);

$f_{cool,m,free,pref}$ durchschnittlicher monatlicher Anteil der von dem/den Hauptkälteerzeuger(n) im Free-chilling-Betrieb abgegebenen Energie, ermittelt gemäß § 7.4,(-);

$f_{cool,m,free,npref}$ durchschnittlicher monatlicher Anteil der von dem/den Nebenkälteerzeuger(n) im Free-chilling-Betrieb abgegebenen Energie, ermittelt gemäß § 7.4, (-).

Die Werte aller Energiesektoren i der PEN-Einheit sind zu addieren.

8.3.2.4 Der Stromverbrauch der Elektronik

Der monatliche Stromverbrauch der Elektronik, $W_{electr,gen,m}$, ist folgendermaßen zu ermitteln:

Gl. 334 $$W_{electr,gen,m} = \sum_j P_{electr,gen,j} \cdot \frac{t_m}{3,6}$$ (kWh)

Dabei ist:

$P_{electr,gen,j}$ die im Standby-Modus für die Erzeugung verlorene Leistung der Elektronik in W - die verlorene Leistung beträgt pro Erzeuger 10 W.

t_m die betroffene Monatslänge in Ms, ausgewiesen in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

Die Werte aller Kälteerzeuger j, welche die PEN-Einheit bedienen, sind zu addieren.

Bedient ein Erzeuger mehrere PEN- und/oder PER-Einheiten, so ist die im Standby-Modus verlorene Leistung entsprechend dem Bruttokühlungsbedarf der jeweiligen EEN- und/oder EEW-Einheiten proportional auf diese zu verteilen.

8.3.3 Detaillierte Methode

8.3.3.1 Rechenregel

Der zusätzliche monatliche Stromverbrauch der Kälteerzeuger der PEN-Einheit, $W_{aux,cool,m}$, ist folgendermaßen zu ermitteln:

Gl. 335 $$W_{aux,cool,m} = W_{aux,pumps,m} + W_{aux,ct,m} + W_{aux,int,m} + W_{electr,gen,m}$$ (kWh)

$W_{aux,pumps,m}$ der monatliche Stromverbrauch in kWh der kondensatorseitigen Umwälzpumpe(n) - er wird gemäß § 8.3.3.2 ermittelt.

$W_{aux,ct,m}$ der monatliche Stromverbrauch des Kühlturms in kWh - er wird gemäß § 8.3.3.3 ermittelt.

$W_{aux,int,m}$ der monatliche Stromverbrauch der Umwälzpumpe für das Absorptionsmittel in kWh - er wird gemäß § 8.3.3.4 ermittelt.

$W_{electr,gen,m}$ der monatliche Stromverbrauch der Elektronik in kWh - er wird gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** definiert.

8.3.3.2 Stromverbrauch der Umwälzpumpe(n) auf der Kondensatorseite

Der monatliche Stromverbrauch der kondensatorseitigen Umwälzpumpe(n), $W_{aux,pumps,m,}$ ist folgendermaßen zu ermitteln:

Gl. 105
$$W_{aux,pumps,m} = \sum_{i} W_{aux,pumps,sec\,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

$$W_{aux,pumps,seci,m} = \frac{0,016}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,sec,i,m}.$$

Gl. 106
$$\left(w_{pumps,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,pref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,pref}} \right) + w_{pumps,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,npref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,npref}} \right) \right) \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{aux,pumps,seci,m}$ monatlicher Stromverbrauch der Umwälzpumpe(n) auf der Kondensatorseite des Energiesektors i in kWh;

$Q_{cool,gross,seci,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 6.2;

$f_{cool,pref}$ durchschnittlicher jährlicher Anteil der von dem/den Hauptkälteerzeuger(n) abgegebenen Kälte, ermittelt gemäß § 7.3.2, (-);

$f_{cool,m,free,pref}$ durchschnittlicher monatlicher Anteil der von dem/den Hauptkälteerzeuger(n) im Free-chilling-Betrieb abgegebenen Energie, ermittelt gemäß § 7.4,(-);

$f_{cool,m,free,npref}$ durchschnittlicher monatlicher Anteil der von dem/den Nebenkälteerzeuger(n) im Free-chilling-Betrieb abgegebenen Energie, ermittelt gemäß § 7.4, (-);

$\eta_{gen,cool,m,pref}$ monatlicher Erzeugungswirkungsgrad des Hauptkälteerzeugers, ermittelt gemäß § 7.5.2, (-);

$\eta_{gen,cool,m,npref}$ monatlicher Erzeugungswirkungsgrad des Nebenkälteerzeugers, ermittelt gemäß § 7.5.2, (-);

$w_{pumps,pref}$ Faktor zur Berücksichtigung der Tatsache, dass der Hauptkälteerzeuger mit einem Kühlturm oder einem unterirdischen Wärmetauscher verbunden ist:

- mit einem Kühlturm verbunden und wassergekühlt: $w_{pumps,pref} = 1$;
- mit einem unterirdischen Wärmetauscher (geschlossenes Geocooling-System) verbunden und wassergekühlt: $w_{pumps,pref} = 5$;
- in den anderen Fällen: $w_{pumps,pref} = 0$;

$w_{pumps,npref}$ Faktor zur Berücksichtigung der Tatsache, dass der Nebenkälteerzeuger mit einem Kühlturm oder einem unterirdischen Wärmetauscher verbunden ist:

- mit einem Kühlturm verbunden und wassergekühlt: $w_{pumps,npref} = 1$;
- mit einem unterirdischen Wärmetauscher (geschlossenes Geocooling-System) verbunden und wassergekühlt: $w_{pumps,npref} = 5$;
- in den anderen Fällen: $w_{pumps,npref} = 0$.

Die Werte aller Energiesektoren i der PEN-Einheit sind zu addieren.

8.3.3.3 Stromverbrauch des/der Kühlturms/Kühltürme

Der monatliche Stromverbrauch des Kühlturms, $W_{aux,ct,m,}$ ist folgendermaßen zu ermitteln:

Gl. 107 $$W_{aux,ct,m} = \sum_{i} W_{aux,ct,sec\,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

$$W_{aux,ct,seci,m} = \frac{Q_{cool,gross,sec,i,m}}{3,6}.$$

Gl. 108

$$\left(\begin{array}{l} w_{ct,pref} \cdot f_{ct,m,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,pref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,pref}} \right) \\ + w_{ct,npref} \cdot f_{ct,m,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,npref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,npref}} \right) \end{array} \right) \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{aux,ct,seci,m}$	der monatliche Stromverbrauch in kWh des Kühlturms/der Kühltürme des Wärmeerzeugungssystem für die Energiezone i
$Q_{cool,gross,seci,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 6.2;
$f_{ct,m,pref}$	monatlicher Korrekturfaktor der mit dem Hauptkälteerzeuger verbundenen Kühltürme, wie nachstehend ermittelt;
$f_{ct,m,npref}$	monatlicher Korrekturfaktor der mit dem Nebenkälteerzeuger verbundenen Kühltürme, wie nachstehend ermittelt;
$f_{cool,pref}$	durchschnittlicher jährlicher Anteil der von dem/den Hauptkälteerzeuger(n) abgegebenen Kälte, ermittelt gemäß § 7.3.2, (-);
$f_{cool,m,free,pref}$	durchschnittlicher monatlicher Anteil der von dem/den Hauptkälteerzeuger(n) im Free-chilling-Betrieb abgegebenen Energie, ermittelt gemäß § 7.4,(-);
$f_{cool,m,free,npref}$	durchschnittlicher monatlicher Anteil der von dem/den Nebenkälteerzeuger(n) im Free-chilling-Betrieb abgegebenen Energie, ermittelt gemäß § 7.4, (-);
$\eta_{gen,cool,m,pref}$	monatlicher Erzeugungswirkungsgrad des Hauptkälteerzeugers, ermittelt gemäß § 7.5.2, (-);
$\eta_{gen,cool,m,npref}$	monatlicher Erzeugungswirkungsgrad des Nebenkälteerzeugers, ermittelt gemäß § 7.5.2, (-);
$w_{ct,pref}$	Faktor zur Berücksichtigung der Tatsache, dass der Hauptkälteerzeuger mit einem Kühlturm verbunden ist: - mit einem Kühlturm verbunden: $w_{ct,pref} = 1$; - falls nein, gilt: $w_{ct,pref} = 0$;
$w_{ct,npref}$	Faktor zur Berücksichtigung der Tatsache, dass der Nebenkälteerzeuger mit einem Kühlturm verbunden ist: - mit einem Kühlturm verbunden: $w_{ct,npref} = 1$; - falls nein, gilt: $w_{ct,npref} = 0$.

Die Werte aller Energiesektoren i der PEN-Einheit sind zu addieren.

Der monatliche Korrekturfaktor der mit dem Kälteerzeuger verbundenen Kühltürme wird wie folgt ermittelt:

Gl. 109 $f_{ct,m} = C_{ct,1} - C_{ct,2} \cdot \min(\theta_{co,m}, \theta_{co,MAX})$ (-)

Dabei ist:

$C_{ct,1}$, $C_{ct,2}$ Faktoren zur Ermittlung des monatlichen Hilfsenergieverbrauchs, ermittelt gemäß Tabelle [28], (-);

$\theta_{co,m}$ monatliche Betriebstemperatur des Kondensators in °C, ermittelt gemäß 7.5.2.3.2;

$\theta_{co,MAX}$ maximale Betriebstemperatur des Kondensators in °C, aufgeführt in Tabelle [28].

Tabelle [28]: Konstanten zur Berechnung des Energieverbrauchs eines Kühlturms

Turmtyp	Ventilatortyp	$\theta_{co,MAX}$	$C_{ct,1}$	$C_{ct,2}$
Luftkühler (Dry cooler)	Ventilator mit konstanter Geschwindigkeit	32	0,100	0,0027
	Ventilator mit 2 Geschwindigkeiten	32	0,083	0,0025
	Ventilator mit variabler Geschwindigkeit	32	0,078	0,0024
Offener Turm und geschlossener Turm	Ventilator mit konstanter Geschwindigkeit	26	0,130	0,0041
	Ventilator mit 2 Geschwindigkeiten	26	0,130	0,0047
	Ventilator mit variabler Geschwindigkeit	26	0,130	0,0046

8.3.3.4 Stromverbrauch der Umwälzpumpe des Absorptionsmittels

Der monatliche Stromverbrauch der Umwälzpumpe des Absorptionsmittels wird wie folgt ermittelt:

Gl. 110 $W_{aux,int,m} = \sum_i W_{aux,int,seci,m}$ (kWh)

Gl. 111
$$W_{aux,int,seci,m} = \frac{0,46}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,seci,m} \cdot \left[w_{int,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \cdot \left(\max\left(320, P_{gen,pref}\right)\right)^{-0,606} + w_{int,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \cdot \left(\max\left(320, P_{gen,npref}\right)\right)^{-0,606} \right]$$ (kWh)

$W_{aux,int,seci,m}$ der Stromverbrauch der Umwälzpumpe des Absorptionsmittels in kWh;

$P_{gen,pref}$ die Nennleistung der Hauptkompressionskältemaschine in kW, ermittelt nach dem Absatz „Rated Full Load Performance" der Norm Ari 560-2000;

$P_{gen,npref}$ die Nennleistung der Nebenkompressionskältemaschine in kW, ermittelt nach dem Absatz „Rated Full Load Performance" der Norm Ari 560-2000;

$Q_{cool,gross,seci,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 6.2;

$w_{int,pref}$ ein Faktor zur Berücksichtigung der Tatsache, dass der Hauptkälteerzeuger eine Absorptionskältemaschine ist:

- falls ja, gilt: $w_{int,pref} = 1$;
- falls nein, gilt: $w_{int,pref} = 0$;

$w_{int,npref}$ ein Faktor zur Berücksichtigung der Tatsache, dass der Nebenkälteerzeuger eine Absorptionskältemaschine ist:
- falls ja, gilt: $w_{int,npref} = 1$;
- falls nein, gilt: $w_{int,npref} = 0$.

Die Werte aller Energiesektoren i der PEN-Einheit sind zu addieren.

8.3.3.5 Der Verbrauch der Elektronik

Der monatliche Stromverbrauch der Elektronik, $W_{electr,geb,m,}$ ist folgendermaßen zu ermitteln:

Gl. 336 $$W_{electr,gen,m} = \sum_j P_{electr,gen,j} \cdot \frac{t_m}{3,6}$$ (kWh)

Dabei ist:

$P_{electr,gen,j}$ die im Standby-Modus für die Erzeugung verlorene Leistung der Elektronik in W - die verlorene Leistung beträgt pro Erzeuger 10 W.

t_m die betroffene Monatslänge in Ms, ausgewiesen in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

Die Werte aller Kälteerzeuger j, welche die PEN-Einheit bedienen, sind zu addieren.

Bedient ein Erzeuger mehrere PEN- und/oder PER-Einheiten, so ist die im Standby-Modus verlorene Leistung entsprechend dem Bruttokühlungsbedarf der jeweiligen PEN- und/oder PER-Einheiten proportional auf diese zu verteilen.

8.4 Zusätzlicher Stromverbrauch für Free-chilling

Ein Kälteerzeuger im Free-chilling-Betrieb verbraucht nur für die Umwälzpumpen und/oder die Kühltürme Energie. Der Stromverbrauch für den Free-chilling-Betrieb wird wie folgt ermittelt:

Gl. 112 $$W_{aux,free,m} = W_{aux,pumps,free,m} + W_{aux,ct,free,m}$$ (kWh)

Dabei ist:

$W_{aux,pumps,free,m}$ monatlicher Stromverbrauch in kWh der Umwälzpumpen auf der Kondensatorseite des Kälteerzeugers, der im Free-chilling-Betrieb arbeitet;

$W_{aux,ct,free,m}$ monatlicher Stromverbrauch in kWh des Kühlturms, der im Free-chilling-Betrieb arbeitet.

Der Stromverbrauch der Umwälzpumpen auf der Kondensatorseite wird wie folgt ermittelt:

Gl. 113 $$W_{aux,pumps,free,m} = \sum_i W_{aux,pumps,free,sec\,i,m}$$ (kWh)

$$W_{aux,pumps,free,seci,m} = \frac{0,052}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,sec,i,m} \cdot$$

Gl. 114

$$\left(\begin{array}{l} w_{pumps,free,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot f_{cool,m,free,pref} \\ + w_{pumps,free,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot f_{cool,m,free,npref} \end{array} \right) \quad \text{(kWh)}$$

$Q_{cool,gross,seci,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 6.2;

$f_{cool,pref}$ durchschnittlicher jährlicher Anteil der von dem/den Hauptkälteerzeuger(n) abgegebenen Kälte, ermittelt gemäß § 7.3.2, (-);

$f_{cool,m,free,pref}$ durchschnittlicher monatlicher Anteil der von dem/den Hauptkälteerzeuger(n) im Free-chilling-Betrieb abgegebenen Energie, ermittelt gemäß § 7.4,(-);

$f_{cool,m,free,npref}$ durchschnittlicher monatlicher Anteil der von dem/den Nebenkälteerzeuger(n) im Free-chilling-Betrieb abgegebenen Energie, ermittelt gemäß § 7.4, (-);

$w_{pumps,free,pref}$ Faktor zur Berücksichtigung der Tatsache, dass der Hauptkälteerzeuger im Free-chilling-Betrieb arbeitet:

- falls ja:
  - wenn es sich um Free-chilling-Betrieb per Luft handelt, gilt $w_{pumps,free,pref} = 1$;
  - wenn es sich um Geocooling/ein geschlossenes oder offenes System handelt, gilt $w_{pumps,free,pref} = 1,54$;
- falls nein, gilt: $w_{pumps,free,pref} = 0$;

$w_{pumps,free,npref}$ Faktor zur Berücksichtigung der Tatsache, dass der Nebenkälteerzeuger im Free-chilling-Betrieb arbeitet:

- falls ja:
  - wenn es sich um Free-chilling-Betrieb per Luft handelt, gilt $w_{pumps,free,pref} = 1$;
  - wenn es sich um Geocooling/ein geschlossenes oder offenes System handelt, gilt $w_{pumps,free,pref} = 1,54$;
- falls nein, gilt: $w_{pumps,free,pref} = 0$.

Die Werte aller Energiesektoren i der PEN-Einheit sind zu addieren.

Der Stromverbrauch des Kühlturms wird wie folgt ermittelt:

Gl. 115 $$W_{aux,ct,free,m} = \sum_{i} W_{aux,ct,free,sec\,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

$$W_{aux,ct,free,seci,m} = \frac{\left(0,10 + 0,003 \cdot \theta_{ev}\right)}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,sec,i,m}$$

Gl. 116

$$\cdot \left(\begin{array}{l} w_{ct,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot f_{cool,m,free,pref} \\ + w_{ct,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot f_{cool,m,free,npref} \end{array} \right) \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{aux,ct,free,seci,m}$	monatlicher Stromverbrauch in kWh des Kühlturms, der im Free-chilling-Betrieb arbeitet, im Energiesektor i;
$Q_{cool,gross,seci,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 6.2;
θ_{ev}	Betriebstemperatur des Verdampfers in °C gemäß § 7.5.2.3.3;
$f_{cool,pref}$	durchschnittlicher jährlicher Anteil der von dem/den Hauptkälteerzeuger(n) abgegebenen Kälte, ermittelt gemäß § 7.3.2, (-);
$f_{cool,m,free,pref}$	durchschnittlicher monatlicher Anteil der von dem/den Hauptkälteerzeuger(n) im Free-chilling-Betrieb abgegebenen Energie, ermittelt gemäß § 7.4,(-);
$f_{cool,m,free,npref}$	durchschnittlicher monatlicher Anteil der von dem/den Nebenkälteerzeuger(n) im Free-chilling-Betrieb abgegebenen Energie, ermittelt gemäß § 7.4, (-);
$w_{ct,pref}$	Faktor zur Berücksichtigung der Tatsache, dass der Hauptkälteerzeuger mit einem Kühlturm verbunden ist: - falls ja, gilt: $w_{ct,pref} = 1$; - falls nein, gilt: $w_{ct,pref} = 0$;
$w_{ct,npref}$	Faktor zur Berücksichtigung der Tatsache, dass der Nebenkälteerzeuger mit einem Kühlturm verbunden ist: - falls ja, gilt: $w_{ct,npref} = 1$; - falls nein, gilt: $w_{ct,npref} = 0$.

Die Werte aller Energiesektoren i der PEN-Einheit sind zu addieren.

8.5 Elektrische Hilfsenergie für die Wärmeerzeugung

8.5.1 Prinzip

In diesem Kapitel wird der monatliche elektrische Hilfsenergieverbrauch der Zusatzgeräte des Wärmeerzeugungssystems ermittelt. Für die Umwandlung in Primärenergieverbrauch siehe § 10.5.

8.5.2 Rechenregel für die Ermittlung der elektrischen Hilfsenergie des Wärmeerzeugungssystems

8.5.2.1 Allgemeine Rechenregel

Ermitteln Sie den monatlichen Hilfsenergieverbrauch für die Wärmeerzeugung in der PEN-Einheit, $W_{aux,gen,m}$, folgendermaßen:

Gl. 337 $$W_{aux,gen,m} = W_{throttle/fans,gen,m} + W_{ct,gen,m} + W_{electr,gen,m} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{throttle/fans,gen,m}$	der monatliche Stromverbrauch der Gasventile und/oder Ventilatoren im Wärmeerzeugungssystem der betreffenden PEN-Einheit - er wird gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** in kWh ermittelt.
$W_{ct,gen,m}$	der monatliche Stromverbrauch in kWh des Kühlturms/der Kühltürme, der/die an die Wärmeerzeugung angeschlossen ist/sind - er wird gemäß § 8.5.2.3 ermittelt.

$W_{electr,gen,m}$ der monatliche Stromverbrauch in kWh der Elektronik in der betreffenden PEN-Einheit - er wird in § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** bestimmt.

8.5.2.2 Der Stromverbrauch von Gasventilen und/oder Ventilatoren

8.5.2.2.1 Allgemeine Rechenregel

$W_{throttle/fans,gen,m}$ wird wie folgt definiert:

Gl. 338 $$W_{throttle/fans,gen,m} = \sum_j P_{throttle/fans,gen,spec} \cdot P_{throttle/fans,gen,j} \cdot \frac{t_{on,gen,j,m}}{3,6} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$P_{throttle/fans,gen,spec}$ die spezifische Leistung der Erzeuger, die mit einem Ventilator und/oder einem Gasventil ausgestattet sind - sie wird als gleich 1 W/kW angesehen.

$P_{throttle/fans,gen,j}$ die Nennleistung des Erzeugers j in kW

$t_{on,gen,j,m}$ die Betriebszeit des Gasventils und/oder des Ventilators, der den Erzeuger j bedient - er wird in § 8.5.2.2.2 bestimmt.

Die Werte aller Kälteerzeuger, welche die PEN-Einheit bedienen und mit einem Gasventil und/oder einem Ventilator arbeiten, sind zu addieren.

Bedient ein Erzeuger mehrere PEN- und/oder PER-Einheiten, so ist die in der Gl. 338 genannte Nennleistung des Erzeugers entsprechend dem Gesamtbruttobedarf der jeweiligen PEN- und/oder PER-Einheiten proportional auf diese zu verteilen. Bedient der Erzeuger ausschließlich die Heizung, so muss sich die Aufteilung auf den Bruttoheizbedarf stützen. Bedient der Erzeuger ausschließlich die Heizung, so muss sich die Aufteilung auf den Bruttoenergiebedarf für Heizung stützen. Bedient der Erzeuger ausschließlich die Brauchwarmwassererzeugung, so muss sich die Aufteilung auf den Bruttoenergiebedarf für Brauchwarmwasser stützen. Bedient der Erzeuger beide Systeme, so muss sich die Aufteilung auf den jeweiligen Bruttoenergiebedarf für Heizung und für Brauchwarmwasser stützen.

Bei Brauchwarmwasseranlagen, deren Wirkungsgrad für Erzeugung und Heizung gemäß § 10.3.3.4.1 von Anhang A.1 ermittelt wurde, wurde der elektrische Hilfsenergieverbrauch für die Wärmeerzeugung bereits miteinbezogen. Er muss daher in der Gl. 338.

8.5.2.2.2 *Definition der Betriebszeit $t_{on,gen,j,m}$*

$t_{on,gen,j,m}$ wird wie folgt definiert:

Gl. 339 $$t_{on,gen,j,m} = MIN\left(t_m ; \frac{\left(\sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m} + \sum_k Q_{water,bath\ k,gross,m} + \sum_k Q_{water,sink\ k,gross,m} + \sum_k Q_{water,other\ k,gross,m} + \sum_l Q_{hum,net,l} + \sum_o \sum_n \frac{Q_{cool,gross,sec\ n,m}}{EER_{nom,o}} \right)}{P_{throttle/fans,gen,j} \cdot 1000} \right) \quad \text{(Ms)}$$

Dabei ist:

t_m die Dauer des Monats in Ms, aufgeführt in Tabelle [1];

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für die Heizung der Räume in der Energiezone i - er wird gemäß § 9.2.1 von Anhang A.1 für PER-Einheiten und gemäß § 6.2 desselben für PEN-Einheiten ermittelt, solange dieser Bedarf vom Erzeuger j entsprechend § 10.2.2 von Anhang A.1 für die PER-Einheiten

	oder entsprechend § 7.2.1 desselben für PEN-Einheiten gedeckt wird;
$Q_{water,bath\ k,gross,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für das Brauchwarmwasser einer Dusche oder Badewanne k - er wird gemäß § 9.3.1 von Anhang A.1 für PER-Einheiten und gemäß § 6.5 desselben für PEN-Einheiten ermittelt, solange dieser Bedarf vom Erzeuger j entsprechend § 10.3.2 von Anhang A.1 für PER-Einheiten oder entsprechend § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** desselben für PEN-Einheiten gedeckt wird;
$Q_{water,bath\ k,gross,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für das Brauchwarmwasser einer Küchenspüle k - er wird gemäß § 9.3.1 von Anhang A.1 für PER-Einheiten und gemäß § 6.5 desselben für PEN-Einheiten ermittelt, solange dieser Bedarf vom Erzeuger j entsprechend § 10.3.2 von Anhang A.1 für PER-Einheiten oder entsprechend § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** desselben für PEN-Einheiten gedeckt wird;
$Q_{water,other\ k,gross,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für das Brauchwarmwasser einer anderen Entnahmestelle k - er wird gemäß § 6.5 ermittelt, solange dieser Bedarf vom Erzeuger j entsprechend § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** gedeckt wird;
$Q_{hum,net,l,m}$	der monatliche Nettoenergiebedarf für die Befeuchtung eines Gerätes l in MJ - er wird gemäß § 5.11 ermittelt, Vorausgesetzt, dass diese Bedürfnisse durch j Generator in Übereinstimmung mit § 7.2.1 abgedeckt werden;
$Q_{cool,gross,sec\ n,m}$	die monatliche Bruttoenergiebedarf für Raumkühlung Energiesektor n durch die Kältemaschine durch Absorption auf § 6.2 MJ bestimmt geliefert, vorausgesetzt, dass diese Bedürfnisse durch die Kältemaschine durch Absorption o Vereinbarung abgedeckt sind mit der § 7.2.2 und vorausgesetzt, dass die Wärme für die Kühlmaschine durch Absorption o j durch den Generator in Übereinstimmung mit der § 7.2.1 bedeckt ist;
$EER_{nom,o}$	der Koeffizient der durch Absorptionseffizienz der Kältemaschine Kühl o unter § 7.5.2 bestimmt, (-);
$P_{throttle/fans,gen,j}$	die Nennleistung des Erzeugers j in kW.

Folgende Werte sind grundsätzlich zu addieren:

- die Werte aller Energiezonen i (der betreffenden PEN-Einheit oder einer anderen PEN- oder PER-Einheit), die der Erzeuger j versorgt;
- die Werte aller Duschen k (in der betreffenden PEN-Einheit oder einer anderen PEN- oder PER-Einheit), die der Erzeuger j versorgt;
- die Werte aller Küchenspülen k (in der betreffenden PEN-Einheit oder einer anderen PEN- oder PER-Einheit), die der Erzeuger j versorgt;
- die Werte aller anderen Entnahmestellen k (in der betreffenden PEN-Einheit oder einer anderen PEN- oder PER-Einheit), die vom Erzeuger j versorgt werden;
- alle Befeuchtung Geräte l (EEN in der Beobachtungseinheit oder einer anderen Einheit EEN), die durch den Generator j bedient werden;
- alle Energiesektoren n (EEN in der Beobachtungseinheit oder einer anderen Einheit EEN), die von der Kältemaschine durch Absorption o und alle o Kältemaschinen bedient werden, die durch den Generator j bedient werden.

8.5.2.3 Der Stromverbrauch des Kühlturms/der Kühltürme, der/die an die Wärmeerzeugung angeschlossen ist/sind

Der Stromverbrauch des Kühlturms/der Kühltürme, der/die an die Wärmeerzeugung angeschlossen ist/sind, $W_{ct,gen,m}$, ist folgendermaßen zu ermitteln:

$$W_{ct,gen,m} = \sum_{i} W_{ct,gen,seci,m}$$

Gl. 340 (kWh)

$$W_{ct,\,gen,\,seci,m} = \frac{Q_{heat,gross,sec,i,m}}{3,6} \cdot \left(\begin{array}{l} w_{ct,pref} \cdot f_{ct,m,pref} \cdot f_{heat,m,pref} \cdot \left(\frac{\eta_{gen,heat,m,pref} - 1}{\eta_{gen,heat,m,pref}} \right) \\ + \sum_{k} w_{ct,npref\ k} \cdot f_{ct,m,npref\ k} \cdot f_{heat,m,npref\ k} \cdot \left(\frac{\eta_{gen,heat,m,npref\ k} - 1}{\eta_{gen,heat,m,npref\ k}} \right) \end{array} \right)$$

Gl. 341 (kWh)

Dabei ist:

$W_{ct,gen,seci,m}$ der monatliche Stromverbrauch in kWh des Kühlturms/der Kühltürme des Wärmeerzeugungssystem für die Energiezone i

$Q_{heat,gross,seci,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf für die Heizung der Energiezone i in MJ - er wird gemäß § 6.2 ermittelt

$f_{ct,m,pref}$ der monatliche Korrekturfaktor für die Kühltürme, die an den Haupterzeuger angeschlossen sind, wie nachstehend definiert

$f_{ct,m,pref}$ der monatliche Korrekturfaktor für die Kühltürme, die an den Nebenerzeuger k angeschlossen sind, wie nachstehend definiert

$f_{heat,m,pref}$ der monatliche Anteil der Gesamtwärmemenge, den der/die angeschlossene(n) Hauptwärmeerzeuger liefern, wie im § 7.3.1 festgelegt (-)

$f_{heat,m,npref\ k}$ der monatliche Anteil der Gesamtwärmemenge, den der/die angeschlossene(n) Hauptwärmeerzeuger k liefern, wie im § 7.3.1 bestimmt (-)

$\eta_{gen,heat,m,pref}$ der monatliche Erzeugungswirkungsgrad des/der Hauptwärmeerzeuger, er wird gemäß § 7.5.1 ermittelt. (-)

$\eta_{gen,heat,m,pref}$ der monatliche Erzeugungswirkungsgrad des/der Nebenwärmeerzeuger k, er wird gemäß § 7.5.1 ermittelt. (-)

$w_{ct,pref}$ ein Faktor, der mit einbezieht, ob der Haupterzeuger an einen Kühlturm angeschlossen ist oder nicht:

- der Haupterzeuger ist an einen Kühlturm angeschlossen: $w_{ct,pref} = 1$
- in allen anderen Fällen: $w_{ct,pref} = 0$

$w_{ct,npref\ k}$ ein Faktor, der berücksichtigt, ob der Nebenerzeuger k an einen Kühlturm angeschlossen ist oder nicht:

- der Haupterzeuger ist an einen Kühlturm angeschlossen: $w_{ct,npref} = 1$
- in allen anderen Fällen: $w_{ct,npref} = 0$

Die Werte aller Nebenwärmeerzeuger k, welche die Energiezone i versorgen, und aller Energiezonen j der PEN-Einheit sind zu addieren.

$F_{ct,m,pref,}$ der monatliche Korrekturfaktor für die Kühltürme, die an den Wärmeerzeuger angeschlossen sind, wird gemäß § 8.3.2.4 ermittelt.

8.5.2.4 Der Stromverbrauch der Elektronik

Der monatliche Stromverbrauch der Elektronik der betreffenden PEN-Einheit, $W_{electr,gen,m}$, ist folgendermaßen zu ermitteln:

Gl. 342 $$W_{electr,gen,m} = \sum_j P_{electr,gen,j} \cdot \frac{t_m}{3,6}$$ (kWh)

Dabei ist:

$P_{electr,gen,j}$ die im Standby-Modus für die Erzeugung verlorene Leistung der Elektronik in W - sie beträgt pro Erzeuger 10 W.

t_m die betroffene Monatslänge in Ms, siehe **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Grundsätzlich sind die Werte aller Erzeuger j zu addieren, welche die PEN-Einheit bedienen.

Bedient ein Erzeuger mehrere PEN- und/oder PER-Einheiten, so ist die im Standby-Modus verlorene Leistung entsprechend dem Bruttokühlungsbedarf der betreffenden PEN- und/oder PER-Einheiten proportional auf diese zu verteilen. Bedient der Erzeuger ausschließlich die Heizung, so muss sich die Aufteilung auf den Bruttoheizbedarf stützen. Bedient der Erzeuger ausschließlich die Brauchwarmwassererzeugung, so muss sich die Aufteilung auf den Bruttoenergiebedarf für Brauchwarmwasser stützen. Bedient der Erzeuger beide Systeme, so muss sich die Aufteilung auf den jeweiligen Bruttoenergiebedarf für Heizung und für Brauchwarmwasser stützen.

Bei Brauchwarmwasseranlagen, deren Wirkungsgrad für die Erzeugung und für die Speicherung gemäß § 10.3.3.4.1 von Anhang A.1 ermittelt wurde, ist der elektrische Hilfsenergieverbrauch für die Wärmeerzeugung bereits miteinbezogen worden. Diese Anlagen sind daher in der Gl. 342 nicht mehr zu berücksichtigen.

8.6 Energieverbrauch für die Vorkühlung der Lüftungsluft

Der monatliche Stromverbrauch für die Vorkühlung der Lüftungsluft wird wie folgt ermittelt:

Gl. 118 $$W_{precool,m} = W_{soil/water,m} + W_{evap,m} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{soil/water,m}$ monatlicher Stromverbrauch für den Boden/Wasser-Wärmetauscher in kWh gemäß § 8.6.1;

$W_{evap,m}$ monatlicher Stromverbrauch in kWh für Verdunstungskühlung gemäß § 8.6.2.

Bei anderen Techniken wird $W_{precool,m}$ nach den vom Minister festgelegten Regeln ermittelt.

8.6.1 Stromverbrauch für den Boden/Wasser-Wärmetauscher

Der monatliche Stromverbrauch für den Boden/Wasser-Wärmetauscher wird wie folgt ermittelt:

$$W_{soil/water,m} = 0,278 \cdot t_m \cdot w_{soil/water,m} \cdot \left(\begin{array}{l} f_{vent,cool,max} \cdot \frac{\dot{V}_W}{3600} \cdot f \cdot \frac{L_{tube}}{D_{tube}} \cdot 500 \cdot \left(\frac{\dot{V}_W}{3600 \cdot n_{tube} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_{tube}^2} \right)^2 \\ + 150 \cdot \frac{\sum_f \left(\begin{array}{l} \left(f_{vent,cool,fct\ f} - f_{V,addm,day,coolfctf;m} \right) \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f} \\ + f_{V,add\ m,day,cool,fctf;m} \cdot \dot{V}_{add,fct\ f} \end{array} \right)}{3600} \end{array} \right)$$

Gl. 343 (kWh)

Dabei ist:

t_m	Dauer des betreffenden Monats in Ms, aufgeführt in Tabelle [1];
$f_{vent,cool,fct\ f}$	üblicher Zeitanteil, in dem die Lüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, für die Kühlungsberechnungen, wie in Tabelle [7] aufgeführt, (-);
$f_{vent,cool,max}$	üblicher Zeitanteil, in dem der Boden/Wasser-Wärmetauscher in Betrieb ist und der den jeweiligen Höchstwerten für $f_{vent,cool,fct\ f}$ entspricht, wie vorstehend ermittelt, (-);
$f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$	der übliche Zeitanteil, in dem die zusätzliche mechanische Taglüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt (-)
$w_{soil/water,m}$	monatlicher Faktor zur Berücksichtigung der Nutzungsdauer des Boden/Wasser-Wärmetauschers, ermittelt gemäß § B.2.1, (-);
$\dot{V}_W$	Wasserdurchsatz des Boden/Wasser-Wärmetauschers in m³/h;
f	Reibungskoeffizient:

Gl. 120 Wenn Re < 2300: $f = \frac{64}{Re}$

Andernfalls: $f = (1,58 \cdot \ln(Re) - 3,28)^{-2}$

Dabei ist:

Re	Reynolds-Zahl, ermittelt gemäß § B.2, (-);
D_{tube}	Innendurchmesser der unterirdischen Rohrleitung in m;
L_{tube}	Länge der unterirdischen Rohrleitung in m;
n_{tube}	Anzahl der parallel geführten Rohrleitungen, (-);
$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$	der Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr für die Hygienelüftung in m³/h, der den Erdwärmetauscher im Funktionsbereich f durchläuft - er wird gemäß den in § 5.6.2.2 beschriebenen Prinzipien ermittelt.
$\dot{V}_{add\ m,fct\ f}$	Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr in m³/h für die mechanische Lüftung des Funktionsbereichs f. Der Standardwert entspricht dem Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr für die Hygienelüftung. Andere Werte können angewendet werden, wenn sie sich auf Messberichte stützen, die den Vorgaben des Ministers entsprechen.

Die Werte aller Funktionen f der Lüftungszone z sind zu addieren.

8.6.2 Stromverbrauch für die Verdunstungskühlung

Der monatliche Stromverbrauch für die Verdunstungskühlung wird wie folgt ermittelt:

$$W_{evap,m} = 0,278 \cdot t_m \cdot w_{evap,m} \cdot 250 \cdot \frac{\sum_f \left(\left(f_{vent,cool,fct\ f} - f_{V,add\ m,day,cool,fctf;m} \right) \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f} + f_{V,add\ m,day,cool,fctf,m} \cdot \dot{V}_{add\ m,fct\ f} \right)}{3600}$$

Gl. 344 (kWh)

Dabei ist:

t_m	Dauer des betreffenden Monats in Ms, aufgeführt in Tabelle [1];
$w_{evap,m}$	monatlicher Faktor zur Berücksichtigung der Nutzungszeit des Verdunstungssystems, ermittelt gemäß § B.3.1, (-);
$f_{vent,cool,fct\ f}$	üblicher Zeitanteil, in dem die Lüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, für die Kühlungsberechnungen, wie in Tabelle [7] aufgeführt, (-);
$f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$	der übliche Zeitanteil, in dem die zusätzliche mechanische Taglüftung im Funktionsbereichs f in Betrieb ist, gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt (-)
$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$	der Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr für die Hygienelüftung in m^3/h, der den Erdwärmetauscher im Funktionsbereich f durchläuft - er wird gemäß den in § 5.6.2.2 beschriebenen Prinzipien ermittelt.
$\dot{V}_{add\ m,fct\ f}$	der Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr in m^3/h für die mechanische Lüftung des Funktionsbereichs f - der Standardwert entspricht dem Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr für die Hygienelüftung. Andere Werte können angewendet werden, wenn sie sich auf Messberichte stützen, die den Vorgaben des Ministers entsprechen.

Die Werte aller Funktionsbereiche f der Lüftungszone z sind zu addieren.

9 Energieverbrauch für die Beleuchtung

9.1 Prinzip

Dieses Kapitel befasst sich zum einen mit der Ermittlung der dimensionslosen Hilfsvariablen $L_{rm\ r}$ und zum anderen mit dem üblichen Stromverbrauch für die Beleuchtung (die in 10.6 in Primärenergieverbrauch umgewandelt wird).

Für die Berechnungen wird nur die fest angebrachte Innenbeleuchtung der PEN-Einheit berücksichtigt.

Zu Beispielen einer Beleuchtung außerhalb der PEN-Einheit können gehören (je nach betreffendem Gebäude):

- Außenbeleuchtung;
- Innenbeleuchtung in Räumen außerhalb des geschützten Volumens;
- Beleuchtung in den Unterkunften des Gebäudes;
- Beleuchtung von anderen Räumen im Inneren des geschützten Volumens, für die jedoch keine PEN-Berechnung durchgeführt werden muss.

Im Innenbereich der PEN-Einheit werden folgende Beleuchtungsformen nicht berücksichtigt:

- „unabhängige" Beleuchtung: Darunter sind unabhängige (nicht fest angebrachte) Beleuchtungskörper zu verstehen, die der Nutzer an das Stromnetz anschließt, indem er einen Stecker in eine Steckdose steckt, zum Beispiel Bürolampen, bestimmte an Bilderrahmen angebrachte Lampen usw.;
- Beleuchtungskörper, die Notausgänge anzeigen (und die häufig dauerhaft leuchten);
- Notbeleuchtung (sofern diese nur im Notfall aufleuchtet);
- Beleuchtung der Aufzugkabinen und des Aufzugschachts.

Bei der Ermittlung des E_{EPNR}-Wertes wird der Verbrauch der Batterien in den Beleuchtungssystemen (beispielsweise in drahtlosen Schaltern) nicht berücksichtigt.

Pro Funktionsbereich stehen zwei Methoden zur Ermittlung der Hilfsvariablen $L_{rm\ r}$ für alle Räume und des Stromverbrauchs für die Beleuchtung zur Verfügung, zwischen denen gewählt werden muss:

- entweder mit Hilfe von Standardwerten (§ 9.2);
- oder mit Hilfe von genauen Werten der Beleuchtungsanlage, wobei folgende Faktoren zu berücksichtigen sind (§ 9.3):
  - der Lichtstrom der Lampen und die photometrischen Eigenschaften der Leuchten;
  - die Leistung der installierten Lampen, einschließlich der Hilfselemente der Beleuchtungsquellen, und die Leistung etwaiger Sensoren und Steuerelemente;
  - Art der Steuerung;
  - mögliches Vorhandensein einer Tageslichtzone mit angepasstem Steuerelement.

9.1.1 Dimensionslose Hilfsvariable $L_{rm\ r}$

Die Hilfsvariable $L_{rm\ r}$ ist ein Näherungswert des durchschnittlichen Beleuchtungswerts. Mit dieser Variablen und anderen Parametern wird der

Bezugswert des typischen jährlichen Primärenergieverbrauchs ermittelt (siehe § 4).

9.1.2 Stromverbrauch für die Beleuchtung

Der monatliche Stromverbrauch für die Beleuchtung der PEN-Einheit ergibt sich aus der Summe des Stromverbrauchs für die Beleuchtung jedes Funktionsbereichs und des möglichen Stromverbrauchs aller Steuerelemente und ähnlichen Elemente, die sich außerhalb der PEN-Einheiten befinden, die jedoch (ganz oder teilweise) mit der Beleuchtungsanlage im Inneren der PEN-Einheit verbunden sind:

Gl. 122 $$W_{light,m} = \sum_{f} W_{light,fct\ f,m} + \sum_{r} W_{light,rmr,ctrl,m} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{light,m}$ monatlicher Stromverbrauch für die Beleuchtung in kWh;

$W_{light,fct\ f,m}$ monatlicher Stromverbrauch für die Beleuchtung des Funktionsbereichs f in kWh, ermittelt gemäß § 9.2.2 oder § 9.3.2;

$W_{light,rm\ r,ctrl,m}$ monatlicher Stromverbrauch in kWh der Steuerelemente und ähnlichen Elemente in den Räumen r außerhalb der PEN-Einheit, die jedoch (ganz oder teilweise) mit der Beleuchtungsanlage der Räume r in der PEN-Einheit verbunden sind, ermittelt gemäß § 9.2.2 oder § 9.3.2.2.3.

Die Werte aller Funktionsbereiche f der PEN-Einheit und aller Räume r außerhalb der PEN-Einheit sind zu addieren.

Besonderheit der Funktion „Unterricht“: Der monatliche Stromverbrauch für die Beleuchtung, $W_{light,fct\ f,m}$, wird für die Monate Juli und August auf null veranschlagt.

9.2 Ermittlung der dimensionslosen Hilfsvariablen Lrm r und des Stromverbrauchs für die Beleuchtung mit Standardwerten

9.2.1 Ermittlung der dimensionslosen Hilfsvariablen $L_{rm\ r}$

Für jeden Raum des Funktionsbereichs beträgt die Hilfsvariable $L_{rm\ r}$: $L_{rm\ r} = 500$.

9.2.2 Ermittlung des Stromverbrauchs für die Beleuchtung pro Funktionsbereich

Der monatliche Stromverbrauch für die Beleuchtung, einschließlich des möglichen Verbrauchs der Steuersysteme, des betreffenden Funktionsbereichs f wird wie folgt ermittelt:

Gl. 123 $$W_{light,fct\ f,m} = \sum_{r} A_{f,rmr} \cdot p_{light,def,fct\ f} \cdot \left(t_{day,fct\ f,m} + t_{night,fct\ f,m}\right) \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{light,fct\ f,m}$ monatlicher Stromverbrauch in kWh für die Beleuchtung im Funktionsbereich f;

$A_{f,rm\ r}$ Nutzfläche im Raum r in m²;

122	EEN-Methode 2017
$p_{light,def,fct\ f}$	Festwert der spezifischen Leistung für die Beleuchtung. Dieser Wert wird pro Funktionsbereich ermittelt und beträgt: - $p_{light,def,fct\ f}$ = 0,030 kW/m² für die Funktionsbereiche mit der Funktion „Handel/Dienstleistungen“, - $p_{light,def,fct\ f}$ = 0,020 kW/m² für alle anderen Funktionsbereiche;
$t_{day,fct\ f,m}$	übliche Anzahl der Nutzungsstunden in h pro Monat am Tag, ermittelt pro Funktionsbereich f und aufgeführt in

Tabelle [31];

$t_{night,fct\ f,m}$ übliche Anzahl der Nutzungsstunden in h pro Monat in der Nacht, ermittelt pro Funktionsbereich f und aufgeführt in Tabelle [32];

Die Werte aller Räume r des Funktionsbereichs f sind zu addieren.

Für den monatlichen Stromverbrauch der Steuerelemente außerhalb der PEN-Einheit, die nur mit Leuchten in den Räumen des betreffenden Funktionsbereichs f verbunden sind, wird als Wert null angesetzt:

Gl. 124 $$\sum_{r} W_{light,rm\,r,ctrl,m} = 0$$ (kWh)

Dabei ist:

$W_{light,rm\ r,ctrl,m}$ der monatliche Stromverbrauch in kWh für die Steuerelemente und ähnlichen Elemente in den Räumen außerhalb der PEN-Einheit, die nur mit der Beleuchtung im Inneren des betreffenden Funktionsbereichs verbunden sind.

Wenn die Steuerelemente auch mit Leuchten in anderen Funktionsbereichen verbunden sind und wenn der Stromverbrauch für die Beleuchtung dieser Funktionsbereiche mit der tatsächlich installierten Leistung ermittelt wird, muss der Verbrauch wie in 9.3.2.2.3 beschrieben berechnet werden.

9.3 Ermittlung der dimensionslosen Hilfsvariablen $L_{rm\ r}$ und des Stromverbrauchs für die Beleuchtung mit Einzeldaten der Beleuchtungsanlage

9.3.1 Ermittlung der Hilfsvariablen $L_{rm\ r}$

9.3.1.1 Ermittlung der Hilfsvariablen $L_{rm\ r}$ in einem Raum ohne fest angebrachte Beleuchtungsanlage

Wenn sich in einem Raum keine fest angebrachte Beleuchtungsanlage befindet, wird die Berechnung für diesen Raum mit auf herkömmliche Weise festgelegten Werten durchgeführt. Diese Werte entsprechen den Werten, die für die Berechnung mit den Standardwerten in dem Fall verwendet werden, in dem eine fest angebrachte Beleuchtung vorhanden ist.

In den Räumen, in denen sich keine fest angebrachte Beleuchtung befindet, wird üblicherweise folgender Wert genommen: $L_{rm\ r} = 500$

9.3.1.2 Ermittlung der Hilfsvariablen $L_{rm\ r}$ in einem Raum mit fest angebrachter Beleuchtungsanlage

In einem Raum mit einer fest angebrachten Beleuchtungsanlage wird die Hilfsvariable $L_{rm\ r}$ wie folgt ermittelt:

1. Wenn die gewünschte Beleuchtung nicht regelbar ist:

Gl. 125 $$L_{rmr} = L_{design,rmr}$$ (-)

Dabei ist:

$L_{rm\ r}$ die dimensionslose Hilfsvariable für den Raum r (-);

$L_{design,rm\ r}$ der Bemessungswert der dimensionslosen Hilfsvariablen für den Raum r, wie nachstehend definiert, (-).

2. Wenn die gewünschte Beleuchtung regelbar[5] ist (entweder pro Einzelleuchte oder pro Gruppe von Leuchten) und dies für alle Leuchten des Raumes gilt[6]:

Gl. 126 $$L_{rmr} = L_{design,rmr} \cdot \min\left(1, \frac{L_{thresh} + f_{reduc,light} \cdot (L_{design,rmr} - L_{thresh})}{L_{design,rmr}}\right) \quad (-)$$

Dabei ist:

$L_{rm\ r}$ die dimensionslose Hilfsvariable für den Raum r (-);

$L_{design,rm\ r}$ der Bemessungswert der dimensionslosen Hilfsvariablen für den Raum r, wie nachstehend definiert (-);

$f_{reduc,light}$ ein Reduktionsfaktor wie folgt: $f_{reduc,light} = 0,5$ (-);

L_{thresh} ein Schwellenwert für $L_{design,rm\ r}$ wie folgt: $L_{thresh} = 250$, (-).

Der Bemessungswert der dimensionslosen Hilfsvariablen $L_{design,rm\ r}$ kann auf zwei Arten definiert werden:

- entweder mit einer einfachen herkömmlichen Methode (§ 9.3.1.2.1);
- oder mit genauen Berechnungen (§ 9.3.1.2.2).

Für die meisten Anwendungen reicht die erste Methode unter Umständen aus. Bestimmte Arten von Leuchten werden nicht in die Berechnung des Bemessungswerts $L_{design,rm\ r}$ nach der einfachen herkömmlichen Methode (siehe § 9.3.1.2.1) einbezogen, ihr Stromverbrauch muss jedoch immer in den Berechnungen enthalten sein (siehe § 9.3.2). In diesem Fall kann man auf Wunsch die zweite Methode für die betreffenden Räume verwenden, um deren Beitrag zur Berechnung von $L_{design,rm\ r}$ dennoch zu berücksichtigen.

9.3.1.2.1 Ermittlung des Bemessungswerts Ldesign,rm r mit der herkömmlichen Methode

Der Bemessungswert $L_{design,rm\ r}$ für den Raum r wird wie folgt ermittelt:

Gl. 127 $$L_{design,rmr} = \frac{\sum_k n_k \cdot [.N2_k \cdot .N4_k + 0,5 \cdot (1 - .N4_k)] \cdot .N5_k \cdot 0,85 \cdot PHIS_k}{A_{f,rmr}} \quad (-)$$

Dabei ist:

$L_{design,rm\ r}$ der Bemessungswert der dimensionslosen Hilfsvariablen für den Raum r, wie nachstehend definiert (-);

n_k die Anzahl der Leuchten des Typs k im Raum r, (-);

$.N2_k$ das Verhältnis zwischen einerseits dem Lichtstrom der Leuchte des Typs k, der in einem Raumwinkel von π im Verhältnis zur Hauptachse

[5] In diesem Fall wird der Wert der Hilfsvariablen verringert, allerdings auch der Rechenwert für die Beleuchtungsleistung (siehe 9.3.3).

[6] Wenn $L_{design,rm\ r}$ gleich null ist (zum Beispiel weil keine Informationen über die installierten Leuchten vorliegen), gilt $L_{rm\ r} = 0$.

(d. h. in einem Konus mit einem Öffnungswinkel von 120 °) ausgestrahlt wird, und andererseits dem Lichtstrom der Leuchte des Typs k, der in einem Raumwinkel von 2π im Verhältnis zur Hauptachse ausgestrahlt wird (-), ermittelt nach CIE 52;

$.N4_k$ das Verhältnis zwischen einerseits dem Lichtstrom der Leuchte des Typs k, der in einem Raumwinkel von 2π im Verhältnis zur Hauptachse (d. h. in einem Konus mit einem Öffnungswinkel von 180°) ausgestrahlt wird, und andererseits dem von der Leuchte des Typs k ausgestrahlte Gesamtlichtstrom (-), ermittelt nach CIE 52;

$.N5_k$ das Verhältnis zwischen dem von der Leuchte k ausgestrahlten Gesamtlichtstrom und dem von allen in der Leuchte des Typs k vorhandenen Lampen ausgestrahlten Lichtstrom ($PHIS_k$), ermittelt nach CIE 52;

$PHIS_k$ die Summe des Lichtstroms in Lumen jeder der in der Leuchte des Typs k vorhandenen Lampe:

Gl. 128 $$PHIS_k = \sum_m PHI_m$$

Dabei ist:

PHI_m der Lichtstrom der Lampe m in Lumen, ermittelt nach CIE 84. Zu diesem Zweck werden die Werte aller Lampen m, die sich in der Leuchte des Typs k befinden, addiert;

$A_{f,rm\ r}$ die Nutzfläche des Raumes r in m².

Wenn keine erforderlichen Informationen über die vorhandene Kombination Lampe/Leuchte vorliegen, wird dies bei der Ermittlung des Bemessungswerts $L_{design,rm\ r}$ nicht berücksichtigt, der Verbrauch muss jedoch in 9.3.2 berücksichtigt werden.

Es werden nur die Leuchten des Typs k addiert, die an der Decke im Raum r befestigt sind (eingebaut, angebracht oder hängend). Wandleuchten und in den Fußboden oder die Treppen integrierte Beleuchtungssysteme müssen in die Berechnung der installierten Leistung miteinfließen, siehe 9.3.2 (und damit in den typischen jährlichen Primärenergieverbrauch), werden jedoch bei der Berechnung zur Ermittlung des Bemessungswerts $L_{design,rm\ r}$ nach der herkömmlichen Methode nicht berücksichtigt. Wenn für die Ermittlung der Hilfsvariablen $L_{rm\ r}$ andere Leuchten als an der Decke angebrachte Leuchten berücksichtigt werden sollen, muss die genaue Rechenmethode angewendet werden (siehe § 9.3.1.2.2).

Leuchten, die so an der Decke angebracht sind, dass ihre Hauptachse nicht entlang der Senkrechten nach unten ausgerichtet ist (die zum Beispiel an einem geneigten Dachelement angebracht sind), oder die ausrichtbar sind (zum Beispiel drehbare Strahler), werden im Rahmen der herkömmlichen Methode zur Ermittlung des Bemessungswerts $L_{design,rm\ r}$ nur dann berücksichtigt, wenn die Hauptachse nicht um mehr als 45 ° von der Senkrechten abweicht, oder im Fall einer Drehleuchte, wenn die Achse nie um mehr als 45 ° von der Senkrechten abweicht (in der ungünstigsten Position), wobei die Hauptachse die gleiche Achse ist, die zur Ermittlung des Stromcodes verwendet wird. Wenn diese Einschränkung bei der Installation nicht beachtet wird, werden diese Leuchten nicht für die Ermittlung des Bemessungswerts $L_{design,rm\ r}$ nach der herkömmlichen Methode berücksichtigt, sie müssen jedoch bei der Ermittlung des Energieverbrauchs miteinbezogen werden. Wenn diese Leuchten zur Ermittlung des Bemessungswerts $L_{design,rm\ r}$ berücksichtigt werden sollen, muss die genaue Rechenmethode angewendet werden (siehe § 9.3.1.2.2).

9.3.1.2.2 Ermittlung des Bemessungswerts Ldesign,rm r mit genauen Berechnungen

Abweichend von der herkömmlichen Rechenmethode ist es zulässig, die Beleuchtung für einen Raum mit einem Rechenprogramm für eine fiktive Fläche in 0,8 m Höhe zu berechnen.

Das für die Berechnung verwendete Programm muss zuvor vom Minister genehmigt werden.

Der Bemessungswert $L_{design,rm\ r}$ muss üblicherweise anhand des berechneten durchschnittlichen Beleuchtungswerts auf der Gesamtfläche des Raumes geschätzt werden, das heißt, dass alle Zonen, einschließlich der Randbereiche des Raumes, berücksichtigt werden.

Bei der Berechnung muss die tatsächliche Geometrie des Raumes (leer, ohne Möblierung) zugrunde gelegt werden. Folgende Reflexionsfaktoren sind zu berücksichtigen: 0,7 für Decken, 0,5 für Wände (einschließlich Tageslichtöffnungen) und 0,2 für Fußböden. Bei der Berechnung ist in Bezug auf die Leuchten die Position zu berücksichtigen, in der sie tatsächlich angebracht sind. Bei ausrichtbaren Leuchten muss die Leuchte für die Berechnungen so ausgerichtet werden, dass der Winkel zwischen der Hauptachse und der Senkrechten so groß wie möglich ist (das heißt, maximale Ausrichtung nach oben). Wenn andere Ausrichtungen möglich sind, muss die Leuchte senkrecht auf die nächste Wand ausgerichtet werden. Für den Lichtstrom der Lampen muss ein unveränderlicher Reduktionsfaktor von 0,85 nach dem Wert aus dem technischen Bericht CIE 84 berücksichtigt werden.

Der Minister kann für diese Berechnungen zusätzliche und/oder abweichende Spezifikationen festlegen.

9.3.2 Ermittlung des monatlichen Stromverbrauchs pro Funktionsbereich

Der monatliche Stromverbrauch für die Beleuchtung eines Funktionsbereichs wird ermittelt, indem der Stromverbrauch für die Beleuchtung jedes der Räume addiert wird, die diesen Funktionsbereich bilden:

Gl. 129 $$W_{light,fct\ f,m} = \sum_{r} W_{light,rm\ r,m} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{light,fct\ f,m}$ monatlicher Stromverbrauch in kWh für die Beleuchtung im Funktionsbereich f;

$W_{light,rm\ r,m}$ monatlicher Stromverbrauch in kWh für die Beleuchtung des Raumes r im Funktionsbereich f, ermittelt gemäß § 9.3.2.1 oder § 9.3.2.2.

Die Werte aller Räume r des Funktionsbereichs f sind zu addieren.

9.3.2.1 Stromverbrauch für die Beleuchtung in einem Raum ohne fest angebrachte Beleuchtungsanlage

Wenn sich in einem Raum keine fest angebrachte Beleuchtungsanlage befindet, wird die Berechnung für diesen Raum mit auf herkömmliche Weise festgelegten Werten durchgeführt. Diese Werte entsprechen den Werten, die für die Berechnung mit den Standardwerten in dem Fall verwendet werden, in dem eine fest angebrachte Beleuchtung vorhanden ist.

Der Wert zur Berechnung des monatlichen Stromverbrauchs in einem solchen Raum beträgt daher üblicherweise:

Gl. 130 $$W_{light,rmr,m} = A_{f,rmr} \cdot p_{light,abs,fct\ f} \cdot \left(t_{day,fct\ f,m} + t_{night,fct\ f,m}\right) \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{light,rm\ r,m}$	der monatliche Stromverbrauch für die Beleuchtung des Raumes r in kWh;
$A_{f,rm\ r}$	die Nutzfläche des Raumes r in m²;
$p_{light,abs,fct\ f}$	ein Festwert der spezifischen Leistung für die Beleuchtung. Dieser Wert wird für den Funktionsbereich f ermittelt und beträgt: $p_{light,abs,fct\ f}$ = 0,030 kW/m² für Funktionsbereiche mit der Funktion „Handel/Dienstleistungen" und $p_{light,abs,fct\ f}$ = 0,020 kW/m² für alle anderen Funktionsbereiche;
$t_{day,fct\ f,m}$	die übliche Anzahl der Nutzungsstunden in h pro Monat am Tag, ermittelt für den Funktionsbereich f und aufgeführt in

Tabelle [31];

$t_{night,fct\ f,m}$ die übliche Anzahl der Nutzungsstunden in h pro Monat in der Nacht, ermittelt für den Funktionsbereich f und aufgeführt in Tabelle [32].

9.3.2.2 Stromverbrauch für die Beleuchtung in einem Raum mit fest angebrachter Beleuchtungsanlage

Wenn eine Beleuchtungsanlage vorhanden ist, wird der monatliche Stromverbrauch für die Beleuchtung pro Raum ermittelt, indem die installierte Leistung der Beleuchtung (einschließlich möglicher Hilfselemente und Steuerelemente) mit der Beleuchtungsdauer multipliziert wird, wobei vorhandene Steuerungen berücksichtigt werden. Der Stromverbrauch möglicher Steuerelemente muss miteinbezogen werden, wenn dieser Verbrauch noch nicht im vorangegangenen Term enthalten war:

Gl. 131
$$W_{light,rmr,m} = (P_{light,rmr} \cdot f_{ci}) \cdot \left(\begin{array}{l} (t_{day,fct\ f,m} \cdot f_{occ,light,fct\ f} \cdot f_{dayl}) \\ + (t_{night,fct\ f,m} \cdot f_{occ,light,fct\ f}) \end{array} \right) + W_{light,rmr,ctrl,m}$$

Dabei ist:

$W_{light,rm\ r,m}$ der monatliche Stromverbrauch für die Beleuchtung des Raumes r in kWh;

$P_{light,rm\ r}$ der Wert zur Berechnung der Beleuchtungsleistung in kW im gesamten Raum, ermittelt gemäß § 9.3.3;

f_{ci} ein Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung eines Systems mit Dauerbeleuchtung. Dieser Faktor beträgt 1, (-);

$t_{day,fct\ f,m}$ die übliche Anzahl der Nutzungsstunden in h pro Monat am Tag für den Funktionsbereich f, zu dem der Raum r gehört, aufgeführt in

Tabelle [31];

$f_{occ,light,fct\ f}$	ein Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung eines Systems, das die Beleuchtung abhängig von der Nutzung regelt, ermittelt gemäß § 9.3.2.2.1 (-);
$t_{night,fct\ f,m}$	die übliche Anzahl der Nutzungsstunden in h pro Monat in der Nacht für den Funktionsbereich f, zu dem der Raum r gehört, aufgeführt in Tabelle [32].
f_{dayl}	ein Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung eines Systems, das die Beleuchtung abhängig vom Tageslichteinfall im Raum regelt, ermittelt gemäß § 9.3.2.2.1, (-);
$W_{light,rm\ r,ctrl,m}$	der monatliche Stromverbrauch in kWh der Steuerung, der im vorangegangenen Term noch nicht berücksichtigt wurde, ermittelt gemäß § 9.3.2.2.3.

9.3.2.2.1 Reduktionsfaktoren zur Berücksichtigung eines Systems, das die Beleuchtung abhängig von der Nutzung und dem Tageslichteinfall regelt

Der Reduktionsfaktor zur nutzungsabhängigen Regelung, $f_{occ,light,fct\ f}$, ist in Tabelle [29] enthalten. Um berücksichtigt zu werden, muss das Regelungssystem alle Leuchten des Raumes steuern. Zentrale Systeme[7] werden nicht berücksichtigt.

Wenn in einem Raum verschiedene Regelungssysteme vorhanden sind, muss nur der Regelungstyp in dem Raum mit dem höchsten Wert $f_{occ,light,fct\ f}$ berücksichtigt werden.

[7] Sobald ein Schalter oder ein Sensor die Beleuchtung in mehr als einem Raum regelt, gilt das System als „zentral".

Tabelle [29]: Reduktionsfaktor $f_{occ\ light,\ fct\ f}$ zur Berücksichtigung der nutzungsabhängigen Regelung pro Funktion (Teil 1 von 2)

Beschreibung der Umschaltung	Funktionen								
				Gesundheitswesen			Versammlungsbereich		
	Unterkunft	Büros	Unterricht	Mit nächtlicher Nutzung	Ohne nächtliche Nutzung	Operations-saal	Starke Nutzung	Geringe Nutzung	Cafet. /Speisesaal
Kein System und alle anderen Systeme als die nachstehend beschriebenen.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Manuelle Steuerung (einschalten/ausschalten):									
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² entweder Klassenzimmer oder Versammlungsraum	0,90	0,90	0,90	0,90	0,95	0,70	1,00	1,00	0,50
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m²	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50
Anwesenheitserfassung: automatisches Einschalten und automatisches Ausschalten oder Verringerung des Lichtstroms (auto on/auto off/Dimming):									
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² entweder Klassenzimmer oder Versammlungsraum:									
- ganz ausgeschaltet bei Abwesenheit	0,80	0,80	0,80	0,80	0,85	0,60	1,00	1,00	0,40
- Lichtstrom bei Abwesenheit verringert	0,85	0,85	0,85	0,85	0,90	0,65	1,00	1,00	0,45
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m²:									
- ganz ausgeschaltet bei Abwesenheit	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,40
- Lichtstrom bei Abwesenheit verringert	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,45
Manuelles Einschalten; Abwesenheitserfassung: automatisches Ausschalten oder automatisches Dimmen (on manuell; auto off/dim):									
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² entweder Klassenzimmer oder Versammlungsraum									
- ganz ausgeschaltet bei Abwesenheit	0,70	0,70	0,70	0,70	0,80	0,50	1,00	1,00	0,30
- Lichtstrom bei Abwesenheit verringert	0,80	0,80	0,80	0,80	0,85	0,60	1,00	1,00	0,40
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m²:									
- ganz ausgeschaltet bei Abwesenheit	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,30
- Lichtstrom bei Abwesenheit verringert	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,40

Dabei ist:

$A_{f,rm\ r}$ Nutzfläche des Raumes r in m².

Tabelle [29] (Fortsetzung): Reduktionsfaktor $f_{occ\ light,\ fct\ f}$ zur Berücksichtigung der nutzungsabhängigen Regelung pro Funktion (Teil 2 von 2)

Beschreibung der Umschaltung	Funktionen								
	Küche	Handel/Dienstleistungen	Sport			Technikräume	Gemeinsame Flächen	Sonstige	Unbekannt
			Niedrige T°	Durchschnittliche T°	Hohe T°				
Kein System und alle anderen Systeme als die nachstehend beschriebenen.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Manuelle Steuerung (einschalten/ausschalten):							Wie nachstehend ermittelt		
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² entweder Klassenzimmer oder Versammlungsraum	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,25		1,00	1,00
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m²	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,25		1,00	1,00
Anwesenheitserfassung: automatisches Einschalten und automatisches Ausschalten oder Verringerung des Lichtstroms (auto on/auto off/Dimming):									
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² entweder Klassenzimmer oder Versammlungsraum:									
- ganz ausgeschaltet bei Abwesenheit	1,00	1,00	0,70	0,70	0,70	0,15		1,00	1,00
- Lichtstrom bei Abwesenheit verringert	1,00	1,00	0,75	0,75	0,75	0,20		1,00	1,00
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m²:									
- ganz ausgeschaltet bei Abwesenheit	1,00	1,00	0,70	0,70	0,70	0,15		1,00	1,00
- Lichtstrom bei Abwesenheit verringert	1,00	1,00	0,75	0,75	0,75	0,20		1,00	1,00
Manuelles Einschalten; Abwesenheitserfassung: automatisches Ausschalten oder automatisches Dimmen (on manuell; auto off/dim):									
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² entweder Klassenzimmer oder Versammlungsraum									
- ganz ausgeschaltet bei Abwesenheit	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	0,05		1,00	1,00
- Lichtstrom bei Abwesenheit verringert	1,00	1,00	0,70	0,70	0,70	0,15		1,00	1,00
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m²:								1,00	1,00
- ganz ausgeschaltet bei Abwesenheit	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	0,05		1,00	1,00
- Lichtstrom bei Abwesenheit verringert	1,00	1,00	0,70	0,70	0,70	0,15		1,00	1,00

Dabei ist:

$A_{f,rm\ r}$ Nutzfläche des Raumes r in m².

Wenn ein Funktionsbereich mit der Funktion „Gemeinsame Flächen" mehrere Funktionsbereiche versorgt, entspricht der Wert von $f_{occ\ light,fct\ f}$ dem Wert des versorgten Funktionsbereichs, der am stärksten genutzt wird, d. h. der Funktionsbereich mit dem höchsten Wert.

Der Reduktionsfaktor für die tageslichtabhängige Regelung, f_{dayl}, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 132 $$f_{dayl} = \left[\frac{A_{f,rmr,daylarea}}{A_{f,rmr}} \cdot f_{mod,dayl}\right] + \left[\frac{A_{f,rmr,artifarea}}{A_{f,rmr}} \cdot f_{mod,artif}\right] \quad (-)$$

Dabei ist:

f_{dayl} ein Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung eines Systems, das die Beleuchtung abhängig vom Tageslichteinfall im Raum regelt, (-);

$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$ die Bodenfläche des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs in m², ermittelt gemäß § 9.3.4;

$A_{f,rm\ r}$ die Nutzfläche des Raumes r in m²;

$f_{mod,dayl}$ der Faktor für die tageslichtabhängige Regelung im sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereich, aufgeführt in Tabelle [30], (-);

$A_{f,rm\ r,artif\ area}$ die Bodenfläche des sogenannten „künstlich beleuchteten" Bereichs im Raum r in m², ermittelt gemäß § 9.3.4;

$f_{mod,artif}$ der Faktor für die tageslichtabhängige Regelung im sogenannten „künstlich beleuchteten" Bereich, aufgeführt in Tabelle [30], (-).

Tabelle [30]: Faktoren für die tageslichtabhängige Regelung

Beschreibung der tageslichtabhängigen Regelung	$f_{mod,dayl}$	$f_{mod,artif}$
Kein System	1,00	1,00
Manuelles System[8]	0,90	1,00
Automatisches System[9]	0,60	0,80

Damit das Regelungssystem für diese Teile des Raumes berücksichtigt werden kann, müssen alle Leuchten der sogenannten „tageslichtbeleuchteten" bzw. „künstlich beleuchteten" Bereiche vom System geregelt werden. Die Flächenabgrenzung zwischen den Leuchten wird üblicherweise anhand der Mittellinie zwischen den Leuchten ermittelt.

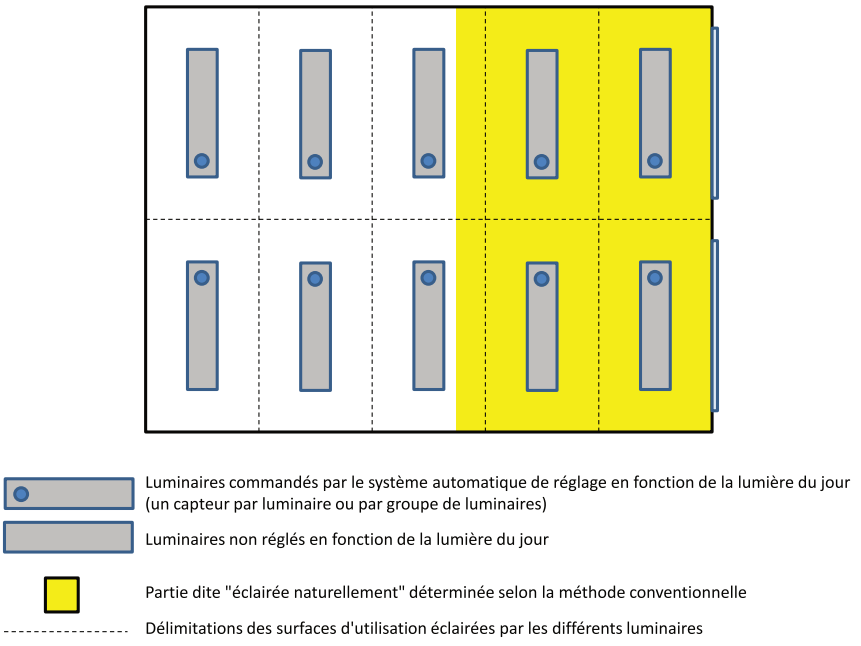
[8] Es ist zu beachten, dass der Lichtstrom der Lichtquellen vom Nutzer manuell ausgeschaltet oder geändert werden kann (zum Beispiel über einen Schalter, ein Potentiometer oder eine Fernsteuerung).

[9] Es ist zu beachten, dass der Lichtstrom der Lichtquellen je nach vorhandenem Tageslicht voll automatisch und permanent geändert wird (oder im Fall eines digitalen quasi-permanenten Systems in mindestens 100 Zwischenstellungen).

Mehrere Szenarien sind möglich:

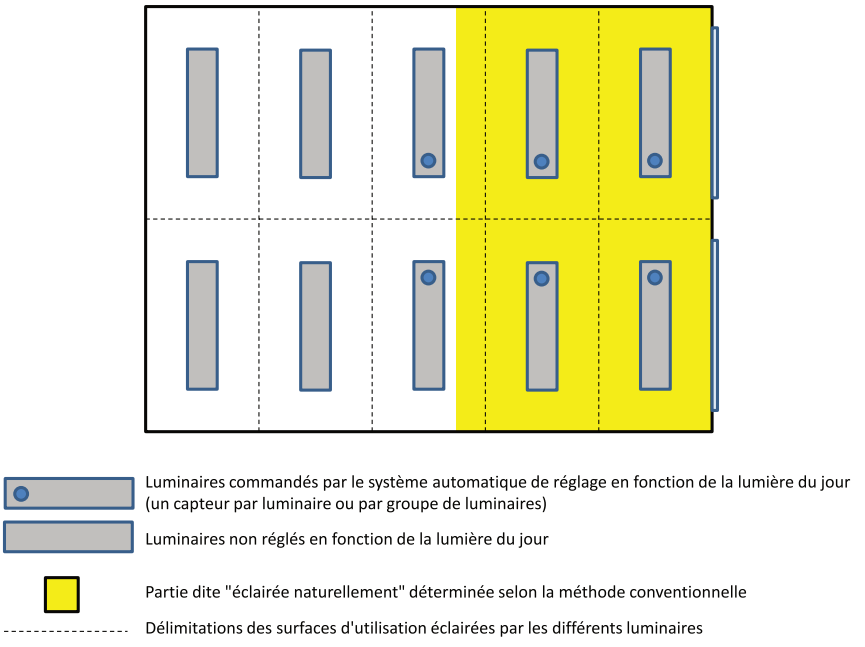
- Alle Leuchten des Raumes werden von demselben System gesteuert. In diesem Fall können die entsprechenden Faktoren in jedem Teil des Raumes angewendet werden. Im Beispiel von Abbildung [1] gilt $f_{mod,artif}$ = 0,80 und $f_{mod,dayl}$ = 0,60.

Abbildung [1]: Konfiguration, bei der alle Leuchten von demselben System gesteuert werden



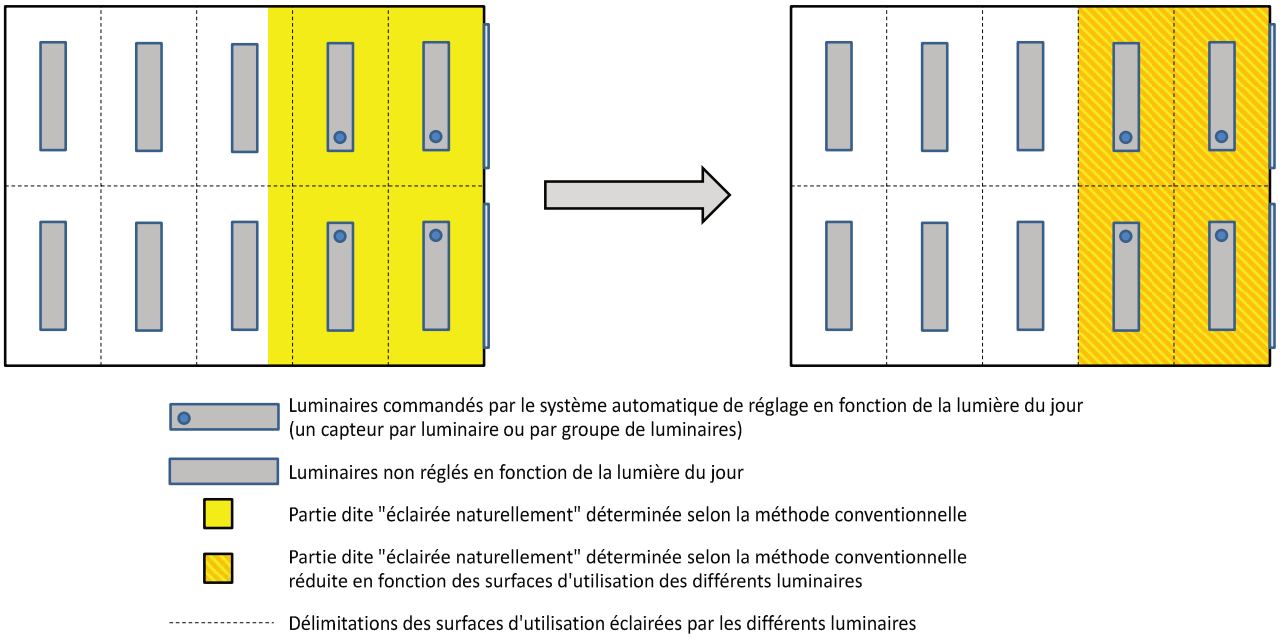
- Die Leuchten werden nicht von demselben System gesteuert:
  - Wird zur Ermittlung des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs (§ 9.3.4.1) der Standardwert genommen, wird das System nicht berücksichtigt.
  - Wird zur Ermittlung des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs (§ 9.3.4.2) die herkömmliche Methode angewendet, muss die Abgrenzung der gesteuerten Nutzflächen in jedem Raum anhand einer Abbildung ermittelt werden; mehrere Szenarien sind möglich:
    - Der sogenannte „tageslichtbeleuchtete" Bereich oder der sogenannte „künstlich beleuchtete" Bereich befindet sich vollständig in der vom System gesteuerten Gesamtnutzfläche. In diesem Fall können die entsprechenden Faktoren in jedem Teil des Raumes angewendet werden. Im Beispiel von Abbildung [2] gilt $f_{mod,artif}$ = 1,00 und $f_{mod,dayl}$ = 0,60.

Abbildung [2]: Konfiguration, bei der die Leuchten nicht von demselben System gesteuert werden - die sogenannte „tageslichtbeleuchtete" Fläche befindet sich vollständig in der vom System gesteuerten Gesamtnutzfläche



- Der sogenannte „tageslichtbeleuchtete" Bereich oder der sogenannte „künstlich beleuchtete" Bereich befindet sich teilweise außerhalb der vom System gesteuerten Gesamtnutzfläche. In diesem Fall wird das System nicht für den betreffenden Bereich berücksichtigt und man gelangt automatisch zu einem Reduktionsfaktor von 1,00. Es ist jedoch erlaubt, die Fläche des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs auf eine Fläche zu verringern, bei der die Fläche des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs mit der vom System gesteuerten Nutzfläche übereinstimmt, um einen sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereich zu erhalten, der sich vollständig in der vom System gesteuerten Gesamtnutzfläche befindet. Diese Toleranz kann nicht bei dem sogenannten „künstlich beleuchteten" Bereich angewendet werden. Im Beispiel von Abbildung [3] gilt im Prinzip $f_{mod,artif}$ = 1,00 und $f_{mod,dayl}$ = 1,00. Wenn die Fläche des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs so weit verringert wird, dass kein Bereich dieser Fläche mehr von Leuchten beleuchtet wird, die nicht vom automatischen System geregelt werden, kann mit $f_{mod,dayl}$ = 0,60 gerechnet werden. $f_{mod,artif}$ beträgt unverändert 1,00.

Abbildung [3]: Konfiguration, bei der die Leuchten nicht von demselben System gesteuert werden - die sogenannte „tageslichtbeleuchtete" Fläche befindet sich teilweise außerhalb der vom System gesteuerten Gesamtnutzfläche



Situation vor der Verringerung des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs:
$f_{mod,artif} = 1,00$
$f_{mod,dayl} = 1,00$

Situation nach der Verringerung des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs:
$f_{mod,artif} = 1,00$
$f_{mod,dayl} = 0,60$

9.3.2.2.2 Übliche Rechenwerte für die Nutzungsdauer

Die Rechenwerte für die Nutzungsdauer pro Monat am Tag und in der Nacht, $t_{day,fct\ f,m}$ und $t_{night,fct\ f,m}$, sind auf herkömmliche Weise in

136	EEN-Methode 2017

Tabelle [31] und Tabelle [32] festgelegt.

Tabelle [31]: Übliche Anzahl der Nutzungsstunden in h pro Monat am Tag, $t_{day,fct\ f,m}$, pro Funktionsbereich

Funktionen		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Unterkunft		198	224	273	312	372	360	372	347	288	273	216	174
Büros		159	180	199	192	199	192	199	199	192	199	173	139
Unterricht		159	180	199	192	199	192	0	0	192	199	173	139
Gesundheitswesen	Mit nächtlicher Nutzung	248	280	341	390	465	450	465	434	360	341	270	217
	Ohne nächtliche Nutzung	177	199	221	214	221	214	221	221	214	221	192	155
	Operationssaal	248	280	341	390	465	450	465	434	360	341	270	217
Versammlungsbereich	Starke Nutzung	212	215	238	282	318	308	318	318	282	265	205	185
	Geringe Nutzung	212	215	238	282	318	308	318	318	282	265	205	185
	Cafeteria/Speisesaal	177	199	221	214	221	214	221	221	214	221	192	155
Küche		185	191	212	256	265	256	265	265	256	238	180	159
Handel/Dienstleistungen		212	239	265	308	318	308	318	318	308	291	231	185
Sportanlagen	Sporthalle/Turnhalle	212	239	265	308	344	333	344	344	308	291	231	185
	Fitness/Tanz	212	239	265	308	344	333	344	344	308	291	231	185
	Sauna/Schwimmbad	212	239	265	308	344	333	344	344	308	291	231	185
Technikräume		248	280	341	390	465	450	465	434	360	341	270	217
Gemeinsame Flächen		Wie nachstehend ermittelt											
Sonstige		177	199	221	214	221	214	221	221	214	221	192	155
Unbekannt		212	215	238	282	318	308	318	318	282	265	205	185

Wenn ein Funktionsbereich mit der Funktion „Gemeinsame Flächen" mehrere Funktionsbereiche versorgt, entsprechen die Werte von $t_{day,fct\ f,m}$ den Werten des versorgten Funktionsbereichs, der am stärksten genutzt wird, d. h. dem Funktionsbereich mit den höchsten Werten. Diese Schätzung muss für jeden Monat einzeln durchgeführt werden.

Tabelle [32]: Übliche Anzahl der Nutzungsstunden in h pro Monat in der Nacht, $t_{night,fct\ f,m,}$ pro Funktionsbereich

Funktionen		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Unterkunft		273	202	198	144	99	96	99	124	168	198	240	298
Büros		40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	60
Unterricht		40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	60
Gesundheitswesen	Mit nächtlicher Nutzung	341	252	248	180	124	120	124	155	210	248	300	372
	Ohne nächtliche Nutzung	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	66
	Operationssaal	496	392	403	330	279	270	279	310	360	403	450	527
Versammlungsbereich	Starke Nutzung	185	144	159	103	79	77	79	79	103	132	180	212
	Geringe Nutzung	185	144	159	103	79	77	79	79	103	132	180	212
	Cafeteria/Speisesaal	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	66
Küche		79	48	53	0	0	0	0	0	0	26	77	106
Handel/Dienstleistungen		106	48	53	0	0	0	0	0	0	26	77	132
Sportanlagen	Sporthalle/Turnhalle	159	96	106	51	26	26	26	26	51	79	128	185
	Fitness/Tanz	159	96	106	51	26	26	26	26	51	79	128	185
	Sauna/Schwimmbad	159	96	106	51	26	26	26	26	51	79	128	185
Technikräume		496	392	403	330	279	270	279	310	360	403	450	527
Gemeinsame Flächen		Wie nachstehend ermittelt											
Sonstige		44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	66
Unbekannt		185	144	159	103	79	77	79	79	103	132	180	212

Wenn ein Funktionsbereich mit der Funktion „Gemeinsame Flächen" mehrere Funktionsbereiche versorgt, entsprechen die Werte von $t_{night,fct\ f,m}$ den Werten des versorgten Funktionsbereichs, der am stärksten genutzt wird, d. h. dem Funktionsbereich mit den höchsten Werten. Diese Schätzung muss für jeden Monat einzeln durchgeführt werden.

9.3.2.2.3 Stromverbrauch der Steuergeräte, der noch nicht im Verbrauch der Leuchten enthalten ist10

Sofern der monatliche Stromverbrauch der Steuerelemente und ähnlichen Elemente (einschließlich mögliche Hilfselemente, Sensoren und/oder Umschalter) noch nicht im Verbrauch der Leuchten in den Nutzungsstunden enthalten ist, wird dieser Verbrauch als Summe des Verbrauchs für jedes Gerät k wie folgt ermittelt:

[10] Der parasitäre Verbrauch der Beleuchtungsanlagen wird beim Inkrafttreten des vorliegenden Erlasses noch nicht berücksichtigt. Dieser Absatz tritt zu einem vom Minister festgelegten Zeitpunkt in Kraft. Bis zu diesem Zeitpunkt gilt $W_{light,rm\ r,ctrl}$ = 0 kWh.

Gl. 133

$$W_{light,rm\ r,ctrl,m} = \sum_{k} \left[P_{light,rm\ r,ctrl,on,k} \cdot f_{occ,light,fct\ f} \cdot \left(t_{day,fct\ f,m} + t_{night,fct\ f,m}\right) + P_{light,rm\ r,ctrl,off,k} \cdot \left(\frac{1000 \cdot t_m}{3.6} - f_{occ,light,fct\ f} \cdot \left(t_{day,fct\ f,m} + t_{night,fct\ f,m}\right) \right) \right] \Big/ 1000$$

(kWh)

Dabei ist:

$W_{light,rm\ r,ctrl,m}$	der monatliche Stromverbrauch des Steuerelements in kWh, der noch nicht im Verbrauch enthalten ist;
$P_{light,rm\ r,ctrl,on,k}$	die Versorgungsleistung k in W der (Gruppen von) Steuerelemente(n) (einschließlich mögliche Hilfselemente, Sensoren und/oder Umschalter) in den Nutzungsstunden, die noch nicht in der Leistung der Leuchten enthalten ist. Der Standardwert für die Versorgung der Steuerelemente, Steuerungen, Sensoren usw. (unabhängig davon, ob diese in den Leuchten integriert sind) beträgt 3 W pro Leuchte, die mit dem Gerät verbunden ist;
$P_{light,rm\ r,ctrl,off,k}$	die Versorgungsleistung k in W der (Gruppen von) Steuerelemente(n) (einschließlich mögliche Hilfselemente, Sensoren und/oder Umschalter) außerhalb der Nutzungsstunden. Der Standardwert für die Versorgung der Steuerelemente, Sensoren usw. (unabhängig davon, ob diese in den Leuchten integriert sind) beträgt 3 W pro Leuchte, die mit dem Gerät verbunden ist;
$f_{occ,light,fct\ f}$	ein Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung eines Systems, das die Beleuchtung abhängig von der Nutzung regelt, aufgeführt in Tabelle [29], (-) ;
$t_{day,fct\ f,m}$	die übliche Anzahl der Nutzungsstunden in h pro Monat am Tag für den Funktionsbereich f, zu dem der betreffende Raum r gehört, wie in

Tabelle [31] aufgeführt;

$t_{night,fct\ f,m}$ die übliche Anzahl der Nutzungsstunden in h pro Monat in der Nacht für den Funktionsbereich f, zu dem der betreffende Raum r gehört, wie in Tabelle [32] aufgeführt.

Wenn ein Steuerelement mehrere Räume steuert, ist der zu berücksichtigende Wert $f_{occ,light,fct\ f}$ der Höchstwert der auf alle Räume anwendbaren Werte.

Die Werte aller im Raum r vorhandenen Versorgungen k sind zu addieren.

Besonderheit der Funktion „Unterricht“: Der monatliche Stromverbrauch der Steuerelemente und ähnlichen Elemente, $W_{light,rm\ r,ctrl,m}$, die mit der Beleuchtungsanlage der Räume r in einem Funktionsbereich mit dieser Funktion verbunden sind, wird für die Monate Juli und August auf null veranschlagt.

9.3.3 Wert zur Berechnung der Leistung pro Raum

Der Wert zur Berechnung der Beleuchtungsleistung pro Raum wird wie folgt ermittelt:

- wenn die gewünschte Beleuchtung nicht geregelt werden kann, wird als Wert zur Berechnung der Beleuchtungsleistung wie folgt genommen:

Gl. 134 $P_{light,rmr} = P_{nom,rmr}$ (kW)

Dabei ist:

$P_{light,rm\ r}$	der Leistungswert in kW;
$P_{nom,rm\ r}$	der Nennleistungswert in kW pro Raum, wie vorstehend ermittelt.

- wenn die Beleuchtung dagegen bei allen Leuchten in dem Raum geregelt werden kann (pro Einzelleuchte oder pro Gruppe von Leuchten), wird üblicherweise folgende Berechnung zur Bestimmung der Beleuchtungsleistung durchgeführt[11]:

Gl. 135 $$P_{light,rmr} = P_{nom,rmr} \cdot \min\left(1 \;;\; \frac{L_{thresh} + f_{reduc,light} \cdot (L_{rmr} - L_{thresh})}{L_{rmr}}\right) \quad (kW)$$

Dabei ist:

$P_{light,rm\ r}$	der Wert der Beleuchtungsleistung in kW;
$P_{nom,rm\ r}$	der Nennleistungswert in kW, wie vorstehend ermittelt;
$L_{design,rm\ r}$	die dimensionslose Hilfsvariable, ermittelt gemäß § 9.3.1.2;
$f_{reduc,light}$	ein Reduktionsfaktor der Hilfsvariablen mit dem Wert: $f_{reduc,light} = 0,5$;
L_{thresh}	ein Schwellenwert von $L_{design,rm\ r}$ mit dem Wert: $L_{thresh} = 250$.

Der Nennleistungswert wird für jeden Raum ermittelt, indem die Leistungen aller Leuchten (Leistung der Lampen einschließlich möglicher Hilfselemente, Sensoren und Steuerelemente) wie folgt addiert werden:

Gl. 136 $$P_{nom,rmr} = \frac{\sum_{k} P_{fitting,k}}{1000} \quad (kW)$$

Dabei ist:

$P_{nom,rm\ r}$	der Nennleistungswert in kW aller Lampen einschließlich möglicher Hilfselemente, Sensoren, Steuerelemente im Raum r;
$P_{fitting,k}$	der Nennleistungswert in W der (aller) Lampe(n) der Leuchte einschließlich möglicher Hilfselemente, Sensoren, Steuerelemente und/oder Steuerungen der Leuchte k.

Die Werte aller Leuchten k des Raumes r sind zu addieren.

9.3.4 Unterschied zwischen dem sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereich und dem sogenannten „künstlich beleuchteten" Bereich

Wenn der sogenannte „tageslichtbeleuchtete" Bereich separat veränderbar ist, kann ein niedrigerer Stromverbrauch in der Berechnung berücksichtigt werden (siehe § 9.3.2.2.1 und Tabelle [30]).

Die Fläche des sogenannten „künstlich beleuchteten" Bereichs ist die Nutzfläche des Raumes r, abzüglich der Fläche des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs:

[11] Wenn $L_{design,rm\ r}$ gleich null ist (zum Beispiel weil keine Informationen über die installierten Leuchten vorliegen), gilt $P_{light,rm\ r} = P_{nom,rm\ r}$.

Gl. 137 $A_{f,rmr,artif\ area} = A_{f,rmr} - A_{f,rmr,dayl\ area}$ (m²)

Dabei ist:

$A_{f,rm\ r,artif\ area}$	die Nutzfläche des sogenannten „künstlich beleuchteten" Bereichs des Raumes r in m²;
$A_{f,rm\ r}$	die Gesamtnutzfläche des Raumes r in m²;
$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$	die Fläche des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs des Raumes r in m², wie vorstehend ermittelt.

Wenn in dem betreffenden Raum keine Tageslichtöffnung vorhanden ist, gilt: $A_{f,rm\ r,dayl\ area} = 0$.

Wenn es eine oder mehrere Tageslichtöffnungen im betreffenden Raum gibt, kann man entweder die Standardwerte (siehe § 9.3.4.1) oder eine herkömmliche Ermittlungsmethode, die genauer ist (siehe § 9.3.4.2), verwenden.

9.3.4.1 Standardwerte zur Ermittlung des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs

Die Fläche des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs ergibt sich wie folgt:

Gl. 138 $A_{f,rmr,daylarea} = f_{daylarea,rmr} \cdot A_{f,rmr}$ (m²)

Dabei ist:

$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$	die Nutzfläche des sogenannte „tageslichtbeleuchteten" Bereichs des Raumes r in m²;
$f_{dayl\ area,rm\ r}$	der Anteil der Fläche des Raumes r, die standardmäßig als „tageslichtbeleuchtet" gilt, aufgeführt in Tabelle [33], (-);
$A_{f,rm\ r}$	die Gesamtnutzfläche des Raumes r in m².

Tabelle [33]: Anteil der Raumfläche, $f_{dayl\ area,rm\ r}$, die standardmäßig als „tageslichtbeleuchtet“ gilt, pro Funktion

Funktionen		Wenn in dem betreffenden Raum keine Tageslichtöffnung vorhanden ist	Wenn in dem betreffenden Raum eine Tageslichtöffnung vorhanden ist
Unterkunft		0,00	0,15
Büros		0,00	0,20
Unterricht		0,00	0,30
Gesundheitswesen	Mit nächtlicher Nutzung	0,00	0,15
	Ohne nächtliche Nutzung	0,00	0,15
	Operationssaal	0,00	0,00
Versammlungsbereich	Starke Nutzung	0,00	0,20
	Geringe Nutzung	0,00	0,20
	Cafeteria/Speisesaal	0,00	0,20
Küche		0,00	0,20
Handel/Dienstleistungen		0,00	0,10
Sportanlagen	Sporthalle/Turnhalle	0,00	0,20
	Fitness/Tanz	0,00	0,20
	Sauna/Schwimmbad	0,00	0,20
Technikräume		0,00	0,10
Gemeinsame Flächen		0,00	0,10
Sonstige		0,00	0,10
Unbekannt		0,00	0,00

9.3.4.2 Herkömmliche Methode zur Ermittlung des sogenannten „tageslichtbeleuchteten“ Bereichs

Die herkömmliche Methode zur Ermittlung des sogenannten „tageslichtbeleuchteten“ Bereichs beruht für jeden Raum, auf den sie Anwendung findet, auf einer Abbildung wie Abbildung [6] unten. Ein erster Beitrag zum sogenannten „tageslichtbeleuchteten“ Bereich bildet die senkrechte Projektion auf die Nutzfläche der Fenster (Tageslichtöffnungen), die nach innen geneigt oder horizontal sind (zum Beispiel Dachfenster). Ein zweiter Beitrag kommt von den senkrechten Fenstern und senkrechten Äquivalenzflächen der geneigten Fenster. Zur Ermittlung der letztgenannten Flächen wird jedes geneigte Fenster auf eine senkrechte Ebene projiziert, die am oberen Rand des Fensters verläuft (siehe Abbildung [5]). Die beiden Beiträge werden gemäß § 0 und 9.3.4.2.2 genau ermittelt.

Die Bereiche, die sich überschneiden, werden abgezogen, um die Gesamtfläche des sogenannten „tageslichtbeleuchteten“ Bereichs zu ermitteln:

Gl. 139 $A_{f,rmr,dayl\ area} = A_{f,rmr,dayl\ area,vert} + A_{f,rmr,dayl\ area,depth} - A_{f,rmr,overlap}$ (m²)

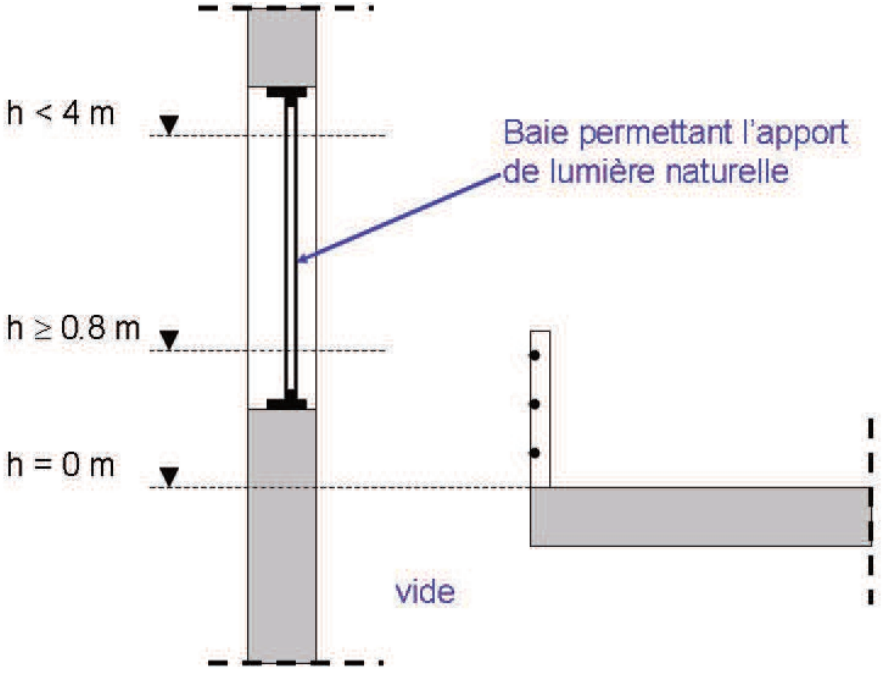
Dabei ist:

$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$	die Gesamtnutzfläche des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs des Raumes r in m²;
$A_{f,rm\ r,dayl\ area,vert}$	die Nutzfläche in m², die der senkrechten Projektion der Fenster entspricht, ermittelt gemäß § 0;
$A_{f,rm\ r,dayl\ area,depth}$	die Nutzfläche in m², die dem Beitrag der senkrechten Äquivalenzflächen der Fenster entspricht, ermittelt gemäß § 9.3.4.2.2;
$A_{f,rm\ r,overlap}$	die Nutzfläche in m², die sowohl die Bedingungen von 9.3.4.2.1 als auch die Bedingungen von 9.3.4.2.2 erfüllt.

Bedingungen:

Wenn das obere und untere Ende der senkrechten Fenster ermittelt wird, die den Tageslichteinfall ermöglichen, müssen die in Abbildung [4] spezifizierten Bedingungen erfüllt werden. Das bedeutet, dass die Höhe des unteren Endes des Fensters (der lichtdurchlässige/lichtdurchscheinende Bereich des Fensters), die in den Berechnungen berücksichtigt werden muss, mindestens 0,8 m betragen muss, auch wenn der Istwert niedriger ist (z. B.: unterer Rand in einer Höhe von 0,5 m). Auf ähnliche Weise ist die maximale Höhe des oberen Endes auf 4 m festgelegt. Die Höhen werden anhand der fertigen Bodenhöhe ermittelt.

Abbildung [4]: Projektion der fertigen Bodenhöhe auf die Fassade (zum Beispiel im Falle eines Hohlraums) und Begrenzung der minimalen und maximalen Höhen zur Ermittlung des senkrechten (äquivalenten) Fensters, das einen Tageslichteinfall ermöglicht



9.3.4.2.1 Beitrag der senkrechten Projektion der Fenster, die einen Tageslichteinfall ermöglichen

Der Beitrag der horizontalen und nach innen geneigten Fenster[12], die einen Tageslichteinfall ermöglichen, zur Nutzfläche des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs setzt sich aus der Summe der senkrechten Projektionsflächen dieser Fenster auf dem zugrunde liegenden Boden zusammen, sofern diese in der Nutzfläche des Raumes enthalten sind, siehe Abbildung [5].

Diese Fläche pro Raum wird wie folgt ermittelt:

Gl. 140 $$A_{f,rmr,daylarea,vert} = \sum_{k} A_{f,rmr,daylarea,vert,k} \quad (m^2)$$

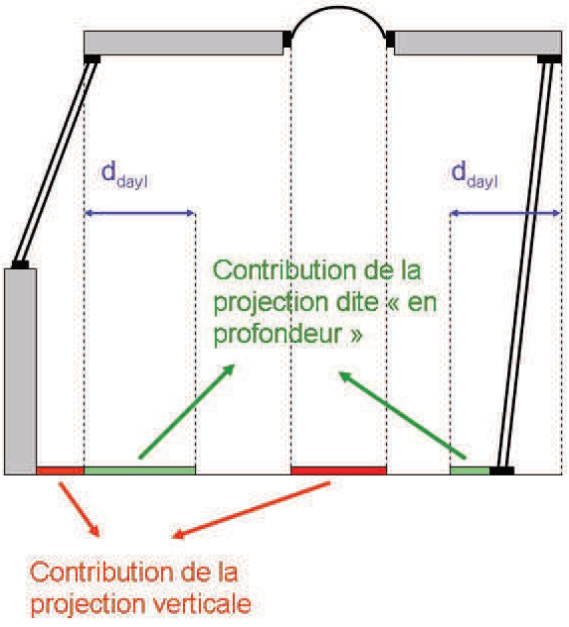
Dabei ist:

$A_{f,rm\ r,dayl\ area,vert}$ die Gesamtfläche in m² im Inneren des Raumes r der senkrechten Projektionen der horizontalen und nach innen geneigten Fenster auf dem zugrunde liegenden Boden, die einen Tageslichteinfall ermöglichen;

$A_{f,rm\ r,dayl\ area,vert,k}$ die senkrechte Projektionsfläche in m² des Fensters k, die in der Nutzfläche enthalten ist.

Die Werte aller Beiträge der Projektionen der Fenster k sind zu addieren.

Abbildung [5]: Beiträge der senkrechten Projektion und der sogenannten „Tiefenprojektion"



[12] Der Sichttransmissionsfaktor $\tau_{vis,dir,h}$ (Senkrechteinfall, bei hemisphärischer Transmission) der lichtdurchlässigen/lichtdurchscheinenden Bereiche muss mindestens 60 % betragen. Andernfalls wird das Fenster, das den Tageslichteinfall ermöglicht, nicht bei der Ermittlung der Fläche des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs berücksichtigt.

9.3.4.2.2 (Äquivalenter) Beitrag der senkrechten Fenster, die einen Tageslichteinfall ermöglichen

Der (äquivalente) Beitrag der senkrechten Fenster, die einen Tageslichteinfall ermöglichen, wird als Summe der Fläche ermittelt, die sich durch Multiplizieren der Länge des Fassadenelements mit dem senkrechten Glasfenster (sofern dieses Fenster die Bedingungen erfüllt, die einen Tageslichteinfall ermöglichen) mit der Tiefe des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs ergibt, sofern dieser in der Nutzfläche des Raumes r enthalten ist. Dieser (äquivalente) Beitrag wird wie folgt berechnet:

Gl. 141 $$A_{f,rmr,daylarea,depth} = \sum_{k} l_{dayl,k} \cdot d_{dayl,int,k} \quad (m^2)$$

Dabei ist:

$A_{f,rm\ r,dayl\ area,depth}$	die Fläche in m² der (äquivalenten) Beiträge der senkrechten Fenster, die Tageslichteinfall ermöglichen;
$l_{dayl,k}$	die Länge in m des Fassadenelements des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs, zu dem das Fenster k gehört, ermittelt gemäß § 9.4.5.2.2.1;
$d_{dayl,int,k}$	die Tiefe in m des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs im Verhältnis zum Fenster k, sofern dieses in der Nutzfläche enthalten ist, ermittelt gemäß § 9.4.5.2.2.2.

Die Werte aller Beiträge der senkrechten Fenster k sind zu addieren.

9.3.4.2.2.1 Länge des Fassadenelements l_{dayl}

Als Länge des Fassadenelements in Verbindung mit dem Fenster des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs wird die Breite der inneren Öffnung des Fensters genommen (das heißt der lichtdurchlässige/lichtdurchscheinende Bereich), zuzüglich maximal 0,5 m auf jeder Seite (ohne jedoch die Innenwände zu überschreiten). Überschneidungen können nicht doppelt berücksichtigt werden, siehe Abbildung [6].

9.3.4.2.2.2 Tiefe des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs

Die Tiefe in Verbindung mit einem (äquivalenten) senkrechten Fenster, das einen (äquivalenten) Tageslichteinfall ermöglicht, wird wie folgt ermittelt.

Bei geneigten Fenstern muss zuerst die senkrechte Ebene berücksichtigt werden, die durch das höchste Element des Fensters (Außenmaß) verläuft, wobei die Höhe dieses oberen Elements auf 4 m über der fertigen Bodenhöhe begrenzt ist.

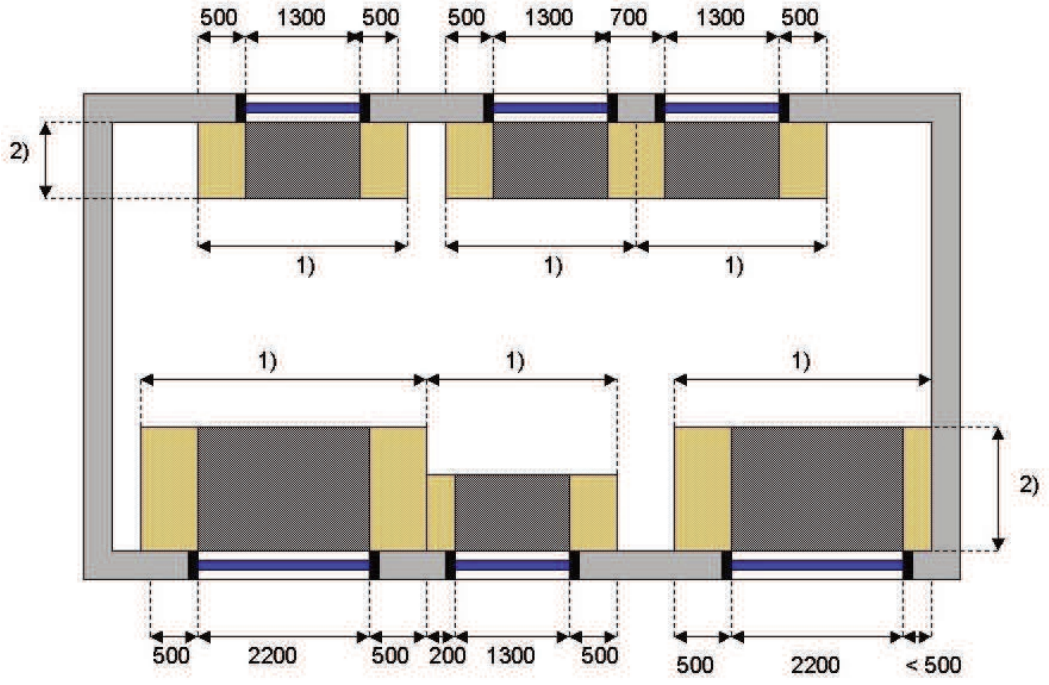
Anschließend wird die wie nachstehend ermittelte Tiefe des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs, d_{dayl}, nach Innen unter das Fenster, senkrecht zur auf diese Weise ermittelten senkrechten Ebene oder im Verhältnis zur Begrenzung der Nutzfläche im Fall eines senkrechten Fensters übertragen.

Wenn die auf diese Weise erhaltene Fläche des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs vollständig innerhalb der Nutzfläche liegt, gilt:

Gl. 142 $$d_{dayl,int} = d_{dayl}$$

Wenn dies nicht der Fall ist, muss die Tiefe des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs vom Bereich, der außerhalb der Nutzfläche liegt, abgezogen werden, um $d_{dayl,int}$ zu erhalten (siehe Leerraum von Abbildung [4] oder das rechte Fenster von Abbildung [5]).

Abbildung [6]: Bereiche der Nutzfläche hinter lichtdurchlässigen/lichtdurchscheinenden und lichtundurchlässigen Elementen einer Fassade, die zum sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereich gehören



(In der Abbildung sind mehrere Tiefen aufgeführt)

1) l_{dayl}: Länge des Fassadenelements, das einen Tageslichteinfall ermöglicht

2) d_{dayl}: Tiefe des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs

Die Tiefe des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs, d_{dayl}, ergibt sich wie folgt:

Gl. 143 Wenn der numerische Wert von (h_o . τ_v) kleiner als 0,50 ist:

$$d_{dayl} = 0$$

Wenn der numerische Wert von (h_o . τ_v) größer oder gleich 0,50 ist:

$$d_{dayl} = 0,5 + 3 \cdot \left(h_o \cdot \tau_v\right) \quad \text{(m)}$$

Dabei ist:

d_{dayl}	Tiefe in m des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs, der dem betreffenden Fenster entspricht;
h_o	Höhe in m des lichtdurchlässigen/lichtdurchscheinenden Bereichs des Fensters, das einen Tageslichteinfall ermöglicht;
τ_v	Sichttransmissionsfaktor $\tau_{vis,dir,h}$ (senkrechter Einfallswinkel, hemisphärische Transmission) des Fensters, ermittelt gemäß NBN EN 410, (-).

Die Höhe der Fensteröffnung, h_o, ergibt sich wie folgt:

Gl. 144 $h_o = u_o - l_o$ (m)

Dabei ist:

h_o die Höhe in m der Fensteröffnung, die einen Tageslichteinfall ermöglicht;

u_o die Höhe in m des oberen Endes der Öffnung, gemessen in Bezug auf die fertige Bodenhöhe, mit einem Höchstwert von 4 m;

u_o die Höhe in m des unteren Endes der Öffnung, gemessen in Bezug auf die fertige Bodenhöhe, mit einem Mindestwert von 0,8 m.

Die Tiefe des sogenannten „tageslichtbeleuchteten" Bereichs kann nicht größer als die Tiefe des betreffenden Raumes sein.

10 Primärenergieverbrauch

10.1 Prinzip

Jedes Einzelergebnis des Endenergieverbrauchs wie in den vorangegangenen Kapiteln ermittelt, wird je nach Energieträger mit einem Umwandlungsfaktor in Primärenergie multipliziert. Im Anschluss werden alle Einzelergebnisse zum typischen jährlichen Primärenergieverbrauch addiert. Für mit Photovoltaikanlagen oder Kraft-Wärme-Kopplung lokal erzeugten Strom wird bei der Berechnung ein Bonus für die entsprechende Brennstoffeinsparung in den Kraftwerken angerechnet.

Berücksichtigt werden nur Photovoltaikanlagen, die die Bedingungen in Anlage A.1 § 12.1.1 des vorliegenden Erlasses erfüllen.

10.2 Typischer jährlicher Primärenergieverbrauch

Der typische jährliche Primärenergieverbrauch der PEN-Einheit, $E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}$, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 145
$$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons} = \sum_{m=1}^{12}\left(\begin{matrix}E_{p,heat,m} + E_{p,cool,m} + E_{p,water,m} \\ + E_{p,aux,m} + E_{p,light,m} - E_{p,pv,m} - E_{p,cogen,m}\end{matrix}\right) \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

$E_{p,heat,m}$ der monatliche Primärenergieverbrauch in MJ für Heizung, berechnet gemäß § 10.3;

$E_{p,cool,m}$ der monatliche Primärenergieverbrauch in MJ für Kühlung, berechnet gemäß § 10.3;

$E_{p,water,m}$ der monatliche Primärenergieverbrauch in MJ für Brauchwarmwasserbereitung, berechnet gemäß § 10.4;

$E_{p,aux,m}$ der monatliche Primärenergieverbrauch in MJ für Hilfseinrichtungen, berechnet gemäß § 10.5;

$E_{p,light,m}$ der monatliche Primärenergieverbrauch in MJ für Beleuchtung, berechnet gemäß § 10.6;

$E_{p,pv,m}$ die monatliche Primärenergieeinsparung in MJ durch die Stromerzeugung mit einer Photovoltaikanlage, berechnet gemäß Anlage A.1 § 13.7 des vorliegenden Erlasses;

$E_{p,cogen,m}$ die monatliche Primärenergieeinsparung in MJ durch die Stromerzeugung mit einer gebäudegebundenen Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung, berechnet gemäß 10.7.

10.3 Primärenergieverbrauch für Heizung und Kühlung

Der monatliche Primärenergieverbrauch der PEN-Einheit für Heizung, $E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}$, und für Kühlung, $E_{p,cool,m}$, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 146
$$E_{p,heat,m} = \sum_{i}\left(f_p \cdot Q_{heat,final,seci,m,pref} + f_p \cdot Q_{heat,final,seci,m,npref}\right) + \sum_{j}\left(f_p \cdot Q_{hum,final,j,m,pref} + f_p \cdot Q_{hum,final,j,m,npref}\right) \quad \text{(MJ)}$$

und:

Gl. 147 $$E_{p,cool,m} = \sum_i \left(f_p \cdot Q_{cool,final,sec\,i,m,pref} + f_p \cdot Q_{cool,final,sec\,i,m,npref} \right)$$

Dabei ist:

f_p	der übliche Primärenergie-Umwandlungsfaktor des Energieträgers des betreffenden Erzeugergeräts, wie in Anlage A.1 Anlage F des vorliegenden Erlasses festgelegt, (-);
$Q_{heat,final,seci,m,pref}$	der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des/der Hauptwärmeerzeuger(s) des Energiesektors i, wie in 7.2.1 ermittelt;
$Q_{heat,final,seci,m,npref}$	der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des/der Nebenwärmeerzeuger(s) des Energiesektors i, wie in 7.2.1 ermittelt;
$Q_{hum,final,j,m,pref}$	der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des/der Hauptwärmeerzeuger(s) des Luftbefeuchters j, wie in 7.2.1 ermittelt;
$Q_{hum,final,j,m,npref}$	der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des/der Nebenwärmeerzeuger(s) des Luftbefeuchters j, wie in 7.2.1 ermittelt;
$Q_{cool,final,seci,m,pref}$	der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des/der Hauptkälteerzeuger(s) des Energiesektors i, wie in 7.2.2 ermittelt;
$Q_{cool,final,seci,m,npref}$	der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des/der Nebenkälteerzeuger(s) des Energiesektors i, wie in 7.2.2 ermittelt.

Die Werte aller Energiesektoren i und aller Luftbefeuchter j der PEN-Einheit sind zu addieren.

10.4 Primärenergieverbrauch für die Brauchwarmwasserbereitung

Der monatliche Primärenergieverbrauch der PEN-Einheit, $E_{p,water,m}$, für die Brauchwarmwasserbereitung wird wie folgt ermittelt:

Gl. 148
$$E_{p,water,m} = \sum_i \left(f_p \cdot Q_{water,bath\,i,fnal,m,pref} + f_p \cdot Q_{water,bath\,i,final,m,npref} \right) + \sum_j \left(f_p \cdot Q_{water,sink\,j,final,m,pref} + f_p \cdot Q_{water,sink\,j,final,m,npref} \right) + \sum_j \left(f_p \cdot Q_{water,other\,k,final,m,pref} + f_p \cdot Q_{water,other\,k,final,m,npref} \right) \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

f_p	der übliche Primärenergie-Umwandlungsfaktor des Energieträgers des betreffenden Erzeugergeräts, wie in Anlage A.1 Anlage F des vorliegenden Erlasses festgelegt, (-);
$Q_{water,bath\,i,final,m,pref}$	der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des Hauptwärmeerzeugers für die Brauchwarmwasserbereitung für eine Dusche oder Badewanne i, ermittelt gemäß 7.6;
$Q_{water,bath\,i,final,m,npref}$	der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des Nebenwärmeerzeugers für die Brauchwarmwasserbereitung für eine Dusche oder Badewanne i, ermittelt gemäß 7.6;

$Q_{water,sink\ j,final,m,pref}$ der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des Hauptwärmeerzeugers für die Brauchwarmwasserbereitung für eine Küchenspüle j, ermittelt gemäß 7.6;

$Q_{water,sink\ j,final,m,npref}$ der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des Nebenwärmeerzeugers für die Brauchwarmwasserbereitung für eine Küchenspüle j, ermittelt gemäß 7.6;

$Q_{water,other\ k,final,m,pref}$ der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des Hauptwärmeerzeugers für die Brauchwarmwasserbereitung für eine andere Warmwasserentnahmestelle k, ermittelt gemäß § 7.6;

$Q_{water,other\ k,final,m,npref}$ der monatliche Endenergieverbrauch in MJ des Nebenwärmeerzeugers für die Brauchwarmwasserbereitung für eine andere Warmwasserentnahmestelle k, ermittelt gemäß § 7.6.

Die Werte aller Duschen und Badewannen i, aller Küchenspülen j und aller Warmwasserentnahmestellen k der PEN-Einheit sind zu addieren.

10.5 Primärenergieverbrauch von Hilfseinrichtungen

Der monatliche Primärenergieverbrauch der Zusatzgeräte wird wie folgt ermittelt:

$$E_{p,aux,m} = f_p \cdot 3,6 \cdot \left(\begin{matrix} W_{aux,fans,m} + W_{aux,dis,m} + W_{aux,gen,m} \\ + W_{aux,cool,m} + W_{aux,free,m} + W_{aux,precool,m} \end{matrix} \right) \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 345

Dabei ist:

$E_{p,aux,m}$ der monatliche Primärenergieverbrauch in MJ für die Hilfseinrichtungen;

f_p der übliche Primärenergie-Umwandlungsfaktor des Energieträgers des betreffenden Erzeugergeräts, wie in Anlage A.1 Anlage F des vorliegenden Erlasses festgelegt, (-);

$W_{aux,fans,m}$ der monatliche Stromverbrauch in kWh der Ventilatoren in der PEN-Einheit - er wird gemäß § 8.1.2 ermittelt.

$W_{aux,dis,m}$ der monatliche Hilfsstromverbrauch in kWh für die Verteilung in der PEN-Einheit - er wird gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable**. ermittelt.

$W_{aux,gen,m}$ der monatliche Hilfsstromverbrauch in kWh für die Wärmeerzeugung in den PEN-Einheiten - er wird gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable**. ermittelt.

$W_{aux,cool,m}$ der zusätzliche monatliche Stromverbrauch der Kälteerzeuger der PEN-Einheit in kWh, - er wird gemäß § 8.3 ermittelt.

$W_{aux,free,m}$ der monatliche Stromverbrauch in kWh für Free-chilling in der PEN-Einheit, ermittelt gemäß § 8.3.3.5;

$W_{aux,precool,m}$ der monatliche Stromverbrauch in kWh für die Vorkühlung der Lüftungsluft in der PEN-Einheit - er wird gemäß § 8.5 ermittelt.

10.6 Primärenergieverbrauch für die Beleuchtung

Der monatliche Primärenergieverbrauch für die Beleuchtung, $E_{p,light,m}$, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 150 $$E_{p,light,m} = f_p \cdot 3,6 \cdot W_{light,m}$$

Dabei ist:

f_p	der übliche Primärenergie-Umwandlungsfaktor für Strom, wie in Anlage A.1 Anlage F des vorliegenden Erlasses festgelegt, (-);
$W_{light,m}$	der monatliche Stromverbrauch in kWh für die Beleuchtung in der PEN-Einheit, ermittelt gemäß § 9.1.2.

10.7 Primärenergieeinsparung durch eine gebäudegebundene Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung

Das Äquivalent der monatlichen Primärenergieeinsparung einer oder mehrerer gebäudegebundener Anlagen für Kraft-Wärme-Kopplung wird wie folgt ermittelt:

Gl. 151 $$E_{p,cogen,m} = \sum_i f_p \cdot 3,6 \cdot W_{cogen,i,m}$$

Dabei ist:

$E_{p,cogen,m}$	die monatliche Verringerung des Primärenergieverbrauchs in MJ, die der monatlich durch die gebäudegebundene Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Strommenge entspricht;
f_p	der übliche Primärenergie-Umwandlungsfaktor für durch Kraft-Wärme-Kopplung selbst erzeugten Strom, wie in Anlage A.1 Anlage F des vorliegenden Erlasses festgelegt, (-);
$W_{cogen,i,m}$	die monatliche Strommenge in kWh, die durch die gebäudegebundene Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i erzeugt wird, ermittelt gemäß § A.4.

Die Werte aller gebäudegebundenen Anlagen für Kraft-Wärme-Kopplung i sind zu addieren.

Annexe A Kraft-Wärme-Kopplung

A.1 Prinzip

Mit einer Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung werden Wärme und Strom zugleich erzeugt. Der Endenergieverbrauch (d. h. der Brennstoffverbrauch) der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung für die Energiesektoren der PER-Einheit wird in Anlage A.1 § 10.2 des vorliegenden Erlasses und für die Energiesektoren der PEN-Einheit in § 10.7 der vorliegenden Anlage berechnet. Diese Erzeugung wird für die PER-Einheiten gemäß Anlage A.1 § 12.2.2 des vorliegenden Erlasses und für die PEN-Einheiten gemäß § 10.6 der vorliegenden Anlage in eingesparte Primärenergie umgewandelt.

Die durch Kraft-Wärme-Kopplung erzeugte Strommenge wird in der vorliegenden Anlage ermittelt.

A.2 Ermittlung des elektrischen und thermischen Umwandlungswirkungsgrads

Der elektrische Umwandlungswirkungsgrad einer Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung ist das Verhältnis zwischen der erzeugten elektrischen Energie und dem Energieinhalt (ausgehend vom oberen Heizwert) des verwendeten Brennstoffs. Der thermische Umwandlungswirkungsgrad ist das Verhältnis zwischen der erzeugten Wärme und dem Energieinhalt (ausgehend vom oberen Heizwert) des verwendeten Brennstoffs.

Für interne Verbrennungsmotoren mit Erdgas, Gas aus Biomasse, Diesel oder pflanzlichem Öl als Kraftstoff sind die Umwandlungswirkungsgrade in § A.2.1 festgelegt. Die Umwandlungswirkungsgrade anderer Technologien sind in § A.2.2 festgelegt.

A.2.1 Ermittlung des elektrischen und thermischen Umwandlungswirkungsgrads eines internen Verbrennungsmotors mit Erdgas, Gas aus Biomasse, Diesel oder pflanzlichem Öl als Kraftstoff

Die Methode zur Ermittlung der Umwandlungswirkungsgrade hängt von der elektrischen Leistung der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung ab.

Wenn die elektrische Leistung der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung nicht bekannt ist, kann sie wie folgt ermittelt werden:

Gl. 158 $$P_{cogen,elec} = a \cdot (P_{cogen,th})^{b} \quad (kW)$$

Dabei ist:

$P_{cogen,elec}$	die elektrische Leistung der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung in kW;
a,b	Parameter (kraftstoffabhängige Variablen) für die Ermittlung der elektrischen Leistung in Abhängigkeit von der thermischen Leistung, aufgeführt in Tabelle [34], (-);
$P_{cogen,th}$	die thermische Leistung der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung in kW. Die Leistung wird nach der Methode für Gasgeräte bestimmt.

Tabelle [34]: Parameter zur Ermittlung der elektrischen Leistung in Abhängigkeit von der thermischen Leistung (interner Verbrennungsmotor)

Kraftstoff	a	b
Erdgas	0,3323	1,123
Gas aus Biomasse	0,3305	1,147
Diesel	0,3947	1,131
Pflanzliches Öl	0,3306	1,152

Fall 1: $P_{cogen,elec}$ < 5 kW

Der elektrische und thermische Umwandlungswirkungsgrad der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung ist in Tabelle [35] aufgeführt:

Tabelle [35]: Elektrischer und thermischer Umwandlungswirkungsgrad einer Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung (interner Verbrennungsmotor, $P_{cogen,elec}$ < 5 kW)

Kraftstoff	$\varepsilon_{cogen,elec}$	$\varepsilon_{cogen,th}$
Erdgas	0,251	0,573
Gas aus Biomasse	0,248	0,542
Diesel	0,279	0,536
Pflanzliches Öl	0,268	0,573

Fall 2: 5 kw ≤ $P_{cogen,elec}$ ≤ 5000 kW

Der elektrische und thermische Umwandlungswirkungsgrad der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung wird wie folgt ermittelt:

Gl. 159 $$\varepsilon_{cogen,elec} = a_{elec} \cdot (P_{cogen,elec})^{b_{elec}} \quad (-)$$

Gl. 160 $$\varepsilon_{cogen,th} = a_{th} \cdot (P_{cogen,elec})^{b_{th}} \quad (-)$$

Dabei ist:

ε_{elec} der elektrische Umwandlungswirkungsgrad der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung (-);

a_{elec}, b_{elec} Parameter (kraftstoffabhängige Variablen) für die Ermittlung des elektrischen Umwandlungswirkungsgrads, aufgeführt in Tabelle [36], (-);

$P_{cogen,elec}$ die elektrische Leistung der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung in kW. Wenn die Leistung nicht bekannt ist, wird sie wie vorstehend beschrieben ermittelt;

ε_{th} der thermische Umwandlungswirkungsgrad der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung, (-);

a_{th}, b_{th} Parameter (kraftstoffabhängige Variablen) für die Ermittlung des thermischen Umwandlungswirkungsgrads, aufgeführt in Tabelle [36], (-).

Tabelle [36]: Parameter zur Ermittlung des elektrischen und thermischen Umwandlungswirkungsgrads einer Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung (interner Verbrennungsmotor, 5 kw ≤ $P_{cogen,elec}$ ≤ 5000 kW)

Kraftstoff	a_{elec}	b_{elec}	a_{th}	b_{th}
Erdgas	0,228	0,061	0,623	-0,053
Gas aus Biomasse	0,222	0,069	0,601	-0,065
Diesel	0,253	0,063	0,587	-0,057
Pflanzliches Öl	0,240	0,070	0,637	-0,066

Fall 3: $P_{cogen,elec}$ > 5000 kW

Der elektrische und thermische Umwandlungswirkungsgrad der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung ist in Tabelle [37] aufgeführt.

Tabelle [37]: Elektrischer und thermischer Umwandlungswirkungsgrad einer Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung (interner Verbrennungsmotor, $P_{cogen,elec}$ < 5000 kW)

Kraftstoff	$\varepsilon_{cogen,elec}$	$\varepsilon_{cogen,th}$
Erdgas	0,384	0,396
Gas aus Biomasse	0,400	0,345
Diesel	0,433	0,361
Pflanzliches Öl	0,436	0,363

A.2.2 Ermittlung des elektrischen und thermischen Umwandlungswirkungsgrads anderer Technologien als interner Verbrennungsmotoren mit Erdgas, Gas aus Biomasse, Diesel oder pflanzlichem Öl als Kraftstoff

Der elektrische und thermische Umwandlungswirkungsgrad einer Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung, für die § A.2.1 nicht gilt, (wie Stirling-Motoren, Gasturbinen, ORC-Systeme, Brennstoffzellen) wird wie folgt ermittelt:

Gl. 161 $$\varepsilon_{cogen,elec} = 0,77 \cdot \frac{P_{cogen,elec}}{P_{cogen,elec} + P_{cogen,th}} \quad (-)$$

Gl. 162 $$\varepsilon_{cogen,th} = 0,77 \cdot \frac{P_{cogen,th}}{P_{cogen,elec} + P_{cogen,th}} \quad (-)$$

Dabei ist:

ε_{elec} der elektrische Umwandlungswirkungsgrad der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung, (-);

$P_{cogen,th}$ die thermische Leistung der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung in kW. Die Leistung wird nach der Methode für Gasgeräte ermittelt;

$P_{cogen,elec}$ die elektrische Leistung der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung in kW;

ε_{th} der thermische Umwandlungswirkungsgrad der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung (-).

A.3 Ermittlung des monatlichen Endenergieverbrauchs einer Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung

A.3.1 Rechenregel

Der monatliche Endenergieverbrauch einer Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i für Raumheizung, Luftbefeuchtung, Brauchwarmwasser und Absorptionskühlung, die von der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung gedeckt wird, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 163
$$Q_{cogen,final,i,m} = \frac{Q_{cogen,heat,i,m} + Q_{cogen,hum,i,m} + Q_{cogen,cool,i,m} + Q_{cogen,water,i,m}}{\varepsilon_{cogen,th}} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$Q_{cogen,final,i,m}$ der monatliche Endenergieverbrauch in MJ der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i;

$Q_{cogen,heat,i,m}$ der Anteil der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i in MJ am monatlichen Bruttoenergiebedarf für Heizung, ermittelt gemäß § A.3.2;

$Q_{cogen,hum,i,m}$ der Anteil der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i in MJ am monatlichen Nettoenergiebedarf für Luftbefeuchtung, ermittelt gemäß § A.3.3;

$Q_{cogen,cool,i,m}$ der Anteil der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i in MJ am monatlichen Bruttoenergiebedarf für Absorptionskühlung, ermittelt gemäß § A.3.4;

$Q_{cogen,water,i,m}$ der Anteil der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i in MJ am monatlichen Bruttoenergiebedarf für Brauchwarmwasser, ermittelt gemäß § A.3.5;

$\varepsilon_{cogen,th}$ der thermische Umwandlungswirkungsgrad der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung, ermittelt gemäß § A.2, (-).

A.3.2 Von der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung gedeckter Bruttoenergiebedarf für Raumheizung

Der Anteil der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i am monatlichen Bruttoenergiebedarf für Raumheizung für die gesamte PEN-Einheit wird wie folgt ermittelt:

Gl. 164
$$Q_{cogen,heat,i,m} = \sum_{i} f_{heat,m,pref} \cdot \left(1 - f_{as,heat,seci,m}\right) \cdot Q_{heat,gross,seci,m} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$Q_{cogen,heat,i,m}$ der Anteil der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i in MJ am monatlichen Bruttoenergiebedarf für Raumheizung;

$f_{heat,m,pref}$ der Anteil der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung an der Wärmeabgabe an den betreffenden Energiesektor, ermittelt gemäß § 7.3.1 (-);

$f_{as,heat,sec\ i,m}$ der Anteil des Gesamtwärmebedarfs für Raumheizung des Energiesektors i, der durch ein Solarthermiesystem gedeckt wird, wie in 7.2.1 beschrieben (-);

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Raumheizung des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 6.2.

Die Werte aller Energiesektoren i der PEN-Einheit, an die die Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung Wärme abgibt, sind zu addieren.

A.3.3 Von der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung gedeckter Bruttoenergiebedarf für Luftbefeuchtung

Der Anteil der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i am monatlichen Nettoenergiebedarf für Luftbefeuchtung für die gesamte PEN-Einheit wird wie folgt ermittelt:

Gl. 165 $$Q_{cogen,hum,i,m} = \sum_{j} f_{heat,m,pref} \cdot \left(1 - f_{as,hum,j,m}\right) \cdot Q_{hum,net,j,m} \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

$Q_{cogen,hum,i,m}$	der Anteil der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i in MJ am monatlichen Nettoenergiebedarf für Luftbefeuchtung;
$f_{heat,m,pref}$	der Anteil der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung an der Wärmeabgabe an die betreffende Luftbefeuchtungsanlage, ermittelt gemäß § 7.3.1, (-);
$f_{as,hum,j,m}$	der Anteil des Gesamtwärmebedarfs für die Luftbefeuchtungsanlage j, der durch ein Solarthermiesystem gedeckt wird, wie in 7.2.1 beschrieben, (-);
$Q_{hum,net,j,m}$	der monatliche Nettoenergiebedarf in MJ für Luftbefeuchtung der Luftbefeuchtungsanlage j, ermittelt gemäß § 5.11.

Die Werte aller Luftbefeuchtungsanlagen j in der PEN-Einheit, an die die Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i Wärme abgibt, sind zu addieren.

A.3.4 Von der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung gedeckter Bruttoenergiebedarf für Absorptionskühlung

Der Anteil der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i am monatlichen Bruttoenergiebedarf für Absorptionskühlung für die gesamte PEN-Einheit wird wie folgt ermittelt:

Gl. 166 $$Q_{cogen,cool,i,m} = \sum_{i} f_{heat,m,pref} \cdot \frac{f_{cool,pref} \cdot Q_{cool,gross,sec\,i,m}}{EER_{nom}} \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

$Q_{cogen,cool,i,m}$	der Anteil der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i in MJ am monatlichen Bruttoenergiebedarf einer Absorptionskältemaschine;
$f_{heat,m,pref}$	der Anteil der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung an der Wärmeabgabe an die Absorptionskältemaschine, ermittelt gemäß § 7.3.1 (-);
$f_{cool,pref}$	der Anteil der Absorptionskältemaschine an der Kälteabgabe an den betreffenden Energiesektor, ermittelt gemäß § 7.3.2 (-);
EER_{nom}	die Kälteleistungszahl, gemäß § 7.5.2 ermittelt (-)
$Q_{cool,gross,sec\,i,m}$	der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für die von der Absorptionskältemaschine abgegebene Raumkühlung des Energiesektors i, ermittelt gemäß § 6.2.

Die Werte aller Energiesektoren i der PEN-Einheit, an die die von der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i versorgte Absorptionskältemaschine Kälte abgibt, sind zu addieren.

A.3.5 Bruttoenergiebedarf für Brauchwarmwasser

Der Anteil der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i am monatlichen Bruttoenergiebedarf für Brauchwarmwasser für die gesamte PEN-Einheit wird wie folgt ermittelt:

Gl. 167

$$Q_{cogen,water,i,m} = \sum_i f_{heat,m,pref} \times (1 - f_{as,water,bath\ i,m}) \times Q_{water,bath\ i,gross,m} + \sum_j f_{heat,m,pref} \times (1 - f_{as,water,sink\ j,m}) \times Q_{water,sink\ j,gross,m} + \sum_k f_{heat,m,pref} \times (1 - f_{as,water,other\ k,m}) \times Q_{water,other\ k,gross,m} \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

$Q_{cogen,water,i,m}$ der Anteil der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i in MJ am monatlichen Bruttoenergiebedarf für Brauchwarmwasser;

$f_{heat,m,pref}$ der Anteil der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung an der Wärmeabgabe an die versorgten Warmwasserentnahmestellen, ermittelt gemäß § 7.3.1 (-);

$f_{as,m}$ der Anteil des Gesamtwärmebedarfs, der vom Solarthermiesystem gedeckt wird, ermittelt gemäß § 7.6. Mit den Indizes „water,bath i", „water,sink j" und „water,other,k" für die Brauchwarmwasserbereitung für Dusche/Badewanne bzw. Küchenspüle bzw. die andere Warmwasserentnahmestelle;

$Q_{water,bath\ i,gross,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Brauchwarmwasser für eine Dusche oder Badewanne i, ermittelt gemäß § 6.5;

$Q_{water,sink\ j,gross,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Brauchwarmwasser für eine Küchenspüle j, ermittelt gemäß § 6.5;

$Q_{water,other,k,gross,m}$ der monatliche Bruttoenergiebedarf in MJ für Brauchwarmwasser für eine andere Warmwasserentnahmestelle k, ermittelt gemäß § 6.5;

Die Werte aller Duschen/Badewannen i, aller Küchenspülen j und der anderen Warmwasserentnahmestellen k der PEN-Einheit, an die die Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung Wärme abgibt, sind zu addieren.

A.4 Ermittlung der erzeugten Strommenge

Es wird davon ausgegangen, dass die monatlich erzeugte Strommenge bei einer nicht gebäudegebundenen Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung 0 beträgt. Die Primärenergieeinsparung wird in diesem Fall bereits beim Primärenergiefaktor für die externe Wärmeabgabe berücksichtigt. Demnach gilt: $W_{cogen,i,m} = 0$

Die mit der gebäudegebundenen Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i erzeugte Strommenge wird wie folgt ermittelt:

Gl. 168

$$W_{cogen,i,m} = \frac{\varepsilon_{cogen,elec}}{3,6} \cdot Q_{cogen,final,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{cogen,i,m}$ die monatliche Strommenge in kWh, die von der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i erzeugt wird;

$\varepsilon_{cogen,elec}$ der elektrische Umwandlungswirkungsgrad der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung, ermittelt gemäß § A.2 (-);

$Q_{cogen,final,i,m}$ der monatliche Endenergieverbrauch in MJ der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i, ermittelt gemäß § A.3.

A.5 Leeres Absatz

Dieser Absatz ist vorsätzlich leer.

A.6 Ermittlung des Mindestwasserinhalts eines Speicherbehälters zur Speicherung der Erzeugung einer Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung mit voller Leistung während eines Zeitraums von 30 Minuten

Der Mindestwasserinhalt eines Speicherbehälters zur Speicherung der Wärmeerzeugung einer gebäudegebundenen Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i mit voller Leistung während eines Zeitraums von 30 Minuten wird üblicherweise wie folgt ermittelt:

Gl. 170 $$V_{stor,30min,i} = \frac{0,44 \cdot P_{cogen,th,i}}{(\theta_{cogen,i} - \theta_{return,design,i})} \quad (m^3)$$

Dabei ist:

$V_{stor,30\ min,i}$ der erforderliche Wasserinhalt in m³ eines Speicherbehälters zur Speicherung der Wärmeerzeugung während 30 Minuten;

$P_{cogen,th,i}$ die thermische Leistung der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i in kW. Die Leistung wird nach der Methode für Gasgeräte ermittelt;

$\theta_{cogen,i}$ die Temperatur in °C der Wärmeabgabe der Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung;

$\theta_{return,design,i}$ die Rücklauftemperatur in °C des Wärmeabgabesystems, an das die Anlage für Kraft-Wärme-Kopplung i Wärme abgibt, wie in Anlage A.1 § 10.2.3.2 des vorliegenden Erlasses ermittelt.

Annexe B Vorkühlung der Lüftungsluft

B.1 Rechenregel

Der monatliche Multiplikationsfaktor $r_{precool,fct\ f,m}$ zur Berücksichtigung des Effekts der Vorkühlung der Lüftungsluft auf den Kühlungsbedarf des Funktionsbereichs f entspricht dem Multiplikationsfaktor zur Berücksichtigung des Effekts der Vorkühlung des Energiesektors i, zu dem er gehört, der wiederum dem Multiplikationsfaktor zur Berücksichtigung des Effekts der Vorkühlung der Lüftungszone z entspricht, zu dem der Energiesektor i gehört:

Gl. 171 $r_{precool,fct\ f} = r_{precool,seci,m} = r_{precool,zone\ z,m}$

Ist in der Lüftungszone z kein System zur Vorkühlung der Lüftungsluft vorgesehen oder wird lediglich ein Teil des Volumenstroms der Hygienelüftung in der Lüftungszone z mit einem Vorkühlsystem für Lüftungsluft gekühlt, so ist $r_{precool,zone\ z,m} = 1$.

Verwenden mehrere PEB-Einheiten das gleiche Vorkühlsystem für Lüftungsluft, beträgt der Standardwert von $r_{precool,zone\ z,m} = 1$; auf der Grundlage eines Antrags auf Anwendung des Äquivalenzprinzips können günstigere Werte verwendet werden.

Ist ein Vorkühlsystem für Lüftungsluft vorhanden und wird der gesamte Volumenstrom der Hygienelüftung der Lüftungszone z mit diesem Vorkühlsystem gekühlt, muss $r_{precool,zone\ z,m}$ anhand des Verhältnisses zwischen der Temperaturabsenkung, die durch das Vorkühlsystem bewirkt wird, und der ursprünglichen Temperaturdifferenz und des Wirkungsgrads des Vorkühlsystems $e_{precool,m}$ ermittelt werden.

Gl. 172 $$r_{precool,zone\,z,m} = 1 - e_{precool,m} \cdot \left(\frac{\theta_{precool,ref,max,m} - \theta_{e,V,cool,m}}{\theta_{i,cool} - \theta_{e,V,cool,m}} \right)$$

Dabei ist:

$e_{precool,m}$	monatlicher Wirkungsgrad des betreffenden Vorkühlsystems, (-);
$\theta_{precool,ref,max,m}$	Bezugstemperatur in °C für die maximale Temperaturabsenkung;
$\theta_{e,V,cool,m}$	üblicher Rechenwert für die Außenlufttemperatur in °C für die Hygienelüftung bei den Kühlungsberechnungen, ermittelt gemäß Tabelle [1];
$\theta_{i,cool}$	übliche für die Ermittlung des Energiebedarfs für Kühlung festgelegte durchschnittliche Innentemperatur in °C, aufgeführt in Tabelle [5];

Die Ausdrücke $e_{precool,m}$ und $\theta_{precool,ref,max,m}$ für zwei unterschiedliche Technologien werden in den folgenden Absätzen behandelt.

Für andere Technologien muss $r_{precool,zone\ z,m}$ nach den vom Minister festgelegten Regeln ermittelt werden.

B.2 Boden/Wasser-Wärmetauscher

Im Erdboden installierte Wärmetauscher werden zur Kühlung oder Erwärmung der Lüftungsluft verwendet (Vorkühlung oder Vorheizung). Dabei wird die Wärmekapazität des Erdbodens als Quelle für die abzugebende Wärme genutzt. In ausreichender Tiefe ist die Temperatur des Bodens gleichbleibend stabil. Im

Sommer kann die Zuluft gekühlt werden, im Winter erwärmt. Bei Boden/Wasser-Wärmetauschern wird das Wasser durch Rohre geleitet, die über einen Sammler an ein Luftregister angeschlossen sind. Das Wasser wird mit einer Pumpe in den Rohren umgewälzt und kühlt oder wärmt die Luft.

B.2.1 Wirkungsgrad eprecool,m des Vorkühlsystems

Für einen Boden/Wasser-Wärmetauscher beträgt der Standardwert:

Gl. 173 $e_{precool,m} = 0{,}7 \cdot w_{soil/water,m}$ (-)

Dabei ist:

$w_{soil/water,m}$ monatlicher Faktor zur Berücksichtigung der Betriebszeit des Boden/Wasser-Wärmetauschers (-):

Gl. 174 wenn $\theta_{e,m} - \theta_{soil,m} \leq 0$, dann $w_{soil/water,m} = 0$

wenn $0 < \theta_{e,m} - \theta_{soil,m} \leq 2$, dann $w_{soil/water,m} = 0{,}5$

wenn $\theta_{e,m} - \theta_{soil,m} > 2$, dann $w_{soil/water,m} = 1$

Dabei ist:

$\theta_{e,heat,m}$ die durchschnittliche monatliche Außentemperatur in °C gemäß Tabelle [1];

$\theta_{soil,m}$ die durchschnittliche monatliche Temperatur des Bodens in °C in Abhängigkeit von der Tiefe der Rohrleitungen, wie in B.2.2 ermittelt; dabei ist:

B.2.2 Bezugstemperatur für die maximale Temperaturabsenkung θprecool,ref,max,m

Die Bezugstemperatur zur Ermittlung der Leistung des Boden/Wasser-Wärmetauschers ergibt sich wie folgt:

$$\theta_{precool,ref,max,m} = \frac{\left(\frac{e_{wt} \cdot \theta_{soil,m}}{e_{wt} - 1} - \frac{0.34 \cdot \sum_f \dot{V}_{hyg,fct\ f}}{1160 \dot{V}_W} \cdot \theta_{e,V,cool,m} \right)}{\left(1 - \frac{0.34 \cdot \sum_f \dot{V}_{hyg,fct\ f}}{1160 \dot{V}_W} + \frac{1}{e_{wt} - 1} \right)}$$

Gl. 346 (°C)

Dabei ist:

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ der Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr für die Hygienelüftung in m³/h, der den Erdwärmetauscher im Funktionsbereich f durchläuft - er wird gemäß den in § 5.6.2.2 beschriebenen Prinzipien ermittelt.

$\dot{V}_w$ Wasserdurchsatz des Boden/Wasser-Wärmetauschers in m³/h;

e_{wt} Wirkungsgrad des Boden/Wasser-Wärmetauschers, wie nachstehend ermittelt;

$\theta_{soil,m}$ durchschnittliche monatliche Temperatur des Bodens in °C in Abhängigkeit von der Tiefe der Rohrleitungen, wie nachstehend ermittelt;

$\theta_{e,V,cool,m}$ üblicher Rechenwert für die Außenlufttemperatur in °C für die Hygienelüftung bei den Kühlungsberechnungen, ermittelt nach Tabelle [1];

Die Werte aller vom Boden/Luft-Wärmetauscher versorgten Funktionsbereiche sind zu addieren.

Bei der Ermittlung der durchschnittlichen monatlichen Temperatur im Boden, $\theta_{soil,m}$, ist zwischen horizontalen und vertikalen Rohrleitungen zu unterscheiden:

- horizontale Rohrleitungen: die durchschnittliche monatliche Temperatur im Boden ist Tabelle [38] zu entnehmen;
- vertikale Rohrleitungen: die durchschnittliche monatliche Temperatur im Boden ist mit folgender Formel zu ermitteln:

Gl. 176
$$\theta_{soil,m} = \frac{\theta_{soil,1m,m} + \theta_{soil,2m,m} + \theta_{soil,3m,m} + \theta_{soil,4m,m} + \theta_{soil,5m,m} \cdot \left(L_{soil/water} - 4\right)}{L_{soil/water}} \quad (°C)$$

Dabei ist:

$\theta_{soil,1m,m}$, $\theta_{soil,2m,m}$, $\theta_{soil,3m,m}$, $\theta_{soil,4m,m}$ und $\theta_{soil,5m,m}$ durchschnittliche monatliche Temperatur in °C im Boden bei 1, 2, 3, 4 oder 5 m Tiefe gemäß Tabelle [38];

$L_{soil/water}$ maximale Tiefe in m der Rohrleitung im Boden.

Tabelle [38]: Durchschnittliche Bodentemperatur zur Ermittlung von $\theta_{soil,m}$

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0,5 m	4,2	4,3	5,8	8,8	12,1	15,1	16,8	16,8	15,0	12,1	8,7	5,9
1 m	5,4	5,0	6,0	8,2	11,0	13,8	15,5	16,0	14,9	12,7	9,8	7,2
2 m	7,5	6,5	6,6	7,8	9,6	11,7	13,5	14,5	14,3	13,2	11,3	9,2
3 m	9,0	7,9	7,6	7,9	9,0	10,5	11,9	13,1	13,4	13,1	11,9	10,5
4 m	10,0	9,0	8,5	8,4	8,9	9,8	10,9	11,9	12,5	12,6	12,1	11,2
5 m+	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

Für Zwischenwerte der Tiefe muss die Tabelle interpoliert werden.

Der Wirkungsgrad des Boden/Wasser-Wärmetauschers ergibt sich aus:

Gl. 177
$$e_{wt} = 1 - e^{-\frac{\alpha_{wt} A_{wt}}{1160 . \dot{V}_w}} \quad (-)$$

Dabei ist:

α_{wt} Wärmedurchgangskoeffizient der Rohrleitungen im Boden/Wasser-Wärmetauscher in W/(m².K), wie nachstehend ermittelt;

A_{wt} Austauschfläche der Rohrleitungen in m², wie nachstehend ermittelt;

$\dot{V}_w$ Wasserdurchsatz des Boden/Wasser-Wärmetauschers in m³/h.

Der Wärmedurchgangskoeffizient der Rohrleitungen α_{wt} wird wie folgt ermittelt:

Gl. 178
$$\alpha_{wt} = \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\ln\left(\left(D_{tube} + 2t_{tube} \right) / D_{tube} \right)}{2\lambda_{tube} / D_{tube}} + \frac{\ln\left(\left(D_{tube} + 2t_{soil} \right) / \left(D_{tube} + 2t_{tube} \right) \right)}{2\lambda_{soil} / D_{tube}} \right)^{-1} \quad (W/(m^2.K))$$

Dabei ist:

α_i	interner Wärmeübergangskoeffizient in W/(m².K) in den Rohrleitungen des Wärmetauschers für Vorkühlung, wie nachstehend ermittelt;
t_{soil}	Dicke des Bodenkörpers in m um die betreffende Rohrleitung, wie nachstehend ermittelt;
D_{tube}	Innendurchmesser der Rohrleitung in m;
t_{tube}	Wandstärke der Rohrleitung in m;
λ_{tube}	Wärmeleitfähigkeit der Rohrleitung in W/(m.K);
λ_{soil}	Wärmeleitfähigkeit des Bodens in W/(m.K), wird mit 2 veranschlagt.

Der interne Wärmeübergangskoeffizient ergibt sich wie folgt:

Gl. 179 Für Wasser:

Gl. 180 Für eine Wasser-Glykol-Lösung (jeglicher Art):

$$\alpha_i = 0{,}43 . \frac{Nu}{D_{tube}} \quad (W/(m^2.K))$$

Dabei ist:

Gl. 181
$$Nu = \left(Nu_{lam}^5 + Nu_{turb}^5 \right)^{1/5} \quad (-)$$

Gl. 182
$$Nu_{lam} = \left[3{,}66^3 + 1{,}61^3 . \left(\frac{Re . Pr . D_{tube}}{L_{tube}} \right) \right]^{1/3} \quad (-)$$

Dabei ist:

Gl. 183
$$Nu_{turb} = \frac{f_{turb} . \left(Re - 1000 \right) . Pr}{2 \times \left(1 + 12{,}7 . \sqrt{\frac{f_{turb}}{2}} . \left(Pr^{2/3} - 1 \right) \right)} \quad (-)$$

Dabei ist:

Gl. 184
$$f_{turb} = \left(1{,}58 . \ln Re - 3{,}28 \right)^{-2} \quad (-)$$

Dabei ist:

- Für Wasser:

Gl. 185
$$Re = 996200 . \frac{4}{3600 . \pi} . \frac{\dot{V}_w}{n_{tube} . D_{tube}} \quad (-)$$

Pr = 7

- Für eine Wasser-Glykol-Lösung (jeglicher Art):

Gl. 186 $$Re = 624200 . \frac{4}{3600 . \pi} . \frac{\dot{V}_w}{n_{tube} . D_{tube}}$$ (-)

Pr = 12,5

Die Dicke des Bodenkörpers t_{soil} um die jeweilige Rohrleitung ergibt sich wie folgt:

Gl. 187 $$t_{soil} = \frac{p_{tube} - D_{tube}}{2} \text{ wenn } p_{tube} - D_{tube} < 0{,}5$$

$$t_{soil} = 0{,}25 \text{ wenn } p_{tube} - D_{tube} \geq 0{,}5$$ (m)

Dabei ist:

p_{tube} Abstand zwischen parallel geführten Rohrleitungen in m;

D_{tube} Innendurchmesser der Rohrleitung in m.

Die Austauschfläche der Rohrleitungen A_{wt} ergibt sich wie folgt:

Gl. 188 $$A_{wt} = \pi . D_{tube} . L_{tube} . n_{tube}$$ (m^2)

D_{tube} Innendurchmesser der Rohrleitung in m;

L_{tube} Länge der Rohrleitung in m;

n_{tube} Anzahl der parallel geführten Rohrleitungen, (-).

B.3 Verdunstungskühlung

Verdunstungskühlung (oder adiabatische Kühlung) besteht im Prinzip aus einer Methode, bei der die Lüftungsluft in einem Gebäude durch Befeuchtung mit Wasser gekühlt wird. Von dieser Technologie gibt es zahlreiche Varianten, mit diversen Vorbehandlungen und Rückgewinnungsmethoden. Die Leistung von Verdunstungskühlsystemen schwankt sehr stark und hängt von der Auslegung der Anlage ab.

Wird zur Befeuchtung der Zuluft oder Abluft normales Wasser verwendet, kann folgende Methode angewendet werden.

Bei allen anderen Systemen, die komplexer sind, muss der Faktor $r_{precool,j,m}$ anhand des Äquivalenzprinzips ermittelt werden.

B.3.1 Wirkungsgrad eprecool,m des Vorkühlsystems

Bei Verdunstungskühlung beträgt der Standardwert für den Wirkungsgrad:

Gl. 189 $$e_{precool,m} = 0{,}8 . w_{evap,m}$$ (-)

Dabei ist:

$w_{evap,m}$ monatlicher Faktor zur Berücksichtigung der Betriebszeit der Verdunstungskühlung (-):

Gl. 190 wenn $Q_{cool,net,m} \leq 0$, dann $w_{evap,m} = 0$

wenn $Q_{cool,net,m} > 0$, dann $w_{evap,m} = 1$ (MJ)

Dabei ist:

Gl. 191 $Q_{cool,net,m} = \sum Q_{cool,net,sec\,l,m}$ (MJ)

Dabei ist:

$Q_{cool,net,seci,m}$ monatlicher Nettoenergiebedarf für Kühlung eines Energiesektors i in MJ, ermittelt ohne Berücksichtigung des betreffenden Verdunstungskühlsystems.

Die Werte aller Energiesektoren i der PEN-Einheit, die an das Verdunstungskühlsystem angeschlossen sind, sind zu addieren.

B.3.2 Bezugstemperatur für die maximale Temperaturabsenkung θprecool,ref,max,m

Wird die Zuluft oder Abluft mit normalem Wasser befeuchtet, so ist die Bezugstemperatur die Feuchttemperatur des betreffenden Luftvolumenstroms. Der Standardwert von $\theta_{precool,ref,max,m}$ entspricht der durchschnittlichen monatlichen Feuchttemperatur gemäß Tabelle [39].

Tabelle [39]: Durchschnittliche monatliche Feuchttemperatur (in °C)

Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1,9	1,7	3,0	5,9	9,3	12,7	14,6	14,7	12,0	9,7	4,8	2,3

Annexe C Ermittlung des Bezugswerts für den typischen jährlichen Primärenergieverbrauch

C.1 Einführung

Zur Ermittlung des Bezugswerts für den typischen jährlichen Primärenergieverbrauch werden im Wesentlichen die gleichen Rechenprinzipien wie für die Ermittlung des typischen jährlichen Primärenergieverbrauchs angewendet. Die vorliegende Anlage weist daher auch den gleichen Aufbau wie der Haupttext auf, und der Endbezugswert für den typischen jährlichen Primärenergieverbrauch wird im letzten Absatz der vorliegenden Anlage, § C.5.1, ermittelt.

C.2 Bezugswert für den Nettoenergiebedarf für Heizung, Kühlung, Brauchwarmwasser und Luftbefeuchtung

C.2.1 Bezugswert für die Innentemperatur zur Berechnung von Heizung, Kühlung und periodischem Betrieb

C.2.1.1 Dauerheizung

Für Funktionsbereiche mit einer der folgenden Funktionen:

- Unterkunft;
- Gesundheitswesen - Mit nächtlicher Nutzung;
- Gesundheitswesen - Operationssaal;
- Sportanlagen - Sporthalle/Turnhalle;

gilt:

Gl. 192 $$\theta_{i,heat,fct\ f,ref} = \theta_{i,heat,fct\ f,avg} = \theta_{i,heat,fct\ f,setpoint} \quad (°C)$$

Dabei ist:

$\theta_{i,heat,fct\ f,ref}$	Bezugswert für die Auslegungsinnentemperatur in °C für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f, die in C.2.2 zur Ermittlung der monatlichen Transmissions- und Lüftungswärmeverluste verwendet wird;
$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$	durchschnittliche Innentemperatur in °C für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f, wie in Tabelle [4] aufgeführt;
$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$	Sollinnentemperatur in °C für die Heizung des Funktionsbereichs f, wie in Tabelle [4] aufgeführt.

C.2.1.2 Quasi-Dauerheizung

C.2.1.2.1 Geringe Trägheit

Für Funktionsbereiche, die nicht unter § C.2.1.1 fallen, gilt, dass für die Ermittlung des Bezugswerts die Zeitheizung als Dauerheizung angesehen wird, wenn die Trägheit des betreffenden Funktionsbereichs als gering betrachtet wird, das heißt, wenn:

Gl. 194 $$\tau_{heat,fct\ f,ref} < 0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f} \quad (h)$$

somit gilt:

Gl. 195 $$\theta_{i,heat,fct\ f,ref} = \theta_{i,heat,fct\ f,avg} \quad (°C)$$

Dabei ist:

$\tau_{heat,fct\ f,ref}$ der Bezugswert für die Zeitkonstante in h für Heizung des Funktionsbereichs f, ermittelt nach § C.2.2;

$t_{unocc,min,fct\ f}$ kürzester Zeitraum in h, in dem der Funktionsbereich f nicht genutzt wird, wie in Tabelle [5] aufgeführt;

$\theta_{i,heat,fct\ f,ref}$ Bezugswert für die Auslegungsinnentemperatur in °C für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f, die in C.2.2 zur Ermittlung der monatlichen Transmissions- und Lüftungswärmeverluste verwendet wird;

$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ durchschnittliche Innentemperatur in °C für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f, wie in Tabelle [4] aufgeführt.

C.2.1.2.2 Hohe Trägheit

Für Funktionsbereiche, die nicht unter § C.2.1.1 fallen, gilt, dass für die Ermittlung des Bezugswerts die Zeitheizung als Dauerheizung angesehen wird, wenn die Trägheit des betreffenden Funktionsbereichs als hoch betrachtet wird, das heißt, wenn:

Gl. 197 $\tau_{heat,fct\ f,ref} > 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f}$ (h) (-)

somit gilt:

Gl. 198 $\theta_{i,heat,fct\ f,ref} = \theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ (°C)

Dabei ist:

$\tau_{heat,fct\ f,ref}$ der Bezugswert für die Zeitkonstante in h für Heizung des Funktionsbereichs f, ermittelt nach § C.2.2;

$t_{unocc,max,fct\ f}$ längster Zeitraum in h, in dem der Funktionsbereich f nicht genutzt wird, wie in Tabelle [5] aufgeführt;

$\theta_{i,heat,fct\ f,ref}$ Bezugswert für die Auslegungsinnentemperatur in °C für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f, die in C.2.2 zur Ermittlung der monatlichen Transmissions- und Lüftungswärmeverluste verwendet wird;

$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ Sollinnentemperatur in °C für die Heizung des Funktionsbereichs f, wie in Tabelle [4] aufgeführt.

C.2.1.3 Zeitheizung

Für Funktionsbereiche, die nicht unter § C.2.1.1 fallen und bei denen keine der Bedingungen von § C.2.1.2.1 (Gl. 194) oder § C.2.1.2.2 (Gl. 197) erfüllt sind, gilt:

Gl. 379
$$\theta_{i,heat,fct\ f,ref} = \theta_{i,heat,fct\ f,avg} + \left(\frac{(\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint} - \theta_{i,heat,fct\ f,avg}) \cdot}{\log_{10}\left[\frac{2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f} - 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f} - 9 \cdot \tau_{heat,fct\ f,ref}}{0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f} - 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f}} \right]} \right) \quad (-)$$

Dabei ist:

$\theta_{i,heat,fct\ f,ref}$ Bezugswert für die Auslegungsinnentemperatur in °C für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f, die in C.2.2

	zur Ermittlung der monatlichen Transmissions- und Lüftungswärmeverluste verwendet wird;
$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$	durchschnittliche Innentemperatur in °C für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f, wie in Tabelle [4] aufgeführt;
$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$	Sollinnentemperatur in °C für die Heizung des Funktionsbereichs f, wie in Tabelle [4] aufgeführt;
$t_{unocc,min,fct\ f}$	der kürzeste Zeitraum in h, während dessen der Funktionsbereich f nicht genutzt wird, wie in Tabelle [5] ausgewiesen;
$t_{unocc,max,fct\ f}$	längster Zeitraum in h, in dem der Funktionsbereich f nicht genutzt wird, wie in Tabelle [5] aufgeführt;
$\tau_{heat,fct\ f,ref}$	der Bezugswert für die Zeitkonstante in h für Heizung des Funktionsbereichs f, ermittelt nach § C.2.2.

C.2.2 Bezugswert für den Nettoenergiebedarf für Heizung

Der Bezugswert für den monatlichen Nettoenergiebedarf für Heizung wird pro Energiesektor wie folgt ermittelt:

Gl. 380 $$Q_{heat,net,sec\ i,m,ref} = \sum_{f} Q_{heat,net,fct\ f,m,ref} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

$Q_{heat,net,sec\ i,m,ref}$	Bezugswert für den Nettoenergiebedarf in MJ für Heizung des Energiesektors i unter Berücksichtigung der Zeitheizung für den Monat m;
$Q_{heat,net,fct,f,m,ref}$	Bezugswert für den Nettoenergiebedarf in MJ für Heizung des Funktionsbereichs f ohne Berücksichtigung der Zeitheizung für den Monat m, ermittelt wie nachstehend angegeben.

Die Werte aller Funktionsbereiche f des Energiesektors i sind zu addieren.

Besonderheit der Funktion „Technikräume": Der Bezugswert für den Nettoenergiebedarf für Heizung unter Berücksichtigung der Zeitheizung der Funktionsbereiche mit dieser Funktion, $Q_{heat,net,int,fct\ f,m,ref}$, wird für das ganze Jahr auf null veranschlagt.

Besonderheit der Funktion „Unterricht": Der Bezugswert für den Nettoenergiebedarf für Heizung unter Berücksichtigung der Zeitheizung der Funktionsbereiche mit dieser Funktion, $Q_{heat,net,int,fct\ f,m,ref}$, wird für die Monate Juli und August auf null veranschlagt.

Der Bezugswert für den monatlichen Nettoenergiebedarf für Heizung ohne Berücksichtigung der Zeitheizung wird pro Funktionsbereich wie folgt ermittelt:

Gl. 204 Wenn $\gamma_{heat,fct\ f,m}$ größer oder gleich 2,5 oder kleiner als 0 ist, gilt:

$$Q_{heat,net,fct\ f,m,ref} = 0 \quad (MJ)$$

Wenn $\gamma_{heat,fct\ f,m}$ kleiner als 2,5 und größer oder gleich 0 ist, gilt:

$$Q_{heat,net,fct\ f,m,ref} = Q_{L,heat,fct\ f,m,ref} - \eta_{util,heat,fct\ f,m,ref} \cdot Q_{g,heat,fct\ f,m,ref} \quad (MJ)$$

Dabei ist:

Gl. 205 $Q_{L,heat,fct\ f,m,ref} = Q_{T,heat,fct\ f,m,ref} + Q_{V,heat,fct\ f,m,ref}$ (MJ)

Gl. 206 $Q_{g,heat,fct\ f,m,ref} = Q_{i,heat,fct\ f,m,ref} + Q_{s,heat,fct\ f,m,ref}$ (MJ)

Dabei ist:

$\gamma_{heat,fct\ f,m,ref}$	der Bezugswert für das monatliche Gewinn-Verlust-Verhältnis des Funktionsbereichs f, wie nachstehend ermittelt, (-);
$Q_{heat,net,fct\ f,m,ref}$	der Bezugswert für den Nettoenergiebedarf in MJ für Heizung des Funktionsbereichs f ohne Berücksichtigung der Zeitheizung für den Monat m;
$Q_{L,heat,fct\ f,m,ref}$	der Bezugswert für den monatlichen Transmissions- und Lüftungswärmeverlust in MJ des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnung;
$\eta_{util,heat,fct\ f,m,ref}$	der Bezugswert für den monatlichen Nutzungsgrad der Wärmegewinne des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, wie nachstehend ermittelt, (-);
$Q_{g,heat,fct\ f,m,ref}$	der Bezugswert für die monatlichen Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmeerzeugung in MJ des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen;
$Q_{T,heat,fct\ f,m,ref}$	der Bezugswert für den monatlichen Transmissionswärmeverlust in MJ des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, wie nachstehend ermittelt;
$Q_{V,heat,fct\ f,m,ref}$	der Bezugswert für den monatlichen Lüftungswärmeverlust in MJ des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, wie nachstehend ermittelt;
$Q_{i,heat,fct\ f,m,ref}$	der Bezugswert für die monatliche interne Wärmeerzeugung in MJ des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, ermittelt gemäß § C.2.6;
$Q_{s,heat,fct\ f,m,ref}$	der Bezugswert für den monatlichen Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung in MJ des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, ermittelt gemäß § C.2.7;

und:

Gl. 207 $Q_{T,heat,fct\ f,m,ref} = H_{T,fct\ f,ref} \cdot (\theta_{i,heat,fct\ f,ref} - \theta_{e,m}) \cdot t_m$ (MJ)

Gl. 208 $Q_{V,heat,fct\ f,m,ref} = H_{V,heat,fct\ f,ref} \cdot (\theta_{i,heat,fct\ f,ref} - \theta_{e,m}) \cdot t_m$ (MJ)

Dabei ist:

$H_{T,fct\ f,ref}$	der Bezugswert für den Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten in W/K des Funktionsbereichs f, ermittelt gemäß § C.2.4;
$H_{V,heat,fct\ f,ref}$	der Bezugswert für den Lüftungswärmedurchgangskoeffizienten in W/K des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, ermittelt gemäß § C.2.5.1;
$\theta_{i,heat,fct\ f,ref}$	der Bezugswert für die Auslegungsinnentemperatur in °C des Funktionsbereichs f zur Ermittlung des Energiebedarfs für Heizung, ermittelt in § C.2.1;
$\theta_{e,heat,m}$	die monatliche durchschnittliche Außentemperatur in °C, aufgeführt in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

t_m die Dauer des Monats in Ms, aufgeführt in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

Der Bezugswert für den Nutzungsgrad für Heizung pro Funktionsbereich und pro Monat, $\eta_{util,heat,fct\ f,m,ref}$, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 209 Wenn $\gamma_{heat,fct\ f,m,ref} \neq 1$: $\eta_{util,heat,fct\ f,m,ref} = \frac{1-\left(\gamma_{heat,fct\ f,m,ref}\right)^{a_{ref}}}{1-\left(\gamma_{heat,fct\ f,m,ref}\right)^{a_{ref}+1}}$ (-)

wenn $\gamma_{heat,fct\ f,m,ref} = 1$: $\eta_{util,heat,fct\ f,m,ref} = \frac{a_{ref}}{a_{ref}+1}$ (-)

wobei der Bezugswert für das monatliche Gewinn-Verlust-Verhältnis pro Funktionsbereich und pro Monat, $\gamma_{heat,fct\ f,m,ref}$, wie folgt definiert wird:

Gl. 210 $\gamma_{heat,fct\ f,m,ref} = \frac{Q_{g,heat,fct\ f,m,ref}}{Q_{L,heat,fct\ f,m,ref}}$ (-)

wobei gilt: wenn $Q_{L,heat,fct\ f,m,ref}$ null ist, wird $\gamma_{heat,fct\ f,m}$ nicht berechnet und der Wert von $Q_{heat,net,fct\ f,m,ref}$ beträgt 0.

und wobei sich der Bezugswert für den numerischen Parameter a in Bezug auf den Funktionsbereich f wie folgt ergibt:

Gl. 211 $a_{ref} = a_{0,heat} + \frac{\tau_{heat,fct\ f,ref}}{\tau_{0,heat}}$ (-)

dabei ist der Bezugswert für die Zeitkonstante in h für Heizung des Funktionsbereichs f, $\tau_{heat,fct\ f,ref}$:

Gl. 212 $\tau_{heat,fct\ f,ref} = \frac{C_{fct\ f,ref}}{3,6 \cdot \left(H_{T,fct\ f,ref} + H_{V,heat,fct\ f,ref}\right)}$ (h)

Dabei ist:

$a_{0,heat}$ eine Konstante, aufgeführt in Tabelle [3], (-);

$\tau_{0,heat}$ eine Konstante in h, aufgeführt in Tabelle [3];

$C_{fct\ f,ref}$ der Bezugswert für die effektive Wärmekapazität in kJ/K des Funktionsbereichs f, ermittelt gemäß § C.2.8;

$H_{T,fct\ f,ref}$ der Bezugswert für den Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten in kJ/K des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, ermittelt gemäß § C.2.4;

$H_{V,heat,fct\ f,ref}$ der Bezugswert für den Lüftungswärmedurchgangskoeffizienten in kJ/K des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen, ermittelt gemäß § C.2.5.1.

C.2.3 Bezugswert für den Nettoenergiebedarf für Kühlung

Der Bezugswert für den monatlichen Nettoenergiebedarf für Kühlung wird pro Energiesektor wie folgt ermittelt:

Gl. 213 $Q_{cool,net,sec\ i,m,ref} = \sum_{f} Q_{cool,net,fct\ f,m,ref}$ (MJ)

Dabei ist:

$Q_{cool,net,sec\ i,m,ref}$ Bezugswert für den Nettoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Energiesektors i für den Monat m;

$Q_{cool,net,fct,f,m,ref}$ Bezugswert für den Nettoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Funktionsbereichs f für den Monat m, wie nachstehend ermittelt.

Die Werte aller Funktionsbereiche f des Energiesektors i sind zu addieren.

Besonderheit der Funktion „Sauna/Schwimmbad" und „Technikräume": Der Bezugswert für den monatlichen Nettoenergiebedarf für Kühlung der Funktionsbereiche mit einer dieser Funktionen, $Q_{cool,net,fct\ f,m,ref}$, wird für das ganze Jahr auf null veranschlagt.

Besonderheit der Funktion „Unterricht": Der Bezugswert für den monatlichen Nettoenergiebedarf für Kühlung der Funktionsbereiche mit dieser Funktion, $Q_{cool,net,fct\ f,m,ref}$, wird für die Monate Juli und August auf null veranschlagt.

Der Bezugswert für den monatlichen Nettoenergiebedarf für Kühlung wird pro Funktionsbereich wie folgt ermittelt:

Gl. 358 Wenn $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}$ gleich oder höher als 2,5 ist, gilt:

$$Q_{cool,net,fct\ f,m,ref} = 0 \quad \text{(MJ)}$$

Wenn $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}$ geringer ist als 2,5, gilt Folgendes:

$$Q_{cool,net,fct\ f,m,ref} = a_{cool,int,fct\ f,m,ref} \cdot \left(Q_{g,cool,fct\ f,m,ref} - \eta_{util,cool,fct\ f,m,ref} \cdot Q_{L,cool,fct\ f,m,ref}\right) \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

Gl. 215 $$Q_{g,cool,fct\ f,m,ref} = Q_{i,cool,fct\ f,m,ref} + Q_{s,cool,fct\ f,m,ref} \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 216 $$Q_{L,cool,fct\ f,m,ref} = Q_{T,cool,fct\ f,m,ref} + Q_{V,cool,fct\ f,m,ref} \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

$\lambda_{cool,fct\ f,m}$ der Bezugswert für das monatliche Gewinn-Verlust-Verhältnis für die Kühlung des Funktionsbereichs f, entsprechend § 5.4 ermittelt (-)

$Q_{cool,net,fct\ f,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Nettoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Funktionsbereichs f;

$a_{cool,int,fct\ f,m}$ der Bezugswert für den Reduktionsfaktor, der die Unterbrechungen im Kühlbetrieb des Funktionsbereichs f im Monat m, gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ermittelt, berücksichtigt (-).

$Q_{g,cool,fct\ f,m,ref}$ der Bezugswert für die monatlichen Wärmegewinne in MJ durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmeerzeugung des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen;

$\eta_{util,cool,fct\ f,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Nutzungsgrad der Wärmeverluste des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen, wie nachstehend ermittelt, (-);

$Q_{L,cool,fct\ f,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Transmissions- und Lüftungswärmeverlust in MJ des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen;

$Q_{T,cool,fct\ f,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Transmissionswärmeverlust in MJ des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen, wie nachstehend ermittelt;

$Q_{V,cool,fct\ f,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Lüftungswärmeverlust in MJ des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen, wie nachstehend ermittelt;

$Q_{i,cool,fct\ f,m,ref}$ der Bezugswert für die monatliche interne Wärmeerzeugung in MJ des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen, ermittelt gemäß § C.2.6;

$Q_{s,cool,fct\ f,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung in MJ des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen, ermittelt gemäß § C.2.7.

und:

Gl. 359
$$Q_{T,cool,fct\ f,m,ref} = H_{T,fct\ f,ref} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,ref} - \theta_{e,cool,m}\right) \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 360
$$Q_{V,cool,fct\ f,m,ref} = Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref} \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

Gl. 361
$$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref} = \left[H_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m,ref} - \theta_{e,V,cool,hyg,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Und dabei ist:

$H_{T,cool,fct\ f,ref}$ der Bezugswert für den Koeffizienten der Wärmeübergange durch Transmission des Funktionsbereichs f in W/K - er wird gemäß § C.2.4 für die Kühlungsberechnung ermittelt.

$\theta_{i,cool,fct\ f,m,ref}$ der Bezugswert in °C für die Auslegungsinnentemperatur bei der Ermittlung des Kühlenergiebedarf des Funktionsbereichs f - er wird wie nachstehend ausgeführt ermittelt.

$\theta_{e,cool,m}$ die durchschnittliche, monatliche Außentemperatur in °C für die Kühlungsberechnung, wie in der **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ausgewiesen

$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref}$ der Bezugswert in W/K für den monatlichen Koeffizienten für Wärmeübergange durch die Hygienelüftung des Funktionsbereichs f - er wird gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** für die Kühlungsberechnungen ermittelt.

$\theta_{e,V,cool,hyg,m}$ üblicher Rechenwert für die Zulufttemperatur der Hygienelüftung im Rahmen der Kühlungsberechnungen. Er ist je nachdem, ob der Funktionsbereich f durchgehend, tagsüber oder nachts genutzt wird, $\theta_{e,V,cool,m}$, $\theta_{e,V,cool,day,m}$ oder $\theta_{e,V,cool,night,m}$ (siehe Tabelle [2]). Diese Werte sind in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** in Abhängigkeit des Belüftungssystems aufgeführt.Dabei ist:

Der Bezugswert für die monatliche Auslegungsinnentemperatur zur Berechnung des Kühlenergiebedarfs von Funktionsbereichen, die als Unterkunfte, Büros oder Unterrichte einzustufen sind, ist in Tabelle [46] ausgewiesen. Für die Funktionsbereiche mit einer anderen Funktion wird diese Temperatur folgendermaßen ermittelt:

Gl. 362 $\theta_{i,cool,fct\ f,m,ref} = \theta_{i,cool,fct\ f,ref}$ (°C)

Dabei ist:

$\theta_{i,cool,fct\ f,ref}$ der Bezugswert für die Auslegungsinnentemperatur zur Ermittlung des Energiebedarfs für aktive Kühlung in °C - er wird gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ermittelt.

Der Bezugswert für den Nutzungsgrad für Kühlung pro Funktionsbereich und pro Monat, $\eta_{util,cool,fct\ f,m,ref}$, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 363 Wenn $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref} \geq 0$ und $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref} \neq 1$:

$$\eta_{util,cool,fct\ f,m,ref} = \frac{1 - \left(\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}\right)^{b_{m,ref}}}{1 - \left(\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}\right)^{b_{m,ref}+1}} \quad (-)$$

Wenn $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref} = 1$: $\eta_{util,cool,fct\ f,m,ref} = \frac{b_{m,ref}}{b_{m,ref} + 1}$ (-)

Wenn $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref} < 0$: $\eta_{util,cool,fct\ f,m,ref} = 1$ (-)

wobei der Bezugswert für das monatliche Gewinn-Verlust-Verhältnis pro Funktionsbereich, $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}$, wie folgt definiert wird:

Gl. 220 $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref} = \frac{Q_{L,cool,fct\ f,m,ref}}{Q_{g,cool,fct\ f,m,ref}}$ (-)

und wobei sich der Bezugswert für den numerischen Parameter $b_{m,ref}$ in Bezug auf den Funktionsbereich f wie folgt ergibt:

Gl. 221 $b_{m,ref} = b_{0,cool} + \frac{\tau_{cool,fct\ f,m,ref}}{\tau_{0,cool}}$ (-)

dabei ist der Bezugswert für die monatliche Zeitkonstante für Kühlung des Funktionsbereichs f, $\tau_{cool,fct\ f,m,ref}$:

Gl. 364 $\tau_{cool,fct\ f,m,ref} = \frac{C_{fct\ f,ref}}{3,6 \cdot \left(H_{T,fct\ f,ref} + H_{V,cool,fct\ f,m,ref}\right)}$ (h)

Dabei ist:

$b_{0,cool}$	eine Konstante, aufgeführt in Tabelle [3], (-);
$\tau_{0,cool}$	eine Konstante in h, aufgeführt in Tabelle [3];
$C_{fct\ f,ref}$	der Bezugswert für die effektive Wärmekapazität in kJ/K des Funktionsbereichs f, ermittelt gemäß § C.2.8;
$H_{T,fct\ f,ref}$	der Bezugswert für den Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten in W/K des Funktionsbereichs f, ermittelt gemäß § C.2.4;
$H_{V,cool,fct\ f,m,ref}$	der Bezugswert für den monatlichen Koeffizienten für Wärmeübergänge durch Hygienelüftung, In-/Exfiltration und zusätzliche mechanische oder Fensterlüftung des Funktionsbereichs f - er wird wie folgt für die Kühlungsberechnungen ermittelt:

Der Bezugswert für den monatlichen Koeffizienten für Wärmeübergänge durch Hygienelüftung, In-/Exfiltration und zusätzliche mechanische oder Fensterlüftung, $H_{V,cool,fct\ f,m,ref}$, wird wie folgt ermittelt:

$$H_{V,cool,fct\ f,m,ref} = \frac{Q_{V,cool,fct\ f,m,ref}}{\left(\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint} - \theta_{e,cool,m}\right) \cdot t_m} \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 365

Dabei ist:

$Q_{V,cool,fct\ f,m,re}$ durch Lüftung des Funktionsbereichs f entstandene monatliche Wärmeverluste in MJ für die Kühlungsberechnungen, wie oben festgelegt

$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ Sollinnentemperatur in °C für die Kühlung des Funktionsbereichs f, wie in Tabelle [44] ausgewiesen

$\theta_{e,cool,m}$ die durchschnittliche, monatliche Innentemperatur in °C für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f, wie in der **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ausgewiesen

t_m Monatslänge in Ms, wie in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ausgewiesen.

C.2.4 Bezugswert für den Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten pro Funktionsbereich

Der Bezugswert für den Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten des Funktionsbereichs f wird wie folgt ermittelt:

Gl. 223 $H_{T,fctf,ref} = H_{T,fctf,ref}^{constructions} + H_{T,fctf,ref}^{junctions}$ (W/K)

Dabei ist:

$H_{T,fctf,ref}^{constructions}$ Bezugswert für den Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten in W/K durch die Wände der Abkühlungsfläche des Funktionsbereichs f, wie nachstehend ermittelt;

$H_{T,fctf,ref}^{junctions}$ Bezugswert für den Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten in W/K durch die Konstruktionsfugen der Abkühlungsfläche des Funktionsbereichs f, wie nachstehend ermittelt;

Der Bezugswert für den Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten durch die Wände des Funktionsbereichs f wird wie folgt ermittelt:

Gl. 224 $H_{T,fctf,ref}^{constructions} = f_{form} \cdot \left(0{,}5 \cdot A_{T,E,fctf,op} + 2 \cdot f_{tr,fctf} \cdot A_{T,E,fctf,tr}\right)$ (W/K)

Dabei ist:

$H_{T,fctf,ref}^{constructions}$ Bezugswert für den Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten in W/K durch die Wände der Abkühlungsfläche des Funktionsbereichs f, wie nachstehend ermittelt;

f_{form} Faktor zur Berücksichtigung eines Wirkungsgrads anderer Form für das geschützte Volumen, in dem sich der Funktionsbereich f befindet, wie nachstehend ermittelt, (-);

$A_{T,E,fct\ f,op}$ Gesamtfläche aller lichtundurchlässigen Wände in m², die den Funktionsbereich f umschließen und deren Transmissionswärmeverluste bei der Ermittlung der Energieeffizienz berücksichtigt werden[13];

$f_{tr,fct\ f}$ Faktor zur Berücksichtigung eines anderen Anteils der lichtdurchlässigen Wände im Funktionsbereich f, wie nachstehend ermittelt, (-);

$A_{T,E,fct\ f,tr}$ Gesamtfläche aller lichtdurchlässigen Wände in m², die den Funktionsbereich f umschließen und deren Transmissionswärmeverluste bei der Ermittlung der Energieeffizienz berücksichtigt werden[13].

Der Bezugswert für den Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten durch die Konstruktionsfugen der Abkühlungsfläche des Funktionsbereichs f wird wie folgt ermittelt:

Gl. 225 $$H_{T,fctf,ref}^{junctions} = f_{form} \cdot \Delta U_{ref} \cdot A_{T,E,fctf} \quad \text{(W/K)}$$

Dabei ist:

Gl. 226 wenn C ≤ 1: $\Delta U_{ref} = \frac{\Delta K_{ref}}{100}$ (W/(m².K))

wenn 1 < C < 4: $\Delta U_{ref} = \frac{\Delta K_{ref} \cdot (C+2)}{300}$ (W/(m².K))

wenn 4 ≤ C: $\Delta U_{ref} = \frac{\Delta K_{ref}}{50}$ (W/(m².K))

und:

Gl. 227 $$C = \frac{V_{vol}}{A_{T,E,vol}} \quad \text{(m)}$$

Dabei ist:

$H_{T,fctf,ref}^{junctions}$ Bezugswert für den Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten in W/K durch die Konstruktionsfugen der Abkühlungsfläche des Funktionsbereichs f, wie nachstehend ermittelt;

f_{form} Faktor zur Berücksichtigung eines Wirkungsgrads anderer Form für das geschützte Volumen, in dem sich der Funktionsbereich f befindet, wie nachstehend ermittelt, (-);

$A_{T,E,fct\ f,}$ Gesamtfläche aller Wände in m², die den Funktionsbereich f umschließen und deren Transmissionswärmeverluste bei der Ermittlung der Energieeffizienz berücksichtigt werden[13];

ΔU_{ref} Bezugswert für den Zuschlag auf den Wärmedurchgangskoeffizienten in W/(m².K) aller Wände des geschützten Volumens, in dem sich der Funktionsbereich f befindet, zur Berücksichtigung der Auswirkungen der Konstruktionsfugen;

[13] Bei der Ermittlung von $A_{T,E,fct\ f,op}$, $A_{T,E,fct\ f,tr}$, $A_{T,E,fct\ f}$ und $A_{T,E,vol}$ bleiben daher nur die Konstruktionen unberücksichtigt, die den Funktionsbereich f von den angrenzenden beheizten Räumen trennen.

ΔK_{ref} Bezugswert für den Zuschlag auf die allgemeine Dämmung des geschützten Volumens, in dem sich der Funktionsbereich f befindet, zur Berücksichtigung der Auswirkungen der Konstruktionsfugen, wobei der Wert 3 entspricht, (-);

C Kompaktheit des geschützten Volumens in m, in dem sich der Funktionsbereich f befindet;

V_{vol} Volumen des geschützten Volumens in m³, in dem sich der Funktionsbereich f befindet;

$A_{T,E,vol}$ Gesamtfläche aller Wände in m², die das geschützte Volumen umschließen, in dem sich der Funktionsbereich f befindet und deren Transmissionswärmeverluste bei der Ermittlung der Energieeffizienz berücksichtigt werden[13].

Der Faktor zur Berücksichtigung eines Wirkungsgrads anderer Form, f_{form}, wird wie folgt berechnet:

Gl. 228 $$f_{form} = \min\left[1; \frac{12}{A_{T,E,vol}} \cdot (V_{vol})^{2/3}\right] \quad (-)$$

Dabei ist:

f_{form} Faktor zur Berücksichtigung eines Wirkungsgrads anderer Form für das geschützte Volumen, in dem sich der Funktionsbereich f befindet, (-);

$A_{T,E,vol}$ Gesamtfläche aller Wände in m², die das geschützte Volumen umschließen, in dem sich der Funktionsbereich f befindet und deren Transmissionswärmeverluste bei der Ermittlung der Energieeffizienz berücksichtigt werden[13];

V_{vol} Volumen des geschützten Volumens in m³, in dem sich der Funktionsbereich f befindet.

Der Faktor zur Berücksichtigung eines anderen Anteils der lichtdurchlässigen Wände im Funktionsbereich f, $f_{tr,fct\ f}$, wird wie nachstehend berechnet:

Gl. 229 Wenn $A_{T,E,fct\ f,tr}$ gleich 0 ist, gilt: $f_{tr,fct\ f} = 1$ (-)

Wenn $A_{T,E,fct\ f,tr}$ größer als 0 ist, gilt:

$$f_{tr,fct\ f} = \min(1; \frac{A_{T,E,fctf,tr,ref}}{A_{T,E,fctf,tr}}) + 0{,}25 \cdot \left[1 - \min(1; \frac{A_{T,E,fctf,tr,ref}}{A_{T,E,fctf,tr}})\right] \quad (-)$$

Dabei ist:

Gl. 230 $$A_{T,E,fctf,tr,ref} = 0{,}30 \cdot A_{f,fctf} \quad (m^2)$$

Dabei ist:

$f_{tr,fct\ f}$ Faktor zur Berücksichtigung eines anderen Anteils der lichtdurchlässigen Wände im Funktionsbereich f, (-);

$A_{T,E,fct\ f,tr,ref}$ Bezugswert für die Gesamtfläche aller lichtdurchlässigen Wände in m², die den Funktionsbereich f umschließen und deren Transmissionswärmeverluste bei der Ermittlung der Energieeffizienz berücksichtigt werden;

$A_{T,E,fct\ f,tr}$ Gesamtfläche aller lichtdurchlässigen Wände in m², die den Funktionsbereich f umschließen und deren

Transmissionswärmeverluste bei der Ermittlung der Energieeffizienz berücksichtigt werden[13];

$A_{f,fct\ f}$ Nutzfläche des Funktionsbereichs f in m².

C.2.5 Bezugswert für den Koeffizienten des Wärmedurchgangs durch Lüftung und Infiltration/Exfiltration pro Funktionsbereich

C.2.5.1 Bezugswert für den Lüftungswärmedurchgangskoeffizienten für die Heizungsberechnungen pro Funktionsbereich

Der Bezugswert für den Lüftungswärmedurchgangskoeffizienten für die Heizungsberechnungen wird pro Funktionsbereich wie folgt berechnet:

Gl. 231 $$H_{V,heat,fct\ f,ref} = H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f,ref} + H_{V,hyg,heat,fct\ f,ref} \quad (W/K)$$

Dabei ist:

$H_{V,heat,fct\ f,ref}$ Bezugswert für den Lüftungswärmedurchgangskoeffizienten in W/K für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f;

$H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f,ref}$ Bezugswert für den Koeffizienten des Wärmedurchgangs durch Infiltration/Exfiltration in W/K für die Heizungsberechnungen des Funktionsbereichs f, ermittelt gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

$H_{V,hyg,heat,fct\ f,ref}$ Bezugswert für den Koeffizienten des Wärmedurchgangs durch Hygienelüftung in W/K des Funktionsbereichs f, ermittelt gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

C.2.5.1.1 Bezugswert für den Koeffizienten des Wärmedurchgangs durch Infiltration/Exfiltration für die Heizungsberechnungen pro Funktionsbereich

Der Bezugswert für den Koeffizienten des Wärmedurchgangs durch Infiltration/Exfiltration für die Heizungsberechnungen wird pro Funktionsbereich wie folgt berechnet:

Gl. 232 $$H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f,ref} = 0{,}16 \cdot f_{form} \cdot A_{T,E,fct\ f} \quad (W/K)$$

Dabei ist:

$H_{V,in/exfilt,heat,fct\ fmref}$ Bezugswert für den Koeffizienten des Wärmedurchgangs durch Infiltration/Exfiltration in W/K des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen;

f_{form} Faktor zur Berücksichtigung eines Wirkungsgrads anderer Form für das geschützte Volumen, in dem sich der Funktionsbereich f befindet, ermittelt gemäß § C.2.4, (-);

$A_{T,E,fct\ f}$ Gesamtfläche aller Wände in m², die den Funktionsbereich f umschließen und deren Transmissionswärmeverluste bei der Ermittlung der Energieeffizienz berücksichtigt werden[13] (siehe auch § C.2.4).

C.2.5.1.2 Bezugswert für den Koeffizienten des Wärmedurchgangs durch Hygienelüftung für die Heizungsberechnungen pro Funktionsbereich

Der Bezugswert für den Koeffizienten des Wärmedurchgangs durch Hygienelüftung für die Heizungsberechnungen wird pro Funktionsbereich wie folgt ermittelt:

Gl. 233

$$H_{V,hyg,heat,fct\ f,ref} = 0,34 \cdot f_{vent,heat,fct\ f} \cdot \sum_r \dot{V}_{hyg,min,rm\,r} + 0,22 \cdot f_{vent,heat,fct\ f} \cdot \sum_r \left(\dot{V}_{hyg,rm\,r} - \dot{V}_{hyg,min,rm\,r} \right) \quad \text{(W/K)}$$

Dabei ist:

$H_{V,hyg,heat,fct\ f,ref}$ Bezugswert für den Koeffizienten des Wärmedurchgangs durch Hygienelüftung in W/K des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen;

$f_{vent,heat,fct\ f}$ der übliche Zeitanteil, in dem die Lüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, für die Heizungsberechnungen, wie in Tabelle [7] aufgeführt, (-);

$\dot{V}_{hyg,min,rmr}$ Mindestauslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr der Hygienelüftung in m³/h im Raum r, wie in Anlage C.1 des vorliegenden Erlasses definiert, entspricht dem vorgeschriebenen Auslegungsvolumenstrom unter der Annahme, dass Rauchverbot herrscht und das Gebäude schadstoffarm ist. Für einen besonderen Raum nach Anlage C.3 § 6.4 des vorliegenden Erlasses ist $\dot{V}_{hyg,min,rm\ r}$ gleich $\dot{V}_{hyg,rm\ r}$;

$\dot{V}_{hyg,rmr}$ der Auslegungsvolumenstrom in m³/h für die Außenluftzufuhr der Hygienelüftung des Raums r, für den die Anlage konzipiert ist.

Ist der Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr für die Hygienelüftung in einem Raum niedriger als der in Anlage C.3 des vorliegenden Erlasses definierte Mindestwert, wird $H_{V,ref}$ mit dem verlangten Mindestvolumenstrom berechnet. Diese Regel gilt jedoch nicht für besondere Räume nach Anlage C.3 § 6.4 des vorliegenden Erlasses.

Die Werte aller Räume r des Funktionsbereichs f sind zu addieren.

C.2.5.2 Bezugswert für den Koeffizienten des Wärmedurchgangs durch Hygienelüftung für die Kühlungsberechnungen pro Funktionsbereich

Der Bezugswert für den monatlichen Koeffizienten des Wärmedurchgangs durch Hygienelüftung für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f wird wie folgt ermittelt:

Gl. 235

$$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref} = 0,34 \cdot f_{vent,heat,fct\ f} \cdot \sum_r \dot{V}_{hyg,rm\,r} \quad \text{(W/K)}$$

Dabei ist:

$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref}$ Bezugswert für den monatlichen Koeffizienten des Wärmedurchgangs durch Hygienelüftung in W/K für die Kühlungsberechnungen des Funktionsbereichs f;

$f_{vent,heat,fct\ f}$ der übliche Zeitanteil, in dem die Lüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, für die Heizungsberechnungen, wie in Tabelle [7] aufgeführt, (-);

$\dot{V}_{hyg,rmr}$ Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr der Hygienelüftung in m³/h des Raumes r, für den die Anlage ausgelegt ist.

Ist der Auslegungsvolumenstrom der Außenluftzufuhr für die Hygienelüftung in einem Raum niedriger als der in Anlage C.3 des vorliegenden Erlasses definierte Mindestwert, wird $H_{V,ref}$ mit dem verlangten Mindestvolumenstrom berechnet. Diese Regel gilt jedoch nicht für besondere Räume nach Anlage C.3 § 6.4 des vorliegenden Erlasses.

Die Werte aller Räume r des Funktionsbereichs f sind zu addieren.

C.2.6 Bezugswert für die interne Wärmeerzeugung

Der Bezugswert für die monatliche interne Wärmeerzeugung des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen und Kühlungsberechnungen wird wie folgt ermittelt:

Gl. 236 $$Q_{i,heat,fct\ f,m,ref} = \Phi_{i,heat,fct\ f,m,ref} \cdot t_m \quad (MJ)$$

Gl. 237 $$Q_{i,cool,fct\ f,m,ref} = \Phi_{i,cool,fct\ f,m,ref} \cdot t_m \quad (MJ)$$

Dabei ist:

Gl. 238 $$\Phi_{i,heat,fct\ f,m,ref} = 0,8 \cdot \begin{pmatrix} q_{i,pers,fct\ f} \cdot f_{real,fct\ f} \cdot f_{pres,fct\ f} \cdot n_{design,fct\ f} + q_{i,app,fct\ f} \cdot A_{f,fct\ f} \\ + W_{light,fct\ f,m,ref} \cdot 3,6/t_m + 0,8 \cdot W_{fans,fct\ f,m,ref} \cdot 3,6/t_m \end{pmatrix} \quad (W)$$

Gl. 239 $$\Phi_{i,cool,fct\ f,m,ref} = \begin{pmatrix} q_{i,pers,fct\ f} \cdot f_{real,fct\ f} \cdot f_{pres,fct\ f} \cdot n_{design,fct\ f} + q_{i,app,fct\ f} \cdot A_{f,fct\ f} \\ + W_{light,fct\ f,m,ref} \cdot 3,6/t_m + 0,6 \cdot W_{fans,fct\ f,m,ref} \cdot 3,6/t_m \end{pmatrix} \quad (W)$$

Dabei ist:

$Q_{i,heat,fct\ f,m,ref}$ der Bezugswert für die monatliche interne Wärmeerzeugung in MJ des Funktionsbereichs f für die Heizungsberechnungen;

$Q_{i,cool,fct\ f,m,ref}$ der Bezugswert für die monatliche interne Wärmeerzeugung in MJ des Funktionsbereichs f für die Kühlungsberechnungen;

$\Phi_{i,heat,fct\ f,m,ref}$ der Bezugswert für den durchschnittlichen Wärmefluss in W infolge der internen Wärmeerzeugung im Funktionsbereich f für die Heizungsberechnungen;

$\Phi_{i,cool,fct\ f,m,ref}$ der Bezugswert für den durchschnittlichen Wärmefluss in W infolge der internen Wärmeerzeugung im Funktionsbereich f für die Kühlungsberechnungen;

$q_{i,pers,fct\ f}$ die durchschnittliche spezifische interne Wärmeerzeugung durch Personen in W/pers im Funktionsbereich f, aufgeführt in Tabelle [8];

$f_{real,fct\ f}$ das übliche Verhältnis zwischen der durchschnittlichen tatsächlichen Nutzung in den Nutzungszeiten und der maximalen Auslegungsnutzung des Funktionsbereichs f, aufgeführt in Tabelle [8], (-);

$f_{pres,fct\ f}$ der übliche Zeitanteil, in dem Personen im Gebäude anwesend sind, aufgeführt in Tabelle [2], (-);

$n_{design,fct\ f}$ die Anzahl der Personen, die sich in dem betreffenden Funktionsbereich f gemäß der maximalen Nutzung befinden, für die die Lüftungssysteme ausgelegt sind, (-);

$q_{i,app,fct\ f}$ die durchschnittliche spezifische interne Wärmeerzeugung durch Geräte in W/m² im betreffenden Funktionsbereich f, aufgeführt in Tabelle [8];

$A_{f,fct\ f}$ die Nutzfläche in m² des betreffenden Funktionsbereichs f;

$W_{light,fct\ f,m,ref}$ der Bezugswert für die monatliche interne Wärmeerzeugung in kWh durch die Beleuchtung des betreffenden Funktionsbereichs f, ermittelt gemäß § C.4;

$W_{fans,fct\ f,m,ref}$ der Bezugswert für die monatliche interne Wärmeerzeugung in kWh durch die Ventilatoren des betreffenden Funktionsbereichs f, ermittelt gemäß § C.3.1;

t_m die Dauer des Monats in Ms, aufgeführt in **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

C.2.7 Bezugswert für die Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung

Der Bezugswert für die monatlichen Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung pro Funktionsbereich f für die Heizungsberechnungen, $Q_{s,heat,fct\ f,m,ref}$, und für die Kühlungsberechnungen, $Q_{s,cool,fct\ f,m,ref}$, wird wie folgt ermittelt:

$$Q_{s,heat,fct\ f,m,ref} = f'_{tr,fct\ f} \cdot 0{,}95 \cdot g_{fctf,ref}$$

Gl. 240

$$\cdot \sum_{j=1} \left(a_{c,m,j,ref} \cdot F_{c,fctf,ref} + (1 - a_{c,m,j,ref}) \right) \cdot A_{w,d,j} \cdot I_{s,m,j,shad,ref} \quad \text{(MJ)}$$

$$Q_{s,cool,fct\ f,m,ref} = f'_{tr,fctf} \cdot 0{,}95 \cdot g_{fctf,ref}$$

Gl. 241

$$\cdot \sum_{j=1} \left(a_{c,m,j,ref} \cdot F_{c,fctf,ref} + (1 - a_{c,m,j,ref}) \right) \cdot A_{w,d,j} \cdot I_{s,m,j,shad,ref} \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

$Q_{s,heat,fct\ f,m,ref}$ Bezugswert für die monatlichen Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung in MJ pro Funktionsbereich f für die Heizungsberechnungen;

$f'_{tr,fct\ f}$ Faktor zur Berücksichtigung eines anderen Anteils der lichtdurchlässigen Wände im Funktionsbereich f, wie nachstehend ermittelt, (-);

$g_{fct\ f,ref}$ Bezugswert für den Durchschnitt der monatlichen Sonnenfaktoren der Fenster des Funktionsbereichs f ohne Berücksichtigung der Auswirkungen der Sonnenschutzvorrichtungen, aufgeführt in Tabelle [41], (-);

$F_{c,fct\ f,ref}$ Bezugswert für den Durchschnitt der Reduktionsfaktoren für die Sonnenschutzvorrichtung der Fenster des Funktionsbereichs f ohne Berücksichtigung der Auswirkungen der Sonnenschutzvorrichtungen, aufgeführt in Tabelle [41], (-);

$a_{c,m,j,ref}$ Bezugswert für den monatlichen Nutzungsfaktor der Sonnenschutzvorrichtung des Fensters j, ermittelt nach Tabelle [9] bei manueller Steuerung, (-);

$A_{w,d,j}$ de oppervlakte van de dagopening van venster j, in m² ;

$I_{s,m,j,shad,ref}$ Bezugswert für die Sonneneinstrahlung auf das Fenster j für den betreffenden Monat in MJ/m² unter Berücksichtigung der Verschattung durch fest angebrachte Hindernisse, ermittelt gemäß Anlage A.1 Anlage C des vorliegenden Erlasses, sowie unter Berücksichtigung der Standardwerte für Verbauungswinkel gemäß Anlage A.1 § C.2.4 des vorliegenden Erlasses;

$Q_{s,cool,fct\ f,m,ref}$ Bezugswert für die monatlichen Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung in MJ pro Funktionsbereich f für die Kühlungsberechnungen.

Die Werte aller Fenster j des Funktionsbereichs f sind zu addieren.

Tabelle [41]: Werte für $F_{c,fctf,ref}$ und $g_{fctf,ref}$

Funktionen		**Fc,fctf,ref (-)**	**$g_{fctf,ref}$ (-)**
Unterkunft		0,90	0,41
Büros		0,90	0,27
Unterricht		0,90	0,44
Gesundheitswesen	Mit nächtlicher Nutzung	0,90	0,41
	Ohne nächtliche Nutzung	0,90	0,41
	Operationssaal	0,90	0,44
Versammlungsbereich	Starke Nutzung	0,90	0,44
	Geringe Nutzung	0,90	0,44
	Cafeteria/Speisesaal	1,00	0,44
Küche		1,00	0,41
Handel/Dienstleistungen		1,00	0,47
Sportanlagen	Sporthalle/Turnhalle	1,00	0,44
	Fitness/Tanz	1,00	0,44
	Sauna/Schwimmbad	1,00	0,44
Technikräume		1,00	0,41
Gemeinsame Flächen		1,00	0,44
Sonstige		0,90	0,44
Unbekannt		0,90	0,44

Der Faktor zur Berücksichtigung eines anderen Anteils der lichtdurchlässigen Wände im Funktionsbereich f, $f'_{tr,fct\ f}$, wird wie nachstehend ermittelt:

Gl. 242 Wenn $A_{T,E,fct\ f,tr}$ gleich 0 ist, gilt: $f'_{tr,fct\ f} = 1$ (-)

Wenn $A_{T,E,fct\ f,tr}$ größer als 0 ist, gilt:

$$f'_{tr,fct\ f} = \min(1; \frac{A_{T,E,fctf,tr,ref}}{A_{T,E,fctf,tr}}) \quad (-)$$

Dabei ist:

$f'_{tr,fct\ f}$ Faktor zur Berücksichtigung eines anderen Anteils der lichtdurchlässigen Wände im Funktionsbereich f, (-);

$A_{T,E,fct\ f,tr,ref}$ Bezugswert für die Gesamtfläche aller lichtdurchlässigen Wände in m², die den Funktionsbereich f umschließen und deren Transmissionswärmeverluste bei der Ermittlung der Energieeffizienz berücksichtigt werden, wie in § C.2.4 ermittelt;

$A_{T,E,fct\ f,tr}$ die Gesamtfläche in m² der lichtdurchlässigen Wände, die den Funktionsbereich f umschließen und die bei der Ermittlung der Energieeffizienz[13] wegen Transmissionsverlusten berücksichtigt werden.[13].

C.2.8 Bezugswert für die effektive Wärmekapazität

Der Bezugswert für die effektive Wärmekapazität in kJ/K des Funktionsbereichs f, $C_{fct\ f,ref}$, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 243 $$C_{fct\ f,ref} = 110 \cdot A_{f,fct\ f} \quad \text{(kJ/K)}$$

Dabei ist:

$C_{fct\ f,ref}$ der Bezugswert für die effektive Wärmekapazität in kJ/K des Funktionsbereichs f;

$A_{f,fct\ f,j}$ die Nutzfläche in m² des Teils j von Funktionsbereich f.

C.2.9 Bezugswert für den monatlichen Nettoenergiebedarf für Luftbefeuchtung

Wenn die Gebäudeanlagen Einrichtungen zur Befeuchtung von Außenluft für die PEN-Einheit (oder einen Teil davon) umfassen, ergibt sich der Bezugswert für den monatlichen Nettoenergiebedarf eines Geräts j für die Luftbefeuchtung wie folgt:

Gl. 244 $$Q_{hum,net,j,m,ref} = 2{,}5 \cdot \sum_{f} X_{h,fct\ f,m} \cdot \dot{V}_{supply,j,fct\ f,design} \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

$Q_{hum,net,j,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Nettoenergiebedarf in MJ für einen Luftbefeuchter j;

$X_{h,fct\ f,m}$ die monatliche Menge an Luftfeuchtigkeit in kg.h/m³, die pro Volumenstromeinheit an Zuluft für den Funktionsbereich f bereitzustellen ist, aufgeführt in Tabelle [14];

$\dot{V}_{supply,j,fct\ f,design}$ der über den Luftbefeuchter j eintretende Auslegungsvolumenstrom an Außenluft in m³/h für den Funktionsbereich f.

Die Werte aller vom Luftbefeuchter j versorgten Funktionsbereiche f sind zu addieren.

C.2.10 Bezugswert für den Beitrag zum Wirkungsgrad des Systems der monatlichen Verluste der Zirkulationsleitung

Der Bezugswert für den Beitrag zum Wirkungsgrad des Systems der monatlichen Verluste der Zirkulationsleitung wird wie folgt ermittelt:

- Für die Entnahmestellen in den Funktionsbereichen mit der Funktion „Unterkunft", „Gesundheitswesen Mit nächtlicher Nutzung", „Sporthalle/Turnhalle", „Fitness/Tanz" und „Sauna/Schwimmbad":

- Für eine Dusche oder Badewanne i:

Gl. 366 Wenn die Dusche oder Badewanne i nicht an eine Zirkulationsleitung angeschlossen ist:

$$\eta_{water,circ,bath\ i,m,ref} = 1 \quad (-)$$

Wenn die Dusche oder Badewanne i an eine Zirkulationsleitung k angeschlossen ist:

$$\eta_{water,circ,bath\ i,m,ref} = 1{,}05 \cdot \frac{Q_{water\ out,circ\ k,m}}{Q_{water\ out,circ\ k,m} + t_m \cdot 1{,}3 \cdot \sum_j \frac{l_{circ\ k,j} \cdot \left(60 - \theta_{amb,m,j}\right)}{R_{l,j,ref}}} \quad (-)$$

- Für die Küchenspüle j:

Gl. 367 Wenn die Küchenspüle j nicht an eine Zirkulationsleitung angeschlossen ist:

$$\eta_{water,circ,sink\ j,m,ref} = 1 \quad (-)$$

Wenn die Küchenspüle j an eine Zirkulationsleitung angeschlossen ist:

$$\eta_{water,circ,sink\ j,m,ref} = 1{,}20 \cdot \frac{Q_{water\ out,circ\ k,m}}{Q_{water\ out,circ\ k,m} + t_m \cdot 1{,}3 \cdot \sum_j \frac{l_{circ\ k,j} \cdot \left(60 - \theta_{amb,m,j}\right)}{R_{l,j,ref}}} \quad (-)$$

- Für eine andere Warmwasserentnahmestelle k:

Gl. 368 Wenn eine andere Warmwasserentnahmestelle l nicht an eine Zirkulationsleitung angeschlossen ist:

$$\eta_{water,circ,other\ l,m,ref} = 1 \quad (-)$$

Wenn eine andere Warmwasserentnahmestelle l an eine Zirkulationsleitung angeschlossen ist:

$$\eta_{water,circ,other\ l,m,ref} = 1{,}60 \cdot \frac{Q_{water\ out,circ\ k,m}}{Q_{water\ out,circ\ k,m} + t_m \cdot 1{,}3 \cdot \sum_j \frac{l_{circ\ k,j} \cdot \left(60 - \theta_{amb,m,j}\right)}{R_{l,j,ref}}} \quad (-)$$

• Für die Entnahmestellen in Funktionsbereichen mit einer anderen Funktion:

Gl. 248 $\eta_{water,circ,bath\ i,m,ref} = \eta_{water,circ,sink\ j,m,ref} = \eta_{water,circ,other\ l,m,ref} = 1$

Dabei ist:

$Q_{water\ out,circ\ k,m}$	Wärmeabgabe über die Zirkulationsleitung k an die angeschlossenen Entnahmestellen, wie in § 9.3.2.2 von {Anlage PER} ermittelt;
t_m	Dauer des betreffenden Monats in Ms, aufgeführt in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;
$l_{circ\ k,j}$	Länge des Teilstücks j der Zirkulationsleitung k in m;

$\theta_{amb,m,j}$ durchschnittliche monatliche Umgebungstemperatur in °C des Leitungsteilstücks j, wie in § 9.3.2.2 von {Anlage PER} ermittelt;

$R_{l,j,ref}$ der Bezugswert in m.K/W für den linearen Wärmewiderstand des Leitungsteilstücks j, der in Tabelle [43] in Abhängigkeit des äußeren Durchmessers des nicht gedämmten Teilstücks $D_{i,j}$, ausgewiesen ist

Tabelle [42]: Bezugswert für den linearen Wärmewiderstand $R_{l,j,ref}$ in Abhängigkeit vom Außendurchmesser des nicht isolierten Teilstücks $D_{i,j}$

$D_{i,j}$ (m)	$R_{l,j,ref}$ (m.K/W)
≤ 0,0172	5,21
≤ 0,0213	4,81
≤ 0,0269	4,42
≤ 0,0337	4,05
≤ 0,0424	3,69
≤ 0,0483	3,48

$D_{i,j}$ (m)	$R_{l,j,ref}$ (m.K/W)
≤ 0,0603	3,15
≤ 0,0761	2,84
≤ 0,0889	2,62
≤ 0,1143	2,31
≤ 0,1397	2,08
≤ 0,1683	1,87

$D_{i,j}$ (m)	$R_{l,j,ref}$ (m.K/W)
≤ 0,2191	1,61
≤ 0,2730	1,40
≤ 0,3239	1,26
≤ 0,3556	1,18
> 0,3556	1,08

C.3 Bezugswert für den Hilfsenergieverbrauch der Ventilatoren und Pumpen

C.3.1 Bezugswert für den Stromverbrauch der Ventilatoren für Lüftung und Zirkulation

Der Bezugswert für den monatlichen Stromverbrauch der Ventilatoren der PEN-Einheit wird wie folgt ermittelt:

Gl. 249 $$W_{fans,m,ref} = \sum_{f} W_{fans,fct\ f,m,ref} \quad \text{(kWh)}$$

Gl. 250 $$W_{fans,fctf,m,ref} = 0,55 \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f} \cdot f_{vent,heat,fct\ f} \cdot \frac{t_m}{3,6} \quad \text{(kWh)}$$

Dabei ist:

$W_{fans,m,ref}$ Bezugswert für den monatlichen Stromverbrauch in kWh der Ventilatoren in der PEN-Einheit;

$W_{fans,fct\ f,m,ref}$ Bezugswert für den monatlichen Stromverbrauch in kWh aller Ventilatoren für den Funktionsbereich f;

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ Auslegungsvolumenstrom in m^3/h der Außenluftzufuhr für die Hygienelüftung im Funktionsbereich f der Energiezone i, gemäß den in § 5.6.2.2 beschriebenen Prinzipien ermittelt;

$f_{vent,heat,fct\ f}$ üblicher Zeitanteil, in dem die Lüftung im Funktionsbereich f in Betrieb ist, für die Heizungsberechnungen, wie in Tabelle [7] aufgeführt, (-);

t_m Dauer des betreffenden Monats in Ms, aufgeführt in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

Die Werte aller Funktionsbereiche f der PEN-Einheit sind zu addieren.

Besonderheit der Funktion „Unterricht": Der Bezugswert für den monatlichen Stromverbrauch aller Ventilatoren für die Funktionsbereiche f mit dieser Funktion, $W_{fans,fct\ f,m,ref}$, wird für die Monate Juli und August auf null veranschlagt.

C.3.2 Bezugswert für den Stromverbrauch der Verteilung

Der Bezugswert für den monatlichen Stromverbrauch der Verteilung in den PEN-Einheiten, $W_{aux,dis,m,ref}$, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 369 $$W_{aux,dis,m,ref} = \frac{t_m}{7,2} \cdot \sum_j P_{pump,dis,instal,heat,j,ref} + \frac{t_m}{3,6} \cdot \sum_l P_{pump,dis,instal,water,l,ref} \quad (kWh)$$

Dabei ist:

$P_{pump,dis,instal,heat,j,ref}$ der Bezugswert in W für die installierte Leistung der Umwälzpumpe j, welche die Heizung der fraglichen PEN-Einheit bedient, wie in § ermittelt

$P_{pump,dis,instal,water,l,ref}$ der Bezugswert in W für die installierte Leistung der Umwälzpumpe j, welche die Brauchwarmwasserverteilung in der fraglichen PEN-Einheit bedient, wie in § C.3.2.2 definiert

t_m die betroffene Monatslänge in Ms, in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ausgewiesen.

Die Werte aller Umwälzpumpen j, welche die Heizung der betroffenen PEN-Einheit bedienen und aller Umwälzpumpen j, welche die Brauchwarmwasserverteilung für Funktionsbereiche des Typs „Unterkunft", „Gesundheitswesen - mit nächtlicher Nutzung", „Sporthalle/Turnhalle", „Fitness/Tanz" oder „Sauna/Schwimmbad" in der betroffenen PEN-Einheit bedienen, sind zu addieren.

C.3.2.1 Bezugswert für die installierte Leistung einer Umwälzpumpe, welche die Heizung bedient

Der Bezugswert für die installierte Leistung der Umwälzpumpe j, welche die Heizung der betroffenen PEN-Einheit bedient, $P_{pump,dis,instal,heat,j,ref}$, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 370 $$P_{pump,dis,instal,heat,j,ref} = MAX\left(70\ \ 0,3 \cdot \sum_i A_{fi}\right) \quad (W)$$

Dabei ist:

$A_{f,sec\ i}$ die Nutzfläche der Energiezone i in m²

Die Werte aller von der Umwälzpumpe j bedienten Energiezonen i sind zu addieren.

Bedient eine Umwälzpumpe mehrere PEN- und/oder PER-Einheiten, so ist der Bezugswert für die Leistung der Umwälzpumpe ($P_{pumps,dis,instal,heat,j,ref}$) entsprechend des Bruttowärmebedarfs der jeweiligen PEN- und/oder PER-Einheiten proportional auf diese zu verteilen.

Bedient eine Umwälzpumpe nur Funktionsbereiche, die als „Technikräume" einzustufen sind, so wird $P_{pumps,dis,instal,heat,j,ref}$ als gleich Null betrachtet.

Bedient eine Umwälzpumpe nur Funktionsbereiche, die als „Technikräume" einzustufen sind, so wird $P_{pumps,dis,instal,heat,j,ref}$ als gleich Null betrachtet. Bedient

eine Umwälzpumpe nur Funktionsbereiche, die als „Unterricht" oder als „Technikräume" einzustufen sind, so muss die Leistung entsprechend Gl. 370 mit dem Faktor 0,83 multipliziert werden.

C.3.2.2 Bezugswert für die installierte Leistung einer Umwälzpumpe, welche die Brauchwarmwasserverteilung bedient

Der Bezugswert für die installierte Leistung der Umwälzpumpe l, welche die Brauchwarmwasserverteilung in der fraglichen PEN-Einheit bedient, $P_{pump,dis,instal,water,l,ref}$, wird wie folgt ermittelt:

Gl. 371 $$P_{pump,dis,instal,water,l,ref} = MAX\left(25 \ \frac{\sum_j l_{circ\ k,j}}{13{,}94 \cdot 10^3} \cdot \sum_j \frac{l_{circ\ k,j} \cdot (60 - \theta_{amb,January,j})}{R_{l,j,ref}}\right) \quad (W)$$

Dabei ist:

$l_{circ\ k,l}$	die Länge des Teilstücks l der Zirkulationsleitung k in m
$\theta_{amb,January,l}$	die durchschnittliche Umgebungstemperatur des Leitungsteilstücks l im Monat Januar in °C, wie in § 9.3.2.2 von Anhang A.1 definiert
$R_{l,l,ref}$	der Bezugswert für den linearen Wärmewiderstand $R_{l,l}$ des Teilstücks l in m.K/W, wie in § E.3 von Anhang A.1 definiert
$R_{l,j,ref}$	der Bezugswert in m.K/W für den linearen Wärmewiderstand des Leitungsteilstücks j, der in Tabelle [43] in Abhängigkeit des äußeren Durchmessers des nicht gedämmten Teilstücks $D_{i,j}$ ausgewiesen ist.

Die Werte aller von der Umwälzpumpe j bedienten Energiezonen i sind zu addieren.

Bedient eine Umwälzpumpe mehrere PEN- und/oder PER-Einheiten, so ist der Bezugswert für die Leistung der Umwälzpumpe ($P_{pumps,dis,instal,heat,j,ref}$) entsprechend des gesamten Bruttoenergiebedarfs für Brauchwarmwasser der jeweiligen PEN- und/oder PER-Einheiten proportional auf diese zu verteilen.

C.4 Bezugswert für den Energieverbrauch der Beleuchtung

Der Bezugswert für den monatlichen Stromverbrauch der Beleuchtung der PEN-Einheit wird wie folgt ermittelt:

Gl. 253 $$W_{light,m,ref} = \sum_f W_{light,fct\ f,m,ref} \quad (kWh)$$

Dabei ist:

$W_{light,m,ref}$	der Bezugswert für den monatlichen Stromverbrauch in kWh für die Beleuchtung;
$W_{light,fct\ f,m,ref}$	der Bezugswert für den monatlichen Stromverbrauch in kWh für die Beleuchtung des Funktionsbereichs f, wie nachstehend ermittelt.

Die Werte aller Funktionsbereiche f der PEN-Einheit sind zu addieren.

Besonderheit der Funktion „Unterricht": Der Bezugswert für den monatlichen Stromverbrauch der Beleuchtung für die Funktionsbereiche mit dieser Funktion, $W_{pumps,fct\ f,m,ref}$, wird für die Monate Juli und August auf null veranschlagt.

Der Bezugswert für den monatlichen Stromverbrauch der Beleuchtung des Funktionsbereichs f wird wie folgt ermittelt:

Gl. 254 $$W_{light,fct\ f,m,ref} = \sum A_{f,rmr} \cdot p_{light,rmr,ref} \cdot \left(t_{day,fct\ f,m} + t_{night,fct\ f,m}\right)$$ (kWh)

Dabei ist:

$W_{light,fct\ f,m,ref}$	der Bezugswert für den monatlichen Stromverbrauch in kWh für die Beleuchtung des Funktionsbereichs f;
$A_{f,rm\ r}$	Nutzfläche im Raum r in m^2;
$p_{light,rmr,ref}$	der Bezugswert für die spezifische Leistung in kW/m^2 für die Beleuchtung im Raum r, wie nachstehend ermittelt;
$t_{day,fct\ f,m}$	übliche Anzahl der Nutzungsstunden in h pro Monat am Tag, ermittelt pro Funktionsbereich und aufgeführt in

Tabelle [31];

$t_{night,fct\ f,m}$ übliche Anzahl der Nutzungsstunden in h pro Monat in der Nacht, ermittelt pro Funktionsbereich und aufgeführt in Tabelle [32];

Die Werte aller Räume r des Funktionsbereichs f sind zu addieren.

Der Bezugswert für die spezifische Leistung für die Beleuchtung im Raum r wird wie folgt ermittelt:

Gl. 255 $$p_{light,rmr,ref} = \min\left[\frac{\phi_{fctf,ref}}{1000}\cdot\frac{L_{rmr}}{100};\frac{\phi_{fctf,ref}}{1000}\cdot L_{fctf,ref}^{0,2}\cdot\frac{(L_{rmr})^{0,8}}{100}\right]$$ (kW/m²)

Dabei ist:

$p_{light,rmr,ref}$ der Bezugswert für die spezifische Leistung in kW/m² für die Beleuchtung im Raum r;

$\phi_{fctf,ref}$ der Bezugswert für die spezifische Leistung pro 100 lx in W/m².100 lx im Funktionsbereich f, zu dem der Raum r gehört, aufgeführt in Tabelle [43];

$L_{fct\ f,ref}$ der Bezugswert für die Beleuchtung in lx im Funktionsbereich f, zu dem der Raum r gehört, aufgeführt in Tabelle [43];

$L_{rm\ r}$ eine dimensionslose Hilfsvariable für den Raum r, wie in § 9.2.1 oder in § 9.3.1 ermittelt, (-).

Tabelle [43]: Werte für die Parameter $\phi_{fctf,ref}$ und $L_{fct\ f,ref}$ pro Funktion

Funktionen		$\phi_{fctf,ref}$ **(W/m²100 lx)**	$L_{fctf,ref}$ **(lx)**
Unterkunft		3,50	200
Büros		2,40	500
Unterricht		2,40	500
Gesundheitswesen	Mit nächtlicher Nutzung	3,75	300
	Ohne nächtliche Nutzung	3,75	300
	Operationssaal	3,50	1000
Versammlungsbereich	Starke Nutzung	3,50	200
	Geringe Nutzung	3,50	200
	Cafeteria/Speisesaal	3,50	200
Küche		2,40	500
Handel/Dienstleistungen		3,60	500
Sportanlagen	Sporthalle/Turnhalle	3,50	300
	Fitness/Tanz	3,00	300
	Sauna/Schwimmbad	3,00	300
Technikräume		2,50	200
Gemeinsame Flächen		2,50	300
Sonstige		2,50	200
Unbekannt		3,00	200

C.5 Bezugswert für den Primärenergieverbrauch

C.5.1 Bezugswert für den typischen jährlichen Primärenergieverbrauch

Der Bezugswert für den typischen jährlichen Primärenergieverbrauch einer PEN-Einheit wird wie folgt ermittelt:

Gl. 256
$$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref} = \sum_{m=1}^{12}\left(\begin{matrix}E_{p,heat,m,ref} + E_{p,cool,m,ref} + E_{p,water,m,ref} \\ + E_{p,aux,m,ref} + E_{p,light,m,ref}\end{matrix}\right) \quad \text{(MJ)}$$

Dabei ist:

$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref}$ der Bezugswert für den typischen jährlichen Primärenergieverbrauch in MJ;

$E_{p,heat,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Primärenergieverbrauch in MJ für Heizung, berechnet gemäß § C.5.2;

$E_{p,cool,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Primärenergieverbrauch in MJ für Kühlung, berechnet gemäß § C.5.2;

$E_{p,water,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Primärenergieverbrauch in MJ für Brauchwarmwasserbereitung, berechnet gemäß § C.5.3;

$E_{p,aux,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Primärenergieverbrauch in MJ für Ventilatoren und Pumpen, berechnet gemäß § C.5.4;

$E_{p,light,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Primärenergieverbrauch in MJ für Beleuchtung, berechnet gemäß § C.5.5.

C.5.2 Bezugswert für den Primärenergieverbrauch für Heizung, Luftbefeuchtung und Kühlung

Der Bezugswert für den monatlichen Primärenergieverbrauch der PEN-Einheit für Heizung und Kühlung wird wie folgt ermittelt:

Gl. 257 $$E_{p,heat,m,ref} = \sum_i 1,29 \cdot Q_{heat,net,seci,m,ref} + \sum_j 1,29 \cdot Q_{hum,final,j,m,ref}$$ (MJ)

und:

Gl. 258 $$E_{p,cool,m,ref} = \sum_i 0,5 \cdot Q_{cool,net,seci,m,ref}$$ (MJ)

Dabei ist:

$E_{p,heat,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Primärenergieverbrauch in MJ für Heizung der PEN-Einheit;

$Q_{heat,net,seci,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Nettoenergiebedarf in MJ für Heizung (unter Berücksichtigung der Zeitheizung) des Energiesektors i, ermittelt gemäß § C.2.2;

$Q_{hum,net,j,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Nettoenergiebedarf in MJ für einen Luftbefeuchter j, ermittelt gemäß § C.2.9;

$E_{p,cool,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Primärenergieverbrauch in MJ für Kühlung der PEN-Einheit;

$Q_{cool,net,seci,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Nettoenergiebedarf in MJ für Kühlung des Energiesektors i, ermittelt gemäß § C.2.3.

Die Werte aller Energiesektoren i und aller Luftbefeuchter j der PEN-Einheit sind zu addieren.

C.5.3 Bezugswert für den Primärenergieverbrauch für Brauchwarmwasserbereitung

Der Bezugswert für den monatlichen Primärenergieverbrauch für Brauchwarmwasserbereitung wird wie folgt ermittelt:

Gl. 373
$$E_{p,water,m,ref} = \sum_i 2,20 \cdot \frac{Q_{water,bath\ i,net,m}}{\eta_{water,circ,bath\ i,m,ref}} + \sum_j 3,00 \cdot \frac{Q_{water,sink\ j,net,m}}{\eta_{water,circ,sink\ j,m,ref}} + \sum_k 4,00 \cdot \frac{Q_{water,other\ k,net,m}}{\eta_{water,circ,other\ k,m,ref}}$$ (MJ)

Dabei ist:

$Q_{water,bath\ i,net,m}$ der monatliche Nettoenergiebedarf in MJ für Brauchwarmwasser der Dusche oder Badewanne i, wie in § 5.10 ermittelt;

$\eta_{water,circ,bath\ i,m,ref}$ der Bezugswert für den Beitrag zum Wirkungsgrad des Systems der monatlichen Verluste der Zirkulationsleitung für die Dusche oder Badewanne i, wie in § C.2.10 ermittelt (-);

$Q_{water,sink,j,net,m}$ der monatliche Nettoenergiebedarf in MJ für Brauchwarmwasser der Küchenspüle j, wie in § 5.10 ermittelt;

$\eta_{water,circ,sink\ j,m,ref}$ der Bezugswert für den Beitrag zum Wirkungsgrad des Systems der monatlichen Verluste der Zirkulationsleitung für die Küchenspüle j, wie in § C.2.10 ermittelt (-);

$Q_{water,other\ k,net,m}$ der monatliche Nettoenergiebedarf in MJ für Brauchwarmwasser einer anderen Warmwasserentnahmestelle k, wie gemäß § 5.10 ermittelt;

$\eta_{water,circ,other\ k,m,ref}$ der Bezugswert für den Beitrag zum Wirkungsgrad des Systems der monatlichen Verluste der Zirkulationsleitung für die andere Warmwasserentnahmestelle k, wie in § C.2.10 ermittelt (-).

Die Werte aller Duschen und Badewannen i, aller Küchenspülen j und aller anderen Warmwasserentnahmestellen k der PEN-Einheit sind zu addieren.

C.5.4 Bezugswert für den Primärenergieverbrauch der Hilfseinrichtungen

Der Bezugswert für den monatlichen Primärenergieverbrauch der Zusatzgeräte, $E_{p,aux,m,ref}$, wird wie folgt ermittelt:

$$E_{p,aux,m,ref} = f_p \cdot 3,6 \cdot \left(\begin{array}{c} W_{fans,m,ref} + W_{aux,dis,m,ref} + \\ W_{throttle/fans,gen,m} + W_{electr,gen,m} \end{array} \right) \quad \text{(MJ)}$$

Gl. 374

Dabei ist:

f_p der übliche Primärenergie-Umwandlungsfaktor für Strom, wie im Haupttext des vorliegenden Erlasses ermittelt, (-);

$W_{fans,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Stromverbrauch in kWh für Ventilatoren in der PEN-Einheit, ermittelt gemäß § C.3.1;

$W_{aux,dis,m,ref}$ der Bezugswert für den monatlichen Stromverbrauch in kWh der Verteilung in den PEN-Einheiten - er wird gemäß § C.3.2 ermittelt.

$W_{throttle/fans,gen,m}$ der monatliche Stromverbrauch der Gasventile und/oder Ventilatoren im Wärmeerzeugungssystem der betreffenden PEN-Einheit - er wird gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** in kWh ermittelt

$W_{electr,gen,m}$ der monatliche Stromverbrauch in kWh der Elektronik in der betreffenden PEN-Einheit - er wird in § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** bestimmt.

C.5.5 Bezugswert für den Primärenergieverbrauch für die Beleuchtung

Der Bezugswert für den monatlichen Primärenergieverbrauch für die Beleuchtung wird wie folgt ermittelt:

EEN-Methode 2017 193

Gl. 261 $E_{p,light,m,ref} = f_p \cdot 3,6 \cdot W_{light,m,ref}$ (MJ)

Dabei ist:

$E_{p,light,m,ref}$	der Bezugswert für den monatlichen Primärenergieverbrauch für die Beleuchtung in MJ;
f_p	der übliche Primärenergie-Umwandlungsfaktor für Strom, wie im Haupttext des vorliegenden Erlasses ermittelt, (-);
$W_{light,m,ref}$	der monatliche Stromverbrauch in kWh für die Beleuchtung in der PEN-Einheit, ermittelt gemäß § C.4."

Gesehen, um dem Erlass der wallonischen Regierung vom 15. Dezember 2016 zur Änderung des Erlasses der wallonischen Regierung vom 15. Mai 2014 über die Umsetzung der Verordnung vom 28. November 2013 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden als Anlage beigefügt zu werden.

Namur, den 15. Dezember 2016.

Der Ministerpräsident,

P. MAGNETTE

Der Minister für lokale Behörden, Stadt, Wohnungswesen und Energie,

P. FURLAN

Anlage 3

Anlage B1 des Erlasses der wallonischen Regierung vom 15. Mai 2014 über die Umsetzung der Verordnung vom 28. November 2013 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden

Anlage RDT

REFERENZDOKUMENT FÜR TRANSMISSIONSVERLUSTE

Regeln für die Berechnung der Transmissionsverluste im Rahmen der GEE-Reglementierung

BERECHNUNG DES WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENTEN VON GEBÄUDEWÄNDEN (U-WERT), DES TRANSMISSIONSWÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENTEN VON GEBÄUDEN (H-WERT) UND GESAMTWÄRMEDÄMMGRAD (K-GRAD)

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS 1

1 EINLEITUNG 6

2 ANWENDUNGSBEREICH 7

3 NORMATIVE VERWEISE 8

4 BEGRIFFSBESTIMMUNG, EINHEITEN UND SYMBOLE 11

4.1 Begriffsbestimmung 11

4.2 Symbole und Einheiten 13

5 BESTIMMUNG DES WÄRMEDURCHLASSWIDERSTANDS (R) VON BAUTEILSCHICHTEN 14

5.1 Allgemeine Grundsätze 14

5.2 Wärmedurchlasswiderstand von homogenen Bauteilschichten 14

5.3 Wärmeübergangswiderstände von Oberflächen in Kontakt mit Luft 15

5.4 Wärmedurchlasswiderstand von Luftschichten 15

5.4.1 Einleitung 15

5.4.2 Normale Luftschichten in Wänden, Dächern und Böden 16

5.4.3 Sonstige Luftschichten 18

5.5 Wärmedurchlasswiderstand von Luftschichten (Lufträumen) mit einer Dicke von mehr als 300 mm 19

6 BESTIMMUNG DES WÄRMEDURCHGANGSWIDERSTANDES (RT) VON BAUTEILEN 20

6.1 Bauteile aus homogenen Schichten 20

6.2 Bauteile aus homogenen und inhomogenen Schichten 20

6.2.1 Anwendung 20

6.2.2 Wärmedurchgangswiderstand eines Bauteils (Kombinationsverfahren) 21

6.2.3 Grenzwerte ... *22*
6.2.4 Fehlermarge ... *22*

7 WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT (U) VON OPAKEN BAUTEILEN ... 23
7.1 Allgemeiner Ausdruck ... 23
7.2 Korrektur des U-Werts ... 23
7.2.1 Allgemeine Bestimmungen ... *23*
7.2.2 Korrektur des U-Werts für Luftspalte und Hohlräume in oder zwischen den Dämmschichten ... *23*
7.2.3 Korrektur für mechanische Befestigungselemente, die die Dämmschicht durchdringen ... *24*
7.2.4 Korrekturverfahren für Umkehrdächer ... *25*
7.3 Korrektur des R-Werts bei einer Dämmung aus PUR-Ortschaum ... 26
7.4 U-Wert eines keilförmigen Bauteils ... 26
7.4.1 Allgemeines Verfahren ... *26*
7.4.2 Zerlegung in gebräuchliche Formen ... *27*
7.4.3 Bestimmung des U-Werts für jede gebräuchliche Form ... *28*
7.4.4 Vereinfachte Bestimmung ... *29*

8 BESTIMMUNG DES WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENTEN VON FENSTERN UND TÜREN ... 30
8.1 Geometrische Merkmale von Fenstern und Türen ... 30
8.1.1 Fläche der Fenster- und Türenteile ... *30*
8.1.2 Sichtbarer Umfang der Verglasung ... *31*
8.1.3 Flächen der Rahmen ... *31*
8.1.4 Fläche des Fensters oder der Tür ... *32*
8.2 Allgemeines Verfahren für die Bestimmung des U-Werts von Fenstern und Türen 33
8.3 Normalfall: U-Wert von Einfachfenstern oder Einzeltüren ... 33
8.4 Sonderfälle ... 36
8.4.1 Doppelfenster ... *36*
8.4.2 Verbundfenster ... *37*
8.4.3 Wärmedurchgangswiderstände ... *37*
8.4.4 Wärmedurchlasswiderstand von ruhenden Luftschichten in Doppelfenstern und in Verbundfenstern ... *38*
8.4.5 U-Wert von Fenstern mit geschlossenen Fensterläden ... *38*
8.5 Vereinfachte Bestimmung des U-Werts und Verglasungsfläche von Fenstern 40
8.6 Weitere Spezifikationen und Standardwerte für opake Türen ... 41

9 WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT VON FENSTER- UND TÜRKOMPONENTEN ... 43
9.1 Wärmedurchgangskoeffizient von Verglasungen ... 43
9.2 Wärmedurchgangskoeffizient von Rahmen ... 43
9.2.1 Allgemeine Bestimmung ... *43*
9.2.2 Bestimmung des Werts Uf von Dachfensterrahmen ... *43*
9.3 Wärmedurchgangskoeffizient von opaken Füllungen (U_p) ... 44
9.4 Wärmedurchgangskoeffizient von Lüftungsgittern (U_r) ... 44
9.5 Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient (Ψ-Wert) ... 44

10 WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT VON VORHANGFASSADEN ... 45
10.1 Allgemeine Bestimmungen ... 45
10.2 Konstruktive Eigenschaften von Vorhangfassaden ... 46

10.2.1 Komponenten und Randbedingungen 46
10.2.2 Bestimmung von Flächen und Umfang 47
10.2.3 Regeln für die Modellierung 48
10.3 Bestimmung des U_{cw}-Werts eines Vorhangfassadenelements: präzise numerische Berechnungen 49
10.3.1 Prinzip des numerischen Berechnungsverfahrens 49
10.3.2 Bestimmung des Wärmeverluststroms durch Verbindungselemente 49
10.3.3 Bestimmung von U_{cw} eines Moduls 52
10.4 Berechnung des U_{cw}-Werts eines Moduls (Komponentenmethode) 52
10.4.1 Principe de la méthode de détermination 52
10.4.2 Prinzip der Komponentenmethode 52
10.4.3 Allgemeine Bestimmung des U_{cw}-Werts 52
10.4.4 U-Wert von Verglasung und Paneele 53
10.4.5 U-Wert von Rahmen, Pfosten und Riegeln 53
10.4.6 Längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten (Verglasungen, Rahmen, Pfosten und Riegel) 54
10.5 Bestimmung des U_{cw}-Werts einer Vorhangfassade aus unterschiedlichen Elementen 55

11 WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT SONSTIGER DURCHSICHTIGER WÄNDE 56
11.1 Glasbausteine 56
11.1.1 Allgemeines Verfahren 56

12 TRANSMISSIONSWÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT DURCH GEBÄUDE 57
12.1 Gesamttransmissionswärmedurchgangskoeffizient 57
12.2 Conventions générales 57
12.3 Allgemeine Vereinbarungen 57
12.3.1 Grenzen der Gebäudeteile 57
12.3.2 Bestimmung der Flächen 57
12.3.3 Bestimmung der Volumen 58

13 TRANSMISSIONSWÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT DIREKT ZUR AUßENUMGEBUNG (H_D) 59

14 TRANSMISSIONSWÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT ÜBER UNBEHEIZTE NACHBARRÄUME (H_U) 60

15 TRANSMISSIONSWÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT ÜBER DAS ERDREICH, UNBEHEIZTE KELLER UND LEERRÄUME (H_G) 63
15.1 Allgemeine Bestimmungen 63
15.2 Vereinfachtes Verfahren für die Bestimmung der Wärmeverluste über das Erdreich 63
15.2.1 Erdanliegende Böden 63
15.2.2 Bauteile in Kontakt mit Kriechkellern und unbeheizten Kellern (Böden, Wände, Türen, …) 64
15.2.3 Wände unter der Erde 65

16 TRANSMISSIONSWÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT ÜBER BAUKNOTEN ($H_T^{JUNCTIONS}$) 66
16.1 Temperaturumrechnungsfaktor für die AUR, Belüftungshohlraüme und unbeheizten Kellerräume 66

17 GESAMTWÄRMEDÄMMGRAD (K-GRAD) 67
17.1 Kompaktheit eines Gebäudes 67

17.2 Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient eines Gebäudes 67
17.3 Gesamtwärmedämmgrad (K-Grad) 67

ANNEXE A BESTIMMUNG DER WÄRMELEITFÄHIGKEIT (Λ-WERT) UND DES WÄRMEWIDERSTANDES (R-WERT) VON BAUSTOFFEN 69

A.1 Allgemeine Bestimmungen 69
A.2 Tabellen mit den Standardwerten für die Wärmeleitfähigkeit von homogenen oder gleichgestellten Baustoffen 71
A.2.1 Metalle 71
A.2.2 Naturstein 71
A.2.3 Mauersteine 72
A.2.4 Fugenlose Steinbauteile (Vollwände, Böden,…) 76
Tabelle A.9 - Normaler Schwerbeton 76
A.2.5 Gips, Mörtel und Verputz 77
A.2.6 Holz und Holzderivate 78
A.2.7 Wärmedämmstoffe 79
A.2.8 Sonstige Baustoffe 81

ANNEXE B WÄRMEDURCHLASSWIDERSTAND (R-WERT) VON INHOMOGENEN BAUSTOFFEN 82

ANNEXE C STANDARDWERTE DES FEUCHTEGEHALTS UND UMRECHNUNGSFAKTOREN FÜR BAUSTOFFE AUS STEIN 83

ANNEXE D WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENTEN VON RAHMENPROFILEN (U_F-WERTE): STANDARDWERTE 84

D.1 Rahmenprofile aus Holz 84
D.2 Rahmenprofile aus Metall 85
D.2.1 Begriffsbestimmung 85
D.2.2 Rahmenprofile aus Metall mit wärmetechnischer Trennung 86
D.2.3 Rahmenprofile aus Metall ohne wärmetechnische Trennung 88
D.3 Rahmenprofile aus Kunststoff 88

ANNEXE E LÄNGENBEZOGENER WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT (Ψ -WERT) VON VERBINDUNGSBEREICHEN ZWISCHEN RAHMENPROFILEN, VERGLASUNGEN, PANEELEN UND RIEGELN90

E.1 Allgemeine Bestimmungen 90
E.2 Verbindungsbereich zwischen Rahmenprofil und Verglasung 90
E.3 Verbindungsbereich zwischen Riegel und Verglasung 92
E.4 Verbindungsbereich zwischen Profil und Füllung 93
E.5 Verbindungsbereich zwischen Profil und Riegel 93
E.5.1 Aluminium- und Stahlprofile 93
E.5.2 Holzprofile und Holz-Aluminiumprofile 95
E.6 Bestimmung von Uf bei in eine Vorhangfassade eingebauten Profilen 96

ANNEXE F WÄRMEÜBERTRAGUNG ÜBER DAS ERDREICH 97

F.1 Notwendige spezifische Daten 97
F.1.1 Wärmetechnische Eigenschaften des Erdreichs 97
F.1.2 Charakteristisches Bodenplattenmaß und wirksame Dicke 97
F.2 Bestimmung des U-Werts und des stationären Wärmedurchgangs H_g 98
F.2.1 Allgemeine Bestimmungen 98
F.2.2 Bodenplatten auf Erdreich 98
F.2.3 Aufgeständerte Bodenplatten 101

Abb. [47]: Aufgeständerte Bodenplatten 101
F.2.4 Kellerwände 103
Abb. [48]: Kellerwände 104

ANNEXE G VEREINBARUNGEN FÜR DIE BESTIMMUNG DER U-WERTE 107
G.1 Einleitung 107
G.2 Méthodes de calcul numériques et simplifiées 107
G.3 Vereinbarungen für Mauersteine und Hohlziegel 107
G.3.1 λ_U-Wert von Mauerwerk 107
G.3.2 λ_U-Wert von Lochziegeln oder Hohlblocksteinen 109
G.4 Vereinbarungen für inhomogene Schichten eines Bauteils mit Holzstruktur110
G.5 Ergänzende Vereinbarungen für die Bestimmung des U-Werts 111
G.5.1 Ziegel- oder Schieferdächer 111
G.5.2 Zwischendecken 111
G.5.3 Böden 111

1 Einleitung

Das vorliegende Dokument beschreibt ausführlich die Regeln in Zusammenhang mit der Transmissionsberechnung, die für die GEE-Reglementierung gelten. Die wallonische Regierung kann später ggf. erforderliche ergänzende Spezifikationen festlegen.

Der Text behandelt im Wesentlichen Berechnungsmethoden, die von den Referenten (und den Entwicklern) direkt angewandt werden müssen. Viele davon sind in die GEE-Software integriert. Die Bestimmung der Produktdaten hat an erster Stelle durch die Hersteller/Lieferanten zu erfolgen.

Da die Wärmeverluste durch die Gebäudehülle dreidimensional sind, ist eine präzise Schätzung des Koeffizienten der Wärmeübertragung durch H_T-Übergang nur durch eine detaillierte zahlenmäßige Berechnung möglich. In der Praxis können nur die Wärmeübertragungskoeffizienten der Bauelemente aus homogenen, ebenen und parallelen Schichten leicht berechnet werden. Für sonstige Situationen ist im Prinzip eine detaillierte zahlenmäßige Berechnung notwendig. Der vorliegende Text beinhaltet die vereinfachten Methoden, die für diese spezifischen Fälle eine leichtere Berechnung ermöglichen. Es handelt sich beispielsweise um Bauelemente aus nicht homogenen Schichten (siehe § 6.2), um die Berücksichtigung von mechanischen Befestigungen (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), um Bauelemente mit unterschiedlichen Stärken (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), Fenster und Türen (siehe § 0) oder leichte Fassaden (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Diese Methoden können stets angewendet werden, sofern die geltenden Anwendungsmethoden für jeden Fall gesondert beachtet werden.

Die Berücksichtigung der Bauknoten wird in Anlage IV des vorliegenden Erlasses erläutert. Diese müssen gemäß der in Anlage IV beschriebenen Methodologie behandelt werden.

Jegliche lineare oder punktuelle Unterbrechung der Wärmeverlustfläche muss für die Bestimmung des Wärmeübertragungskoeffizienten der Bauelemente dieser Zwischenwand berücksichtigt werden. Dies ist auf 2 Arten möglich:

- entweder, sofern verfügbar, gemäß der Anwendung einer vereinfachten Berechnungsmethode, wie in diesem Dokument beschrieben;
- oder gemäß einer detaillierten zahlenmäßigen Berechnung. Diese Methode ist ebenfalls anstelle einer verfügbaren vereinfachten Methode zulässig.

2 Anwendungsbereich

Die im vorliegenden Text angegebenen Berechnungsverfahren können auf die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Gebäudewänden (U-Wert) und des Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten (H-Wert) angewandt werden, die selbst für die Bestimmung der Gesamtwärmedämmung (K-Grad) und des Primärenergieverbrauchs (E_w-Grad) verwendet werden.

Die Berechnungsverfahren beziehen sich auf die Ermittlung:

- des U-Werts von opaken Bauteilen mit homogener und nicht homogener Schichtung und mit Luftschichten;
- des U-Werts von transparenten Bauteilen (Verglasungen, Fenster, Türen und ihre Bestandteile);
- des Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten (Transmission nach außen, direkt, durch angrenzende nicht beheizte Räume und über das Erdreich).

3 Normative Verweise

Bei datierten Normen gilt nur die angegebene Version, soweit der Staat nicht ausdrücklich eine andere Ersatzversion angibt. Bei nicht datierten Normen gilt die aktuellste Version, unter Berücksichtigung der für die Bestimmung der Produkteigenschaften geltenden Regeln.

NBN EN 673	Glass in buildings. Determination of thermal transmittance. Calculation method. *(Glas im Bauwesen - Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) – Berechnungsverfahren)*
NBN EN 674	Glass in buildings. Determination of thermal transmittance. Guarded hot plate method. *(Glas im Bauwesen - Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) - Verfahren mit dem Plattengerät)*
NBN EN 675	Glass in buildings. Determination of thermal transmittance. Heat flow meter method. *(Glas im Bauwesen - Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) - Wärmestrommesser-Verfahren)*
NBN EN 1051-2	Glass in buildings. Glass blocks and glass paver units. Part 2: evaluation of conformity. *(Glas im Bauwesen - Glassteine und Betongläser - Teil 2: Konformitätsbewertung/Produktnorm)*
NBN EN 1745	Masonry and masonry products. Methods for determining design thermal values. *(Mauerwerk und Mauerwerksprodukte - Verfahren zur Ermittlung von Wärmeschutzrechenwerten)*
NBN EN 1934	Thermal performance of buildings. Determination of thermal resistance by hot box method using heat flow meter. Masonry. *(Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Messung des Wärmedurchlasswiderstandes; Heizkastenverfahren mit dem Wärmestrommesser – Mauerwerk)*
NBN EN ISO 6946:2008	Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method. *(Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren)*
ISO 8301:1991	Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Heat flow meter apparatus *(Wärmeschutz; Bestimmung des stationären Wärmedurchlasswiderstandes und verwandter Eigenschaften; Verfahren mit dem Wärmestrommeßplatten-Gerät)*
ISO 8302:1991	Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Heat flow meter apparatus (Wärmeschutz; Bestimmung des stationären Wärmedurchlasswiderstandes und verwandter Eigenschaften; Verfahren mit dem Plattengerät)
NBN EN ISO 8990	Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Calibrated and guarded hot box method *(Wärmeschutz; Bestimmung des stationären Wärmedurchlasswiderstandes und verwandter Eigenschaften; Verfahren mit dem kalibrierten und dem geregelten Heizkasten)*
NBN EN ISO 10077-1:2006	Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance - Part 1: General. *(Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und*

	Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 1: Allgemeines)
NBN EN ISO 10077-2	Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance - Part 2: General. *(Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen)*
NBN EN ISO 10211:2008	Thermal bridges in building constructions - Heat flows and surface temperatures - Detailed calculations. *(Wärmebrücken im Hochbau - Wärmeströme und Oberflächentemperaturen - Detaillierte Berechnungen)*
NBN EN ISO 10456	Thermal insulation - Building materials and products - Determination of declared and design values. *(Wärmeschutz. Baustoffe und Bauprodukte. Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte)*
NBN EN 12412-2	Thermal performance of windows, doors and shutters - Determination of thermal transmittance by hot box method - Part 2: frames. *(Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens - Teil 2: Rahmen)*
NBN EN ISO 12567-1	Thermal performance of windows, doors and shutters - Determination of thermal transmittance by hot box method. (Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens - *Teil 1: Komplette Fenster und Türen)*
NBN EN ISO 12567-2	Thermal performance of windows, doors and shutters - Determination of thermal transmittance by hot box method. (Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens - Teil *2: Dachflächenfenster und andere auskragende Fenster)*
NBN EN 12428	Industrial, commercial and garage doors - Thermal transmittance - Requirements for the calculation
NBN EN 12664	Thermal performance of building materials - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Dry and moist products of medium and low thermal resistance. *(Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten - Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät - Trockene und feuchte Produkte mit mittlerem und niedrigem Wärmedurchlasswiderstand)*
NBN EN 12667	Thermal performance of building materials - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Dry and moist products of medium and low thermal resistance. *(Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten - Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät - Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand)*

NBN EN 12939	Thermal performance of building materials - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Dry and moist products of medium and low thermal resistance. *(Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten - Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät – Dicke Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand)*
NBN EN 12835	Shutters and blinds - Determination of air permeability. *(Luftdichte Abschlüsse. Prüfung der Luftdurchlässigkeit)*
NBN EN ISO 13370:2008	Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground - Calculation methods. *(Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Wärmeübertragung über das Erdreich - Berechnungsverfahren)*
NBN EN 13125	Shutters and blinds - Additional thermal resistance - Allocation of a class of air permeability to a product. *(Abschlüsse - Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand - Zuordnung einer Luftdurchlässigkeitsklasse zu einem Produkt)*
NBN EN ISO 13789:2008	Thermal performance of buildings - Transmission heat loss coefficient - Calculation method. *(Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Spezifischer Transmissions- und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren)*
NBN EN 13947:2007	Thermal performance of curtain walling - Calculation of thermal transmittance - Simplified method. *(Wärmetechnisches Verhalten von Vorhangfassaden - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten)*

4 Begriffsbestimmung, Einheiten und Symbole

4.1 Begriffsbestimmung

- **GEE-Erlass:** Erlass der wallonischen Regierung vom 17. April 2008 zur Festsetzung des Berechnungsverfahrens und der Anforderungen, der Zulassungen und der Sanktionen in Sachen Energieeffizienz und Innenraumklima von Gebäuden, einschließlich eventuellen späteren Änderungen.
- **Keller:** Benutzbarer Teil eines Bauwerks, dessen Außenwände mindestens 70% Bodenkontakt besitzen.

  ANM.: Dieser Raum kann beheizt oder unbeheizt sein.
- **Wärmeverlustkoeffizient:** Der aus einem Teil der Gebäudehülle abfließende Wärmestrom, dividiert durch die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Umgebungen, die durch den betreffenden Gebäudeteil thermisch gekoppelt oder verbunden sind.
- **Transmissionswärmedurchgangskoeffizient (H_T), in W/K:** Der Wärmestrom durch Transmission, der in stationärem Zustand zwischen einem (beheizten) Innenraum und der Außenumgebung entsteht, dividiert durch die Temperaturdifferenz zwischen der Innen- und der Außenumgebung (wobei beide Temperaturen als gleichmäßig angenommen werden).
- **Lüftungswärmedurchgangskoeffizient (H_V), in W/K:** Der Wärmestrom durch Lüftung zwischen dem Innenraum und der Außenumgebung, dividiert durch die Temperaturdifferenz zwischen der Innen- und der Außenumgebung.
- **Wärmedurchgangskoeffizient (U), in W/m².K:** Die Menge an Wärmeenergie, die im stationären Zustand über eine Flächeneinheit durch ein Bauteil durchgelassen wird, dividiert durch die Temperaturdifferenz zwischen den Umgebungen auf jeder Seite des betroffenen Bauteils.
- **Wärmeleitfähigkeit (λ_U), in W/m.K:** Der Rechenwert der Wärmestromdichte in stationärem Zustand durch einen Baustoff oder ein Bauprodukt, unter bestimmten ausgewählten Innen- und Außenbedingungen, die für die Leistungen des fraglichen Baustoffs oder -produkts in Einbausituation als typisch betrachtet werden können.
- **Thermisch homogene Schicht:** Bauteilschicht mit einer konstanten Dicke, mit gleichförmigen thermischen Eigenschaften, oder mit thermischen Eigenschaften, die als gleichförmig betrachtet werden können.
- **Wärmestromdichte (q), in W/m²:** Wärmestrom pro Flächeneinheit.
- **Typisches Bodenmaß (B'), in m:** Die Bodenfläche geteilt durch den halben Bodenumfang.
- **Außenmaß:** Auf der Gebäudeaußenseite genommenes Maß.
- **Innenmaß:** Von einer Wand zur anderen oder vom Boden zur Decke in einem Gebäudeinnenraum genommenes Maß.
- **Beheizter (gekühlter) Raum:** Räume oder Bereiche, die auf eine bestimmte Temperatur erwärmt (gekühlt) werden.
- **Emissionsfaktor (ε):** Das Verhältnis zwischen der von der Oberfläche bei einer bestimmten Temperatur abgestrahlten Energie im Infrarot-Bereich und der bei der gleichen Temperatur von einem schwarzen Körper abgestrahlten Energie im Infrarot-Bereich.
- **Wärmestrom (Φ), in W:** Je Zeiteinheit übertragene Wärmemenge.
- **Gebäudeteil, Bauteil:** Teil eines Gebäudes, wie Wand, Boden, Dach.
- **Bodenplatte auf Erdreich:** Auf ihrer gesamten Fläche erdanliegende Bodenplatte.
- **Aufgeständerte Bodenplatte:** Bodenplatte, die vollständig über der Geländeoberkante liegt, so dass eine Luftschicht zwischen der Bodenplatte und dem Erdreich entsteht.

ANM.: Diese Luftschicht, auch Kriechkeller genannt, kann belüftet sein oder auch nicht, und sie ist im Allgemeinen nicht Teil des geschützten Volumens eines Gebäudes.

- **Produkt:** Gebrauchsfertige Endform eines Baustoffs mit bestimmten Formen und Maßen, versehen mit einer Beschichtung oder einem Coating.
- **Baustoff:** Teil eines Produkts, unabhängig von der Form und den Maßen und ohne Beschichtung oder Coating.
- **Wärmedurchlasswiderstand (R), in m².K/W:** Umgekehrter Wert des Wärmedurchgangskoeffizienten eines Bauteils unter bestimmten ausgewählten Innen- und Außenbedingungen, die für die Leistungen des fraglichen Bauteils als typisch betrachtet werden können.
- **Bezugsaußentemperatur:** Die Temperatur der Außenluft bei vollständig bedecktem Himmel.
- **Bezugsinnentemperatur:** Resultierende Trockentemperatur in einem Raum.
- **Resultierende Trockentemperatur:** Berechneter Mittelwert aus der trocken gemessenen Innenlufttemperatur und der mittleren Strahlungstemperatur aller innenraumumschließenden Wände.
- **(thermischer) Rechenwert:** Wert einer thermischen Eigenschaft eines Baustoffs oder eines Bauprodukts unter bestimmten ausgewählten Innen- und Außentemperatur- und -feuchtigkeitsbedingungen, die für die Leistungen des fraglichen Baustoffs oder -produkts als typisch betrachtet werden können, wenn es in einen Teil der baulichen Anlage eingebaut wird.

  ANM.: Ein Bauprodukt oder Baustoff kann je nach Anwendung unterschiedliche Rechenwerte haben.
- **(thermischer) Nennwert:** Erwarteter Wert einer thermischen Eigenschaft eines Baustoffs oder eines Bauprodukts, der sich aus den unter Bezugstemperatur- und -feuchtigkeitsbedingungen gemessenen Werten ergibt, für einen bestimmten Anteil und Zuverlässigkeitsgrad und eine unter normalen Bedingungen angemessene Lebensdauer.

4.2 Symbole und Einheiten

Symbol	Bedeutung	Einheiten
A	Fläche	m^2
B'	Charakteristisches Bodenplattenmaß	m
G_w	Korrekturwert (fließendes Grundwasser)	-
H	Transmissionswärmedurchgangskoeffizient	W/K
P	Umfang (erdanliegende Wände)	m
R	Wärmedurchlasswiderstand einer Bauteilschicht	$m^2.K/W$
R_g	Wärmedurchlasswiderstand einer Luftschicht in einer Wand	$m^2.K/W$
R_s	Wärmedurchlasswiderstand einer Luftschicht zwischen Fenstern	$m^2.K/W$
R_{si}	Innerer Wärmeübergangswiderstand	$m^2.K/W$
R_{se}	Äußerer Wärmeübergangswiderstand	$m^2.K/W$
R_T	Wärmedurchgangswiderstand einer Wand	$m^2.K/W$
U	Wärmedurchgangskoeffizient	$W/(m^2.K)$
V	Rauminhalt	m^3
a	Korrekturterm, Reduktionsfaktor	-
b	Breite	m
c	Spezifische Wärmekapazität	J/kgK
d	Dicke (einer Bauteilschicht), Länge (einer mechanischen Befestigung)	m
f	Anteil, Faktor	-
h	Höhe	-
l	Umfang, Länge	m
m	Gewicht	kg
n	Luftwechselrate	h^{-1}
w	Wanddicke	m
z	Tiefe	m
ε_n	Normaler Emissionsgrad einer Verglasung	-
λ	Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffs	W/(m.K)
ΔR	Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand eines Fensterladens	$m^2.K/W$
ΔU	Korrekturterm für den U-Wert	$W/(m^2.K)$
χ	Koeffizient der Wärmeübertragung pünktlich	W/K
Ψ	Koeffizient der Wärmeübertragung linear	W/(m.K)
ρ	Dichte, Massendichte	kg/m^3

5 Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstands (R) von Bauteilschichten

5.1 Allgemeine Grundsätze

Der allgemeine Grundsatz für die Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstands (R-Wert) von Bauteilen lautet:

- zuerst den Wärmedurchlasswiderstand jeder homogenen Schicht des Bauteils bestimmen,
- dann die einzelnen Wärmedurchlasswiderstände der Bauteile addieren, um den Wärmedurchgangswiderstand zu erhalten, einschließlich möglicher innerer und äußerer Wärmeübergangswiderstände des Bauteils.

Die Wärmedurchlasswiderstände der homogenen Bauteilschichten sind in § 5.2 und die Werte der Wärmeübergangswiderstände (R_{si} und R_{se}) sind in § 5.3 angegeben.

Luftschichten in Bauteilen (z. B. Hohlraum einer Hohlwand) gelten im Rahmen dieses Dokumentes als homogene Schichten. Die Wärmedurchlasswiderstandswerte der Luftschichten sind in § 5.4 angegeben.

Der Wärmedurchgangswiderstand eines Bauteils (R_T) ist gemäß § 6.1 (Wand mit homogener Schichtung) oder gemäß § 6.2 (Wand mit einer oder mehreren inhomogenen Schichten) und der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) ist gemäß § 7.1 zu bestimmen.

Für die berechneten U-Werte gedämmter Bauteile sind mögliche Korrekturen vorgesehen, um den ausgewählten Einbau der jeweiligen Dämmstoffe zu berücksichtigen, wie Durchdringung durch mechanische Befestigungselemente (siehe § 7.2.3) oder Niederschläge auf Umkehrdächern (siehe § 7.2.4).

ANM. Bei der Berechnung der Transmissionsverluste wird als Innentemperatur die resultierende Trockentemperatur und als Außentemperatur die Lufttemperatur angenommen.

5.2 Wärmedurchlasswiderstand von homogenen Bauteilschichten

Die Bestimmung des Rechenwerts der Wärmeleitfähigkeit (λ_U-Wert) oder des Wärmedurchlasswiderstands (R-Wert) von Baustoffen hat gemäß Anhang A oder B zum vorliegenden Text zu erfolgen.

Wenn die Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffs bekannt ist, kann der Wärmedurchlasswiderstand wie folgt bestimmt werden:

Gl. 1 $$R = \frac{d}{\lambda_U}$$ $m^2.K/W$

Dabei ist:

d Dicke des Baustoffs, in m;

λ_U Wärmeleitfähigkeit des Baustoffs, in W/(m.K).

5.3 Wärmeübergangswiderstände von Oberflächen in Kontakt mit Luft

Bei ebenen Oberflächen, und wenn keine spezifischen Informationen über die Randbedingungen vorliegen, können die Bemessungswerte der Wärmeübergangswiderstände R_{si} (innen) und R_{se} (außen) in Tabelle 1 verwendet werden. Diese Werte gelten für luftberührende Oberflächen.

Tabelle [1]: Wärmeübergangswiderstände R_{si} und R_{se} von Oberflächen in Kontakt mit Luft (in m²K/W)

	Richtung des Wärmestroms		
	aufwärts	**horizontal(1)**	**abwärts**
R_{si} m².K/W	0,10	0,13	0,17
R_{se} m².K/W	0,04	0,04	0,04
(1) gilt für eine Wärmestromrichtung, die nicht mehr als ± 30° von der Horizontalen abweicht			

NOTE Die genauen Verfahren für Sonderfälle (R_{si}- und R_{se}-Werte für Oberflächen mit niedrigem Emissionsgrad, bei speziellen Windgeschwindigkeiten und bei unebenen Oberflächen) sind in Anhang A der Norm NBN EN ISO 6946 angegeben. Im Rahmen der GEE-Reglementierung muss üblicherweise immer mit einer Windgeschwindigkeit von 4 m/s gerechnet werden, mit h_{r0} bei einer Temperatur von 10 °C, wie in dieser Norm bestimmt.

5.4 Wärmedurchlasswiderstand von Luftschichten

5.4.1 Einleitung

Der Wärmedurchlasswiderstand einer Luftschicht hängt ab von der Art der Luftschicht, von der Wärmestromrichtung durch die Luftschicht, von seiner Dicke, der Geometrie und der Neigung der Luftschicht, vom Emissionsgrad der sie einfassenden Oberflächen und von den Belüftungsmöglichkeiten der Luftschicht. Je nach Fall, kann der Wärmedurchlasswiderstand der Luftschicht entweder anhand von Versuchen oder Berechnungen exakt bestimmt werden, oder es können tabellierte Standardwerte gewählt werden.

In bestimmten Fällen wird der Wärmedurchlasswiderstand der Luftschicht oder des Hohlraums nicht einzeln berechnet sondern ist im U-Wert des Bauteils enthalten, in dem sich diese Luftschicht oder dieser Hohlraum befindet (dies ist der Fall bei z. B. Lochziegel, Hohlblocksteine, Verglasungen, Rahmen, …).

ANM.: Mehr als 300 mm dicke Luftschichten sind als angrenzende unbeheizte Räume zu behandeln.

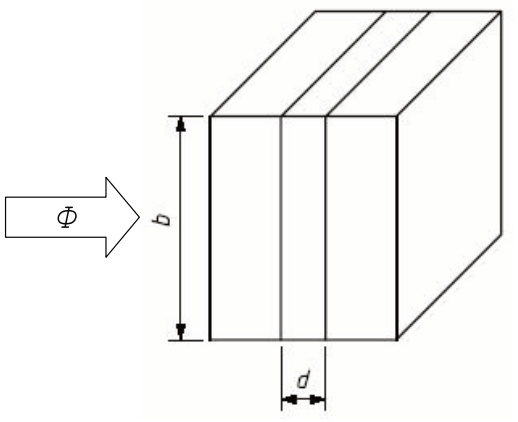
5.4.2 Normale Luftschichten in Wänden, Dächern und Böden

5.4.2.1 Bedingungen

Die in diesem Paragraphen (§ **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) behandelten Wärmedurchlasswiderstandswerte der Luftschichten gelten für Luftschichten, die jeweils den nachstehenden Bedingungen entsprechen (siehe Abb. [1]):

- die Luftschicht muss von zwei parallelen Flächen eingefasst sein, die lotrecht zur Wärmestromrichtung verlaufen und deren Oberflächen einen hohen Emissionsgrad aufweisen (nicht reflektierend - eine Anforderung der die meisten Baustoffe entsprechen);
- die Dicke der Luftschicht (gemessen in Wärmestromrichtung) darf 300 mm nicht überschreiten;
- das Verhältnis zwischen der Dicke und der Länge (d/L) und das Verhältnis zwischen der Dicke und der Breite (d/b) der Luftschicht darf nicht größer sein als 0,1;
- ein Luftaustausch zwischen der Luftschicht und der Innenumgebung darf nicht möglich sein.

Abb. [1]: Normale Luftschicht



Φ: Richtung des Wärmestroms

d: Dicke der Luftschicht
b: Breite oder Höhe
L: Länge

d ≤ 300 mm
d/b ≤ 0,10 und d/L ≤ 0,10

Bei Luftschichten zwischen einer oder mehreren Oberflächen mit niedrigem Emissionsgrad (reflektierend) finden Anhang B.2 und B.3 der Norm NBN EN ISO 6946 Anwendung. Zu berücksichtigen ist der einer Temperatur von 10 °C entsprechende Wert von h_{r0}, und der Wert von h_a ist Tabelle B.1 dieser Norm zu entnehmen. Die Definitionen h_{10} und h_a werden in dieser selben Norm gegeben.

Die Rechenwerte des Wärmedurchlasswiderstands von Luftschichten sind in § 5.4.2.2 (ruhende Luftschichten, Normalfall mit Oberflächen mit hohem Emissionsgrad) und in § 5.4.2.3 (idem, aber mit schwach belüfteten Luftschichten) angegeben. Das Berechnungsverfahren für stark belüftete Luftschichten ist in § 5.4.2.4 angegeben.

ANM.: Luftschichten, die nicht hermetisch von der Innenumgebung abgeschlossen sind, werden als Teil der beheizten Innenumgebung betrachtet, mit der sie durch Öffnungen, Spalte oder Fugen verbunden sind. Der Wärmedurchlasswiderstand der Bauteile zwischen diesen Luftschichten und der Innenumgebung wird daher nicht berücksichtigt.

5.4.2.2 Ruhende Luftschichten

Eine ruhende Luftschicht ist eine Luftschicht, durch die kein Luftstrom nach außen möglich ist. Bei Wänden mit einer Luftschicht mit kleinen Öffnungen zur Außenumgebung, gilt diese Luftschicht als ruhend, wenn die drei nachstehenden Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

- keine Dämmschicht zwischen der Luftschicht und der Außenumgebung;
- die Öffnungen zur Außenumgebung in dieser Luftschicht müssen so angeordnet sein, dass ein Luftstrom durch die Luftschicht nicht möglich ist;
- die Öffnungsgröße darf 500 mm² je m Länge bei vertikalen Luftschichten und 500 mm² je m² Oberfläche bei horizontalen Luftschichten nicht überschreiten.

Die Wärmedurchlasswiderstände von normalen ruhenden Luftschichten, die durch Oberflächen mit hohem Emissionsgrad abgeschlossen sind, sind in Tabelle 2 in Abhängigkeit von der Dicke der Luftschicht und der Richtung des Wärmestroms angegeben.

Tabelle 1 - Wärmedurchlasswiderstand (in m^2.K/W) von ruhenden Luftschichten, die durch Oberflächen mit hohem Emissionsgrad abgeschlossen sind (Normfall)

Dicke d der Luftschicht [mm]	Richtung des Wärmestroms		
	Aufwärts	horizontal(1)	abwärts
0 < d < 5	0,00	0,00	0,00
5 ≤ d < 7	0,11	0,11	0,11
7 ≤ d < 10	0,13	0,13	0,13
10 ≤ d < 15	0,15	0,15	0,15
15 ≤ d < 25	0,16	0,17	0,17
25 ≤ d < 50	0,16	0,18	0,19
50 ≤ d < 100	0,16	0,18	0,21
100 ≤ d < 300	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23
(1) Gültig für eine Richtung des Wärmestrom, der um nicht als ± 30 ° aus der Horizontalen abweicht			

5.4.2.3 Schwach belüftete Luftschichten

Eine Luftschicht gilt als schwach belüftet, wenn der Luftaustausch mit der Außenumgebung begrenzt ist. Dies ist der Fall, wenn die Größe der Belüftungsöffnungen die folgenden Bedingungen erfüllt:

- > 500 mm² aber ≤ 1500 mm² je m Länge (vertikale Luftschichten);
- > 500 mm² aber ≤ 1500 mm² je m² Oberfläche (horizontale Luftschichten).

Die Belüftungswirkung ist abhängig von der Größe und der Verteilung der Belüftungsöffnungen. Der Wärmedurchlasswiderstand eines Bauteils mit einer schwach belüfteten Luftschicht kann üblicherweise wie folgt berechnet werden:

Gl. 2 $$R_T = \frac{1500 - A_V}{1000} . R_{T,u} + \frac{A_V - 500}{1000} . R_{T,v}$$ m².K/W

Dabei ist:

A_v die Größe der Belüftungsöffnungen, pro Längeneinheit, in mm²/m (vertikale Luftschichten) oder pro Flächeneinheit in mm²/m² (horizontale Luftschichten);

$R_{T,u}$ der Wärmedurchgangswiderstand desselben Bauteils, jedoch mit einer ruhenden Luftschicht, berechnet nach § 5.4.2.2, in m².K/W;

$R_{T,v}$ der Wärmedurchgangswiderstand desselben Bauteils, jedoch mit einer stark belüfteten Luftschicht, berechnet nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, in m².K/W.

Alternativ kann auch die alte Methode angewandt werden. In diesem Fall betragen die Bemessungswerte des Wärmedurchlasswiderstands der schwach belüfteten Luftschichten die Hälfte der entsprechenden Werte nach Tabelle 2 (nur gültig bei Oberflächen mit hohem Emissionsgrad). Wenn der Wärmedurchgangswiderstand der Bauteilschichten (von Oberfläche zu Oberfläche) zwischen der Luftschicht und der Außenumgebung 0,15 m^2.K/W überschreitet, muss mit einem Höchstwert von 0,15 m².K/W gerechnet werden.

5.4.2.4 Stark belüftete Luftschichten

Eine Luftschicht gilt als stark belüftet, wenn die Öffnungen zwischen Luftschicht und Außenumgebung die folgenden Bedingungen erfüllen:

- > 1500 mm² je m Länge (vertikale Luftschichten);
- > 1500 mm² je m² Oberfläche (horizontale Luftschichten).

Der Wärmedurchlasswiderstand der Luftschicht und aller anderen Bauteilschichten zwischen dieser Luftschicht und der Außenumgebung wird bei der Berechnung des Wärmedurchgangswiderstands eines Bauteils mit seiner stark belüfteten Luftschicht vernachlässigt. Darüber hinaus wird der R_{se}-Wert durch den R_{si}-Wert ersetzt.

5.4.3 Sonstige Luftschichten

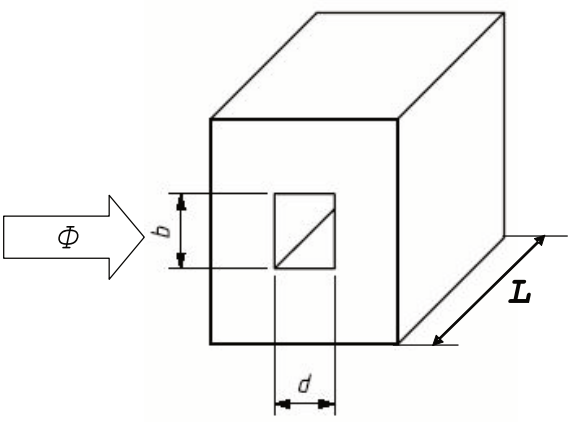
Luftschichten oder Hohlräume können wesentlicher Bestandteil eines Produkts sein, zum Beispiel in Doppelverglasungen oder Lochziegeln. Der Einfluss der Luftschicht oder des Hohlraums ist in den Produkteigenschaften enthalten (U-Wert oder äquivalenter λ-Wert). Aus diesem Grund werden sie hier nicht berücksichtigt.

Luftschichten in Verbund- oder Doppelfenstern werden unter Punkt § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** behandelt. Luftschichten zwischen Fenstern und Fensterläden werden unter Punkt § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** behandelt.

5.4.3.1 Hohlräume oder Luftspalte

Diese Art von Hohlraum kann zum Beispiel zwischen den Dachsparren auftreten.

Abb. [2]: Rohrförmige Hohlräume



Φ: Richtung des Wärmestroms

d: Dicke des Luftraums
b: Breite oder Höhe
L: Länge

d ≤ 300 mm
d/L > 0,10 und/oder d/b > 0,10

Die Berechnung des Wärmedurchlasswiderstands kleiner, rohrförmiger, unbelüfteter Lufträume (Hohlräume, Luftspalte) ist in Anhang B.4 der Norm NBN EN ISO 6946 angegeben. Bei dieser Art von Luftraum ist das Verhältnis zwischen der Dicke und der Länge (oder Breite) größer als 0,1. Ein solcher Luftraum ist in Abb. [2] dargestellt.

5.5 Wärmedurchlasswiderstand von Luftschichten (Lufträumen) mit einer Dicke von mehr als 300 mm

Luftschichten mit einer Dicke von mehr als 300 mm gelten als unbeheizte Nachbarräume. Im Rahmen der GEE-Reglementierung sind sie nach Anhang A und I des GEE-Erlasses zu behandeln.

6 Bestimmung des Wärmedurchgangswiderstandes (RT) von Bauteilen

6.1 Bauteile aus homogenen Schichten

Der Wärmedurchgangswiderstand R_T (von Umgebung zu Umgebung) eines ebenen Bauteils aus thermisch homogenen Schichten, die senkrecht zum Wärmestrom verlaufen, wird wie folgt berechnet:

Gl. 3 $R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \ldots + R_n + R_{se}$ $m^2.K/W$

Dabei ist:

R_{si}	der innere Wärmeübergangswiderstand, in $m^2.K/W$;
R_1, R_2, …, R_n	der Wärmedurchlasswiderstand jeder Bauteilschicht, in $m^2.K/W$;
R_{se}	der äußere Wärmeübergangswiderstand, in $m^2.K/W$.

ANM. 1: Wenn R_T als Endergebnis angegeben wird, muss dieser Wert auf 2 Dezimalstellen gerundet werden.

ANM. 2: Die Gl. 3 gilt für Außenwände. Bei Innenwänden wird R_{se} in der Gl. 3 durch R_{si} ersetzt. Wenn der Wärmedurchgangswiderstand (von Oberfläche zu Oberfläche) berechnet werden muss, müssen beide R_s-Werte aus der Gl. 3 gestrichen werden.

ANM. 3: Die Oberfläche eines nicht ebenen Bauteils entspricht der in ebene Bauteile umgewandelten Oberfläche mit der gleichen projizierten Fläche. Es sind die Außenmaße des nicht ebenen Bauteils zu berücksichtigen.

6.2 Bauteile aus homogenen und inhomogenen Schichten

6.2.1 Anwendung

In den nachfolgenden Paragraphen wird ein vereinfachtes Verfahren für die Berechnung des Wärmedurchlasswiderstands von Bauteilen aus thermisch homogenen und inhomogenen Schichten erläutert.

Ein genaues Ergebnis kann unter Zuhilfenahme eines numerischen Verfahrens nach der Norm NBN EN ISO 10211 erzielt werden (siehe zusätzliche Erläuterung in Anhang G.2).

Die linearen und punktuellen Unterbrechungen, die einer Zwischenwand der Wärmeverlustfläche angehören und auf der Fläche verteilt sind, müssen zwingend bei der Berechnung des Gesamtwärmewiderstandes R_T der Zwischenwand der Wärmeverlustfläche berücksichtigt werden, und dies entweder über die vereinfachte Berechnungsmethode oder über die zahlenmäßige Methode gemäß NBN EN ISO 10211.

Das vereinfachte Verfahren kann in den nachstehenden Fällen nicht angewendet werden:

- wenn das Verhältnis zwischen dem oberen und dem unteren Widerstandswert (siehe unten) größer ist als 1,5,
- wenn Metall durch die Dämmschicht verläuft.

Wenn Metallbefestigungen vorhanden sind, kann das Verfahren zunächst so angewandt werden, als gäbe es keine Metallbefestigung, und das erzielte Ergebnis muss dann nach § 3.2 korrigiert werden.

6.2.2 Wärmedurchgangswiderstand eines Bauteils (Kombinationsverfahren)

Der Wärmedurchgangswiderstand R_T eines Bauteils aus thermisch homogenen und inhomogenen Schichten, die senkrecht zum Wärmestrom verlaufen, wird anhand des arithmetischen Mittelwerts des oberen und unteren Grenzwerts des Wärmedurchlasswiderstands bestimmt:

Gl. 4 $$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2}$$ m².K/W

Dabei ist:

R'_T der obere Grenzwert des Wärmedurchlasswiderstands, berechnet nach Gl. 5;

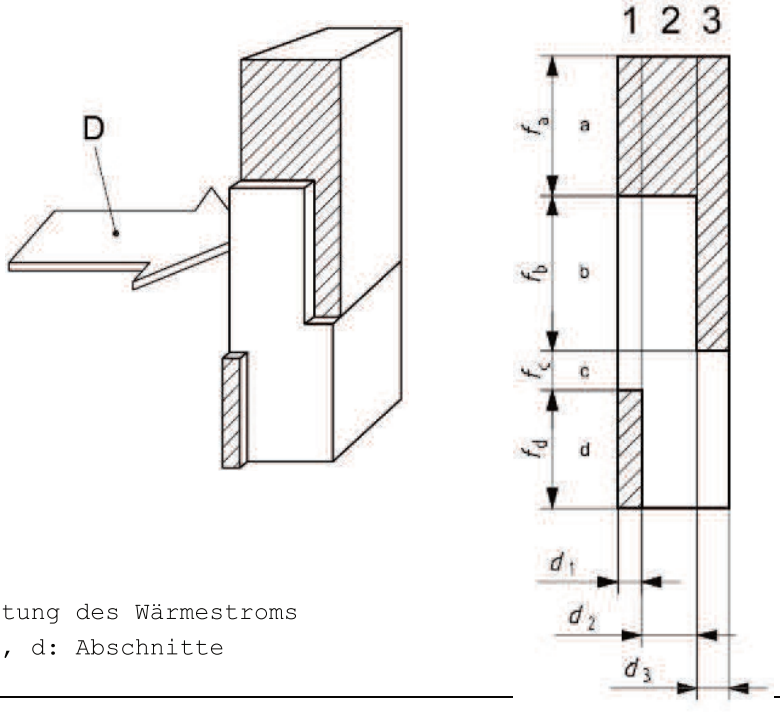
R''_T der untere Grenzwert des Wärmedurchlasswiderstands, berechnet nach Dann ist der untere Grenzwert des Wärmedurchlasswiderstands wie folgt zu bestimmen:

Gl. 7.

Die Berechnung des oberen und unteren Grenzwerts muss durch Aufteilung des Bauteiles in Abschnitte und Schichten ausgeführt werden (siehe Abb. [3]):

- Aufteilung des Bauteils in Abschnitte (a, b, c und d) mit den entsprechenden Flächen (A_a, A_b, A_c und A_d) und in Schichten (1, 2 und 3) mit den entsprechenden Dicken (d_1, d_2 und d_3);
- die Abschnitte (a, b, c, d) senkrecht zu den Oberflächen des Bauteiles bilden die Teilflächen (f_a, f_b, f_c bzw. f_d) der Gesamtfläche;
- die Schichten (1, 2, 3) parallel zu den Bauteiloberflächen haben die Dicke d_1, d_2 bzw. d_3;
- die thermisch homogenen Teile (a_1, …, d_3) haben jeweils eine Wärmeleitfähigkeit (λ_{a1}, …, λ_{d3}), eine Dicke (d_1, …, d_3), eine Teilfläche (f_a, …, f_d) und einen Wärmedurchlasswiderstand (R_{a1}, …, Rd_3);
- die Teilfläche eines Abschnitts ist sein Anteil an der Gesamtfläche. Folglich ist $f_a + f_b + … + f_d = 1$.

Abb. [3]: Abschnitte und Schichten eines thermisch inhomogenen Bauteils



D: Richtung des Wärmestroms
a, b, c, d: Abschnitte

1, 2, 3: Schichten

6.2.3 Grenzwerte

Für die Berechnung des **oberen Grenzwerts** des Wärmedurchlasswiderstands wird angenommen, dass der eindimensionale Wärmestrom senkrecht zu den Oberflächen des Bauteils verläuft. Der obere Grenzwert ist wie folgt zu berechnen:

Gl. 5 $$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \frac{f_c}{R_{Tc}} + \frac{f_d}{R_{Td}}$$ W/(m².K)

Dabei ist:

R_{Ta}, R_{Tb}, … die Wärmedurchgangswiderstände (von Umgebung zu Umgebung) jedes Abschnitts, in m².K/W, berechnet nach Gl. 3;

f_a, f_b, … die Teilflächen (Anteile) jedes Abschnitts, (-).

Für die Bestimmung des **unteren Grenzwerts** des Wärmedurchlasswiderstands wird angenommen, dass alle zu den Oberflächen des Bauteils parallelen Flächen isotherme Flächen sind.

Für jede thermisch inhomogene Bauteilschicht (1, 2, 3, …) ist ein äquivalenter Wärmedurchlasswiderstand R_j wie folgt zu bestimmen:

Gl. 6 $$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \frac{f_c}{R_{cj}} + \frac{f_d}{R_{dj}}$$ W/(m².K)

Dann ist der untere Grenzwert des Wärmedurchlasswiderstands wie folgt zu bestimmen:

Gl. 7 $R''_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \ldots\ldots + R_n + R_{se}$ m².K/W

ANM.: Im Rahmen der GEE-Reglementierung ist es auch zulässig, nur den unteren Grenzwert des Wärmedurchlasswiderstands zu berücksichtigen.

6.2.4 Fehlermarge

Ein Verfahren zur Berechnung des maximalen relativen Fehlers bei der Bestimmung des U-Werts ist in § 6.2.5 der Norm NBN EN ISO 6946 angegeben.

7 Wärmedurchgangskoeffizient (U) von opaken Bauteilen

7.1 Allgemeiner Ausdruck

Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) eines opaken Bauteils wird wie folgt ausgedrückt:

Gl. 8 $$U = \frac{1}{R_T}$$ W/(m².K)

Dabei ist:

R_T der gesamte thermische Widerstand eines Bauelementes, in m².K/W, berech nach Gl. 4.

Die bei der Berechnung des U-Werts angenommenen Eigenschaften sind zur Information zu übermitteln oder verfügbar zu halten.

ANM.: Wenn der U-Wert als Endergebnis angegeben wird, muss er auf 2 Dezimalstellen gerundet werden.

7.2 Korrektur des U-Werts

7.2.1 Allgemeine Bestimmungen

Der nach Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) eines opaken Bauteils wird wie folgt ausgedrückt:

Gl. 8 ermittelte U-Wert muss im Prinzip korrigiert werden, um folgende Einflüsse zu berücksichtigen:

- Luftspalte oder Hohlräume in den Dämmschichten,
- mechanische Befestigungselemente, die die Dämmschichten durchdringen;
- Niederschlag auf Umkehrdächern.

Der korrigierte U-Wert (U_c) ergibt sich nach:

Gl. 9 $$U_c = U + \Delta U$$ W/(m².K)

Der Korrekturterm ΔU ergibt sich nach:

Gl. 10 $$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$$ W/(m².K)

Dabei ist:

ΔU_g die Korrektur für Luftspalte und Hohlräume, in W/(m².K);

ΔU_f die Korrektur für mechanische Befestigungselemente, in W/(m².K);

ΔU_r die Korrektur für Umkehrdächer, in W/(m².K).

7.2.2 Korrektur des U-Werts für Luftspalte und Hohlräume in oder zwischen den Dämmschichten

Wenn Luftschichten, Luftspalte oder Hohlräume in Richtung des oder senkrecht zum Wärmestrom verlaufen, kann sich dies in bestimmten Fällen sehr negativ auf den tatsächlichen Wärmedurchlasswiderstand der Dämmschicht auswirken. Die Norm NBN EN ISO 6946 (Anhang D.2) unterscheidet eine Reihe von Mängelkategorien und legt Zuschläge fest.

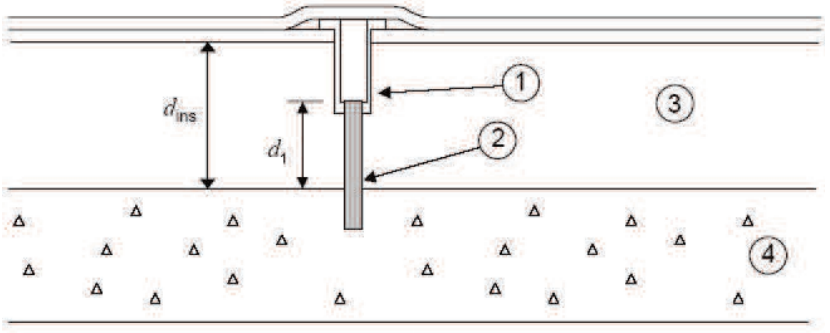
Da sich nur schwer eindeutig bestimmen lässt, welche Kategorie für ein Gebäude, für einen Gebäudeteil, … gilt, wurde beschlossen, diesen Effekt im Rahmen der GEE-Reglementierung nicht zur berücksichtigen. Daher gilt:

Gl. 11 $\Delta U_g = 0$ W/(m².K)

7.2.3 Korrektur für mechanische Befestigungselemente, die die Dämmschicht durchdringen

Wenn mechanische Befestigungselemente (z. B.: Mauerhaken, Dachbefestigungselemente, …) eine Dämmschicht durchdringen, kann die Auswirkung dieser Befestigungselemente anhand des numerischen Verfahrens nach der Norm NBN EN ISO 10211 immer genau berechnet werden. Dieses genaue Berechnungsverfahren ist immer dann anzuwenden, wenn beide Enden des mechanischen Befestigungselements mit einer Metallplatte in thermischem Kontakt stehen.

Abb. 1 – Eingelassenes mechanisches Befestigungselement



1 Kunststoffkappe
2 eingelassenes Befestigungselement
3 Dämmschicht
4 Dachplatte

In den anderen Fällen kann das folgende Verfahren der Überschlagsberechnung angewandt werden. Die Auswirkung des mechanischen Befestigungselements wird dabei mit dem wie folgt berechneten Korrekturterm ΔU_f bestimmt:

Gl. 12 $$\Delta U_f = \alpha . \frac{\lambda_f . A_f . n_f}{d_1} . \left[\frac{R_1}{R_{T,h}} \right]^2$$ W/(m².K)

Dabei ist:

d_1 Länge des Befestigungselements, in m, wie folgt bestimmt:

- bei Befestigungselementen, die die Dämmschicht vollständig durchdringen (im rechten oder schrägen Winkel) ist die Länge gleich der Dicke der Dämmschicht (d_{ins}): $d_1 = d_{ins}$,
- bei eingelassenen Befestigungselementen entspricht die Länge dem Teil des Befestigungselements, der die Dämmschicht durchdringt (siehe Abb. 1 – Eingelassenes mechanisches Befestigungselement);

λ_f Wärmeleitfähigkeit des mechanischen Befestigungselements (siehe ANM.);

n_f Anzahl der mechanischen Befestigungselement je, in m^{-2};

A_f Querschnitt eines mechanischen Befestigungselements, in m²;

λ_{ins} Wärmleitfähigkeit der Dämmschicht, in W/(m.K);

α Korrekturfaktor, wie folgt bestimmt:

- $\alpha = 0,8$ wenn das mechanische Befestigungselement die Dämmschicht vollständig durchdringt;

- $\alpha = 0,8 \cdot d_1/d_{ins}$ wenn das Befestigungselement in die Dämmschicht eingelassen ist (siehe Abb. 1 – Eingelassenes mechanisches Befestigungselement);

R_1 Wärmedurchlasswiderstand (des Teils) der Dämmschicht, der/die von dem mechanischen Befestigungelement durchdrungen wird ($R_1 = d_1/\lambda_{ins}$), in $m^2.K/W$;

$R_{T,h}$ Wärmedurchlasswiderstand des Bauteils, ohne Berücksichtigung irgendeiner Wärmebrücke, berechnet nach § 6.1.

ANM.: Bei Mauerhaken darf der Korrekturterm ΔU_f in den nachstehenden Fällen nicht angewandt werden:

- Mauerhaken in ungedämmten Luftspalten;
- Mauerhaken mit einer Wärmeleitfähigkeit (λ_f) von weniger als 1 W/m.K (z. B. Kunststoff).

Standardwerte für Mauerhaken (bei Hohlsteinmauern):

Für Mauerhaken können immer die nachstehenden Standardwerte angesetzt werden:

- Anzahl der Mauerhaken pro m^2: $n_f = 5\ m^{-2}$;
- Querschnitt eines Mauerhakens: $A_f = 1,3.10^{-5}\ m^2$ (∅ 4 mm);
- Wärmeleitfähigkeit des Mauerhakenwerkstoffs: $\lambda_f = 50$ W/(m.K) (Stahl)
- Länge des Mauerhakens = Dicke der Dämmschicht: $d_1 = d_{ins}$.

7.2.4 Korrekturverfahren für Umkehrdächer

7.2.4.1 Allgemeine Bestimmungen

Bei Umkehrdächern mit einer Dämmschicht auf der wasserabweisenden Dachhaut ist ein Korrekturterm ΔU_r zu berechnen, um die Auswirkung von Regenwasser zu berücksichtigen, das zwischen die Dämmschicht und die Dachabdichtung strömt. Dieses Korrekturverfahren ist im Prinzip nur zur Berechnung des Wärmedurchgangs anzuwenden, nicht für die Ermittlung des Kühlungsbedarfs. Im Rahmen der GEE-Reglementierung besteht immer (auch für Überhitzungen und die Ermittlung des Kühlbedarfs) die Möglichkeit der Berechnung mit dem Korrekturwert. Das nachstehende Verfahren gilt nur für Dämmschichten aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS).

7.2.4.2 Korrektur für strömendes Wasser zwischen Dämmschicht und Dachabdichtung

Der Korrekturterm ΔU_r, der anzuwenden ist, um den zusätzlichen Wärmeverlust zu berücksichtigen, der durch Regenwasser verursacht wird, das durch die Dämmschicht auf das Umkehrdach strömt, wird nach der folgenden Formel berechnet:

Gl. 13 $$\Delta U_r = p.f.x \cdot \left[\frac{R_1}{R_T}\right]^2 \quad W/(m^2.K)$$

Dabei ist:

p Durchschnittliche Niederschlagsmenge während der Heizperiode, in mm/Tag;

f Entwässerungsfaktor, der den Anteil an Regen, der die Dachabdichtung erreicht, (-);

x Faktor für den gestiegenen Wärmeverlust infolge von Regenwasser, das auf die Dachabdichtung strömt, in W.Tag/(m².K.mm);

R_1 Korrekturwert des Wärmedurchlasswiderstands der Dämmschicht aus XPS (R_{XPS}), um eine Feuchtezunahme durch Diffusion zu berücksichtigen, in m².K/W;

R_T Wärmedurchgangswiderstand des Daches, ohne Berücksichtigung irgendeiner Korrektur, in m².K/W.

Der Korrekturterm ΔU_r ist auf 2 Dezimalstellen zu runden. Werte unter 0,01 W/m²K sind zu vernachlässigen.

Standardwerte für Umkehrdächer:

Für Umkehrdächer mit XPS wurden die folgenden Parameter festgelegt:

- Niederschlagsmenge: p = 2,0 mm/Tag;
- Korrekturfaktor für den Wärmeverlust durch Niederschlag:
  - f.x = 0,04 W.Tag/(m².K.mm) bei Platten mit geraden Rändern und offener Beschwerung wie Kies, Ziegel oder einer werkseitig aufgebrachten Deckschicht;
  - f.x = 0,03 W.Tag/(m².K.mm) bei Platten mit Rillen und offener Beschwerung (wie Kies, Ziegel) oder einer werkseitig aufgebrachten Deckschicht;
  - f.x = 0,02 W.Tag/(m².K.mm) bei begrünten Dächern oder Dachgärten (in Erwartung präziser Zahlen).
- Korrigierter Wärmedurchlasswiderstand der XPS-Platten:
  - $R_1 = R_{XPS}/1,023$ (bei offener Beschwerung wie Kies, Ziegel oder einer werkseitig aufgebrachten Deckschicht);
  - $R_1 = R_{XPS}/1,069$ (bei gerüntem Dach oder Dachgarten)

  dabei wird R_{XPS} nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable**. berechnet.

7.3 Korrektur des R-Werts bei einer Dämmung aus PUR-Ortschaum

Da eine genaue Dicke schwer zu bestimmen ist, ist der Wärmedurchlasswiderstand R_{PUR} einer Dämmschicht aus PUR-Ortschaum wie folgt zu berechnen:

Gl. 14 $$R_{PUR} = a.\left(\frac{d_{PUR}}{\lambda_{Ui,PUR}}\right)$$ m².K/W

Dabei ist:

R_{PUR} der korrigierte Wärmedurchlasswiderstand der Dämmung aus in situ versprühtem PUR-Ortschaum, in m².K/W;

d_{PUR} die Dicke der Dämmschicht aus PUR-Ortschaum, in m;

$\lambda_{Ui,PUR}$ die Wärmeleitfähigkeit (Rechenwert) der in situ versprühten PUR-Dämmung, in W/(m.K), bestimmt nach Anhang A;

a ein Korrekturterm, (-), von:
- a = 0,925 (Anwendung für Fußboden),
- a = 0,850 (für sonstige Anwendungen).

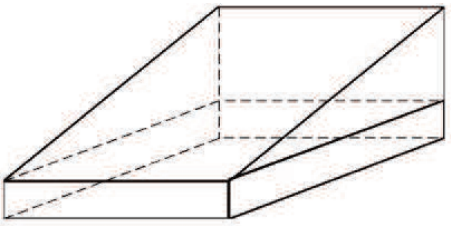
7.4 U-Wert eines keilförmigen Bauteils

7.4.1 Allgemeines Verfahren

Bei Bauteilen mit unregelmäßigen Formen und/oder keilförmigen Schichten (Abb. 5) verändert sich der Wärmedurchgangswiderstand über die Fläche des Bauteils, weshalb für das gesamte Bauteil ein mittlerer U-Wert bestimmt werden muss. Ein

vereinfachtes Bestimmungsverfahren besteht darin den Widerstand der keilförmigen Schicht zu vernachlässigen (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Abb. 2 – Bauteil mit einer geneigten Schicht

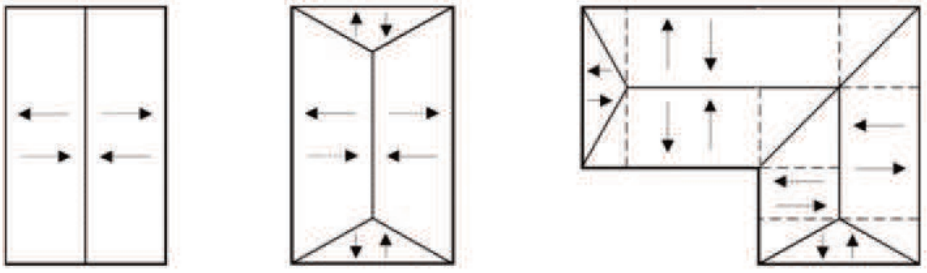


Der mittlere U-Wert solcher Bauteile ist wie folgt zu ermitteln:

- Zunächst ist das Bauteil in Teilstücke der drei gebräuchlich Formen und Neigungen nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** zu zerlegen; wie Dächer in Teilstücke zerlegt werden können, zeigt **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;
- dann ist für jedes Teilstück (entsprechend einer gebräuchlichen Form und mit einer eigenen Fläche) ein U-Wert anhand der in § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** angegebenen Formeln zu ermitteln;
- schließlich ist der U-Wert für das gesamte Bauteil aus den flächenanteilmäßig gewichteten U-Werten aller betroffenen Teilstücke zu ermitteln.

ANM.: Dieses Verfahren gilt für Bauteilschichten mit einer Neigung von nicht mehr als 5 %; andernfalls ist eine numerische Berechnung durchzuführen.

Abb. 3 – Beispiele für die Unterteilung von Dächern in Teilstücke



→ ↑ ← ↓: Neigungsrichtung (alle Richtungen sind möglich)

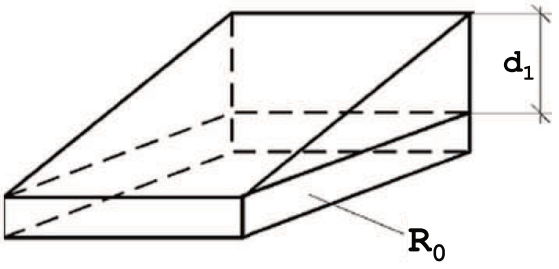
------: Unterteilung eines Daches in Teilstücke mit rechteckiger oder dreieckiger Grundfläche

7.4.2 Zerlegung in gebräuchliche Formen

Bauteile mit keilförmigen Teilen oder Schichten können in drei gebräuchliche Formen zerlegt werden, je nach Form der Projektion am Boden und Neigungsrichtung:

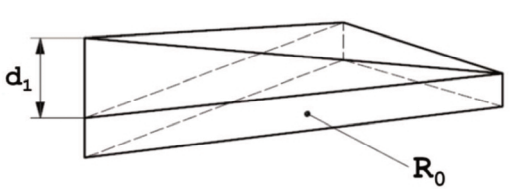
- ein Bauteil mit rechteckiger Fläche, bestehend aus einem Teil mit einer oder mehreren ebenen Bauteilschichten (mit einem Wärmedurchgangswiderstand R_0) und einem Teil mit einer keilförmigen Schicht (mit einer Dicke zwischen 0 und höchstens d_1);

Abb. [7]: Rechteckiges Bauteil, bestehend aus einem keilförmigen Teil und einem (verbleibenden) ebenen Teil

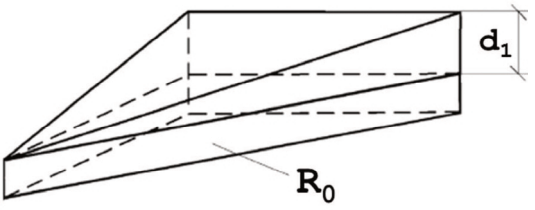


- ein Bauteil mit dreieckiger Fläche, bestehend aus einem Teil mit einer oder mehreren ebenen Bauteilschichten (mit einem Wärmedurchgangswiderstand R_0) und einem Teil mit einer keilförmigen Schicht, deren dickste Stelle (d_1) (Abb. [8] - links) oder deren dünnste Stelle (0) (Abb. [8] - rechts) am Scheitelpunkt liegt.

Abb. [8]: Bauteile mit dreieckiger Fläche, bestehend aus einem keilförmigen Teil und einem (verbleibenden) ebenen Teil



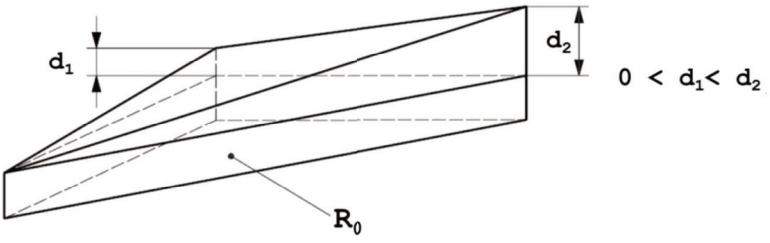
(dickste Stelle am Scheitelpunkt)



(dünnste Stelle am Scheitelpunkt)

- dreieckiges Bauelement, bestehend aus einem Teil mit einer oder mehreren ebenen Bauschichten (mit einem Gesamtwärmewiderstand von R0) und einem Teil aus einer geneigten Bauschicht, deren Spitzen jeweils über eine unterschiedliche Stärke verfügen (Stärke 0, Stärke d1 für die mittlere Schicht und Stärke d2 für die dickste Schicht) (Abb. [9]).

Abb. [9]: Dreieckige Bauelemente, bestehend aus einem geneigten Teil (mit unterschiedlichen Stärken an jeder Spitze) und einem (verbleibenden) ebenen Teil



7.4.3 Bestimmung des U-Werts für jede gebräuchliche Form

Der U-Wert kann für jede der drei vorgenannten gebräuchlichen Formen anhand der folgenden Formeln berechnet werden:

- Bauteile mit rechteckiger Fläche:

Gl. 15 $$U = \frac{1}{R_1}.\ln\left[1 + \frac{R_1}{R_0}\right]$$ W/(m².K)

- Bauteile mit dreieckiger Fläche:
  - dickste Stelle am Scheitelpunkt:

Gl. 16 $$U = \frac{2}{R_1}.\left[\left(1 + \frac{R_0}{R_1}\right).\ln\left(1 + \frac{R_1}{R_0}\right) - 1\right]$$ W/(m².K)

  - dünnste Stelle am Scheitelpunkt:

Gl. 17 $$U = \frac{2}{R_1}.\left[1 - \frac{R_0}{R_1}.\ln\left(1 + \frac{R_1}{R_0}\right)\right]$$ W/(m².K)

Dabei ist:

R_1 maximaler Wärmedurchlasswiderstand der keilförmigen Schicht (Dicke = 0 auf einer Seite mit einem Winkel), = d_1/λ_1 , mit d_1 [m] = maximale Dicke des keilförmigen Teils der Bauteilschicht (siehe Abb. [7] und Abb. [8]) und λ_1 [W/m.K] = Wärmeleitfähigkeit dieser Schicht;

R_0 Wärmedurchgangswiderstand des gesamten Bauteils, in m².K/W, berechnet von Umgebung zu Umgebung (einschließlich R_{si} und R_{se}), jedoch ohne den Wärmedurchlasswiderstand des keilförmigen Teils der Schicht (R_1).

- für dreieckige Bauelemente mit unterschiedlichen Stärken an jeder Spitze (Abb. [9]):

Gl. 18 $$U = 2.\left[\frac{R_0.R_1.\ln\left(1 + \frac{R_2}{R_0}\right) - R_0.R_2.\ln\left(1 + \frac{R_1}{R_0}\right) + R_1.R_2.\ln\left(\frac{R_0 + R_2}{R_0 + R_1}\right)}{R_1.R_2.(R_2 - R_1)}\right]$$ W/(m².K)

Dabei ist:

R_1 der Wärmewiderstand des geneigten Teils der Bauschicht am Spitzenwinkel mit einer mittleren Stärke von d_1 [m], in W/(m².K), gleich $R_1 = d_1/\lambda_t$, in der λ_t [W/m.K] die Wärmeleitfähigkeit dieser Schicht darstellt, in W/(m.K);

R_2 der maximale Wärmewiderstand des geneigten Teils der Bauschicht mit einer maximalen Stärke d_2 [m], in W/(m².K), gleich $R_2 = d_2/\lambda_t$, in der λ_t [W/m.K] die Wärmeleitfähigkeit dieser Schicht darstellt, in W/(m.K);

R_0 der Gesamtwärmewiderstand des gesamten Elements, in W/(m².K), das von einer Umgebung zur anderen berechnet wird (einschl. R_{si} und R_{se}), wobei der Wärmewiderstand des geneigten Teils der Bauschicht (R_1 und/oder R_2) ausgeschlossen wird.

7.4.4 Vereinfachte Bestimmung

Bei der vereinfachten Bestimmung des U-Werts von keilförmigen Bauteilen wird der Wärmedurchlasswiderstand R_1 des keilförmigen Teils der keilförmigen Bauteilschicht vernachlässigt und nur der Term R_0 berücksichtigt.

8 Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern und Türen

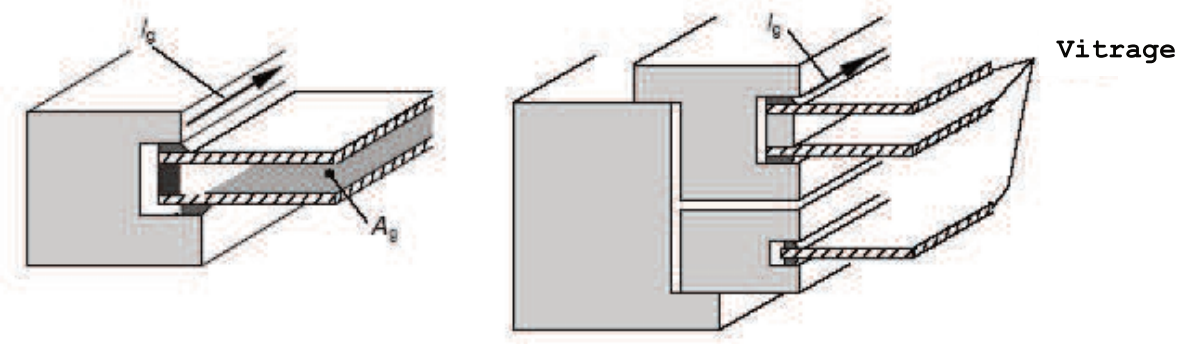
8.1 Geometrische Merkmale von Fenstern und Türen

8.1.1 Fläche der Fenster- und Türenteile

Die Fläche der Verglasung A_g oder die Fläche der opaken Füllung A_p eines Fensters oder einer Tür ist die kleinste sichtbare Fläche, von beiden Seiten betrachtet, wie in Abb. [10] dargestellt.

Die Fläche A_g der Verglasungen, die Fläche A_p der opaken Füllungen, die Fläche A_f der Fensterprofile und die Fläche A_r der Lüftungsgitter werden als sichtbare Fläche angesehen, die auf die Fläche[1] der Verglasungen oder opaken Füllungen projiziert werden.

Abb. [10]: Darstellung der Fläche und des Umfangs der Verglasung



Falls die projizierten Flächen der Innen- und Außenseite unterschiedlich sind, muss die Grenze zwischen den verschiedenen Bauteilen gemäß folgender konventioneller Regeln bestimmt werden:

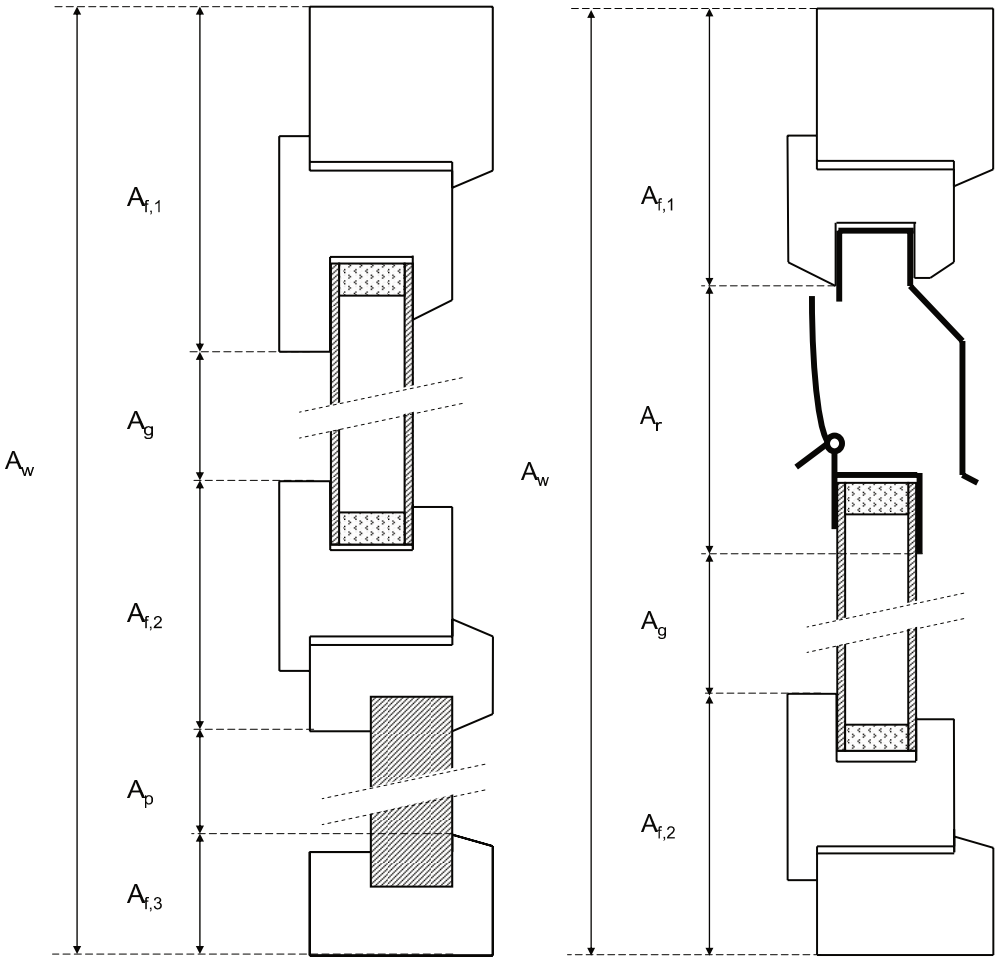
- die Grenze zwischen einem Fensterprofil und einem beliebigen anderen Bauteil muss so ausgewählt werden, dass die projizierte Fläche des Fensterprofils so groß wie möglich ist;
- die Grenze zwischen einem Lüftungsgitter und einer opaken Füllung oder einer Scheibe muss so ausgewählt werden, dass die projizierte Fläche des Lüftungsgitters so groß wie möglich ist;
- die Grenze zwischen einer opaken Füllung und einer Scheibe muss so ausgewählt werden, dass die projizierte Fläche der opaken Füllung so groß wie möglich ist.

Die auf diese Weise bestimmten Grenzen limitieren die konventionellen Flächen jedes Bauteils, wie in Abb. [11] gezeigt.

ANM.: Diese Regeln haben zur Folge, dass die Summe der individuellen Flächen jedes Bauteils der Gesamtfläche des Fensters entspricht.

[1] In (seltenen) Fällen muss die Projektion bei gewölbten Verglasungen oder opaken Füllungen auf der gewölbten Außenfläche der Scheibe oder Füllung stattfinden. Bei Bedarf wird die Projektionsfläche auf die tangentialen Räder ausgeweitet.

Abb. [11]: Veranschaulichung der Bestimmung der Flächen der verschiedenen Bauteile



8.1.2 Sichtbarer Umfang der Verglasung

Der Gesamtumfang der Verglasung (l_g) oder des Paneels (l_p) ist die Summe der sichtbaren Umfänge der Glasscheiben (oder des Paneele) des Fensters oder der Tür. Wenn die Umfänge auf der Innen- und der Außenseite der Verglasung oder des Paneels unterschiedlich sind, ist der größere der beiden Werte anzuwenden (siehe Abb. [10]).

8.1.3 Flächen der Rahmen

Die Definition der Flächen der Rahmen ist unten angegeben (siehe Abb. [12]):

$A_{f,i}$ Projektionsfläche des Rahmens auf der Innenseite, in m² (gleich Fläche der Projektion des Rahmens auf der Innenseite, einschließlich ggf. Flügelrahmen, parallel zur Verglasung);

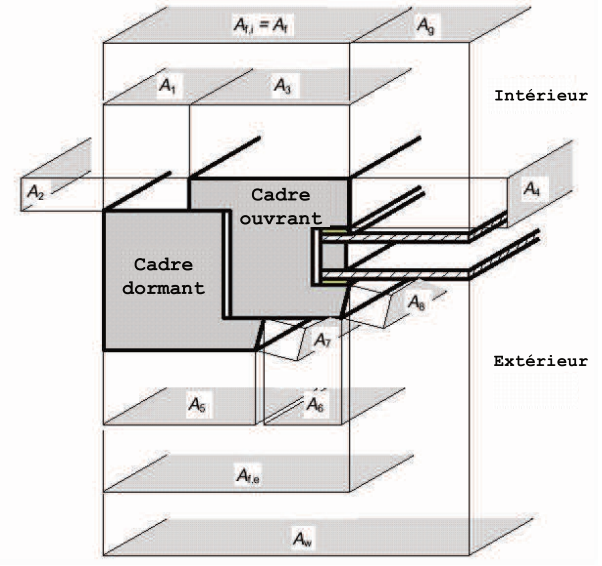
$A_{f,e}$ Projektionsfläche des Rahmens auf der Außenseite, in m² (gleich Fläche der Projektion des Rahmens auf der Außenseite, einschließlich ggf. Flügelrahmen, parallel zur Verglasung);

A_f Fläche des Rahmens, bestimmt gemäß den in § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** beschriebenen Konventionen;

$A_{d,i}$ abgewickelte Fläche des Rahmens auf der Innenseite (gleich Fläche des Rahmens einschließlich ggf. Flügelrahmen, in Berührung mit der Innenluft – siehe Abb. [13]);

$A_{d,e}$ abgewickelte Fläche des Rahmens auf der Außenseite (gleich Fläche des Rahmens einschließlich ggf. Flügelrahmen, in Berührung mit der Außenluft – siehe Abb. [13]).

Abb. [12]: Darstellung der verschiedenen Flächen



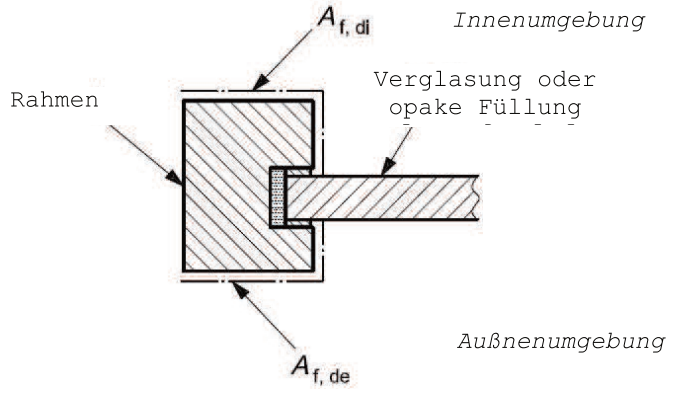
$A_f = \max(A_{f,i} ; A_{f,e})$

$A_w = A_f + A_g$

$A_{d,i} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$

$A_{d,e} = A_5 + A_6 + A_7 + A_8$

Abb. [13]: Abgewickelte Flächen der Rahmen



8.1.4 Fläche des Fensters oder der Tür

Die Fläche eines Fensters (oder einer Tür) A_w (A_D) ist die Summe aus der Fläche A_f des Rahmens und der Fläche A_g der Verglasung (und/oder der Fläche des Paneels A_p und /oder der Fläche A_r der Belüftungsgitter) (siehe Abb. [12]). Die Fläche des Rahmens A_f umfasst sowohl die Fläche des Blendrahmens als auch die Fläche des Flügelrahmens.

ANM.: Bei der Bestimmung des Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten H_T sind auch die Wärmeverluste durch Transmission durch die Türen und Fenster auf der Grundlage der Flächen der Fensteröffnungen zu berechnen (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

8.2 Allgemeines Verfahren für die Bestimmung des U-Werts von Fenstern und Türen

Der Wärmedurchgangskoeffizient eines Fensters (U_w) oder einer Tür (U_D) ist für die Situation vor dem Einbau zu bestimmen ("nacktes" Fenster oder "nackte" Tür), nach einem der nachstehenden Verfahren:

- entweder anhand von Versuchen nach NBN EN ISO 12567-1 (oder NBN EN ISO 12567-2 für Dachfenster). Die Versuche sind an genau demselben Fenster (oder genau derselben Tür) mit den gleichen Maßen und den gleichen Bestandteilen durchzuführen;
- oder (für Garagentore) durch Berechnung gemäß der NBN EN 12428. Die Berechnung an einer Tür von der gleichen Größe und Zusammensetzung gemacht werden müssen;
- oder mittels einer Berechnung (vereinfacht) oder Standardwerte , wie unten beschrieben.

Falls die Profilfunktionen von Fenster und Lüftungsgitter in ein und demselben Element integriert sind, wird dieses einzigartige Bauteil als Lüftungsgitter angesehen.

8.3 Normalfall: U-Wert von Einfachfenstern oder Einzeltüren

Einfachfenster[2] oder gewöhnliche Türen bestehen aus einem Blendrahmen mit einer Verglasung und/oder einem oder mehreren Blendrahmen und einem oder mehreren Flügelrahmen, worin die Verglasung sitzt (siehe Abb. [14]).

Es können mehrere Verglasungen Teil desselben Fensters (Tür) sein oder in demselben Blendrahmen sitzen. Opake Füllungen und Vorrichtungen für die Luftzufuhr können ebenfalls Teil eines Fensters oder einer Tür sein.

Abb. [14]: Darstellung eines Einfachfensters/einer Einfachtür



Der Wärmedurchgangskoeffizient eines Fensters (U_w) oder einer Tür (U_D) mit bekannten Abmessungen und verglasten Teilen und/oder opaken Füllungen und / oder des Belüftungsgitter ist im Allgemeinen nach folgender Formel zu bestimmen:

[2] "Einfach" ist hier im Gegensatz zu "Doppelfenster" und "Verbundfenster" zu verstehen (siehe nachfolgende Paragraphen).

Gl. 19 $$U_w(\text{oder } U_D) = \frac{A_g.U_g + A_f.U_f + A_p.U_p + A_r.U_r + l_g.\Psi_g + l_p.\Psi_p}{A_g + A_f + A_p + A_r}$$ W/(m².K)

Dabei ist:

U_g U-Wert der Verglasung, in W/(m².K), bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

U_f U-Wert des Rahmens, in W/(m².K), bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

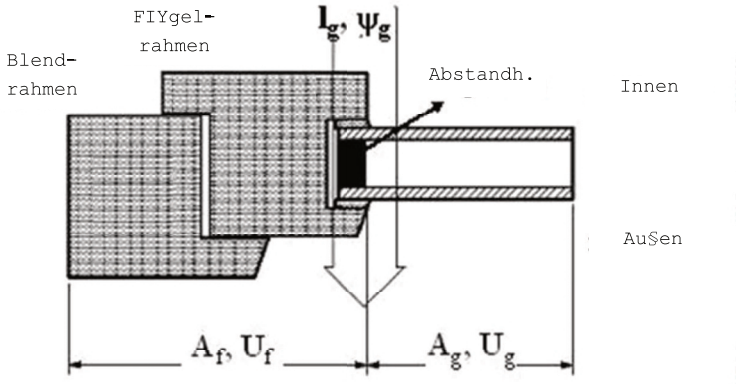
U_p U-Wert der opaken Füllung, in W/(m².K), bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

U_r U-Wert der Belüftungsgitter, in W/(m².K), bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

Ψ_g längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient unter Berücksichtigung der kombinierten Effekte von Verglasung, Abstandhalter und Rahmen (siehe Abb. [15]), in W/(m.K), bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

Ψ_p längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient unter Berücksichtigung der kombinierten Effekte von Füllung, Abstandhalter und Rahmen, in W/(m.K), bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

Abb. [15] Effekt von Verglasung, Abstandhalter und Rahmen



ANM. 1: Bei einer Einfachverglasung fällt der Term ($l_g.\Psi_g$) der Gl. 19 weg, da es keinen Effekt des Abstandhalters gibt.

ANM. 2: Die Gl. 19 kann auch für Fenster aus mehreren Arten von Verglasungen, Rahmen oder Paneelen (mit einem eigenen U-Wert und einer eigenen Fläche) angewandt werden. Die den einbezogenen Komponenten entsprechenden Terme sind in diesem Fall im Zähler und im Nenner als Summen zu lesen. (z. B.: $\Sigma\ A_f.U_f$, $\Sigma\ A_f$).

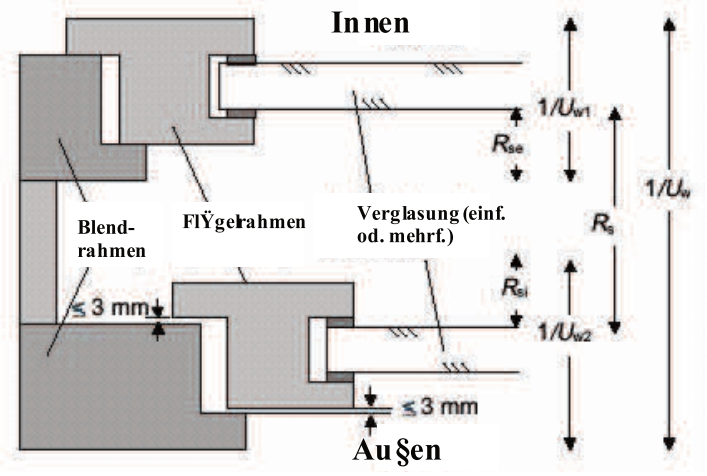
Wenn der Einfachheit halber für die Bestimmung von U_w (oder U_D) der einbezogenen Komponenten nur ein U-Wert angewandt wird, muss der ungünstigste (höchste) Wert verwendet werden. Der entsprechende ψ–Wert muss dann auf der Grundlage dieses U-Werts bestimmt werden.

ANM. 3: Unter Einhaltung der Bedingungen nach § 8.5 kann eine vereinfachte Bestimmung des U-Werts von Fenstern und Türen erfolgen.

8.4 Sonderfälle

8.4.1 Doppelfenster

Abb. [16]: Darstellung eines Doppelfensters



Der Wert U_w eines Doppelfensters, d. h. eines Systems, bei dem zwei getrennte Fenster parallel zueinander in eine Öffnung eingesetzt werden (siehe Abb. [16]), ist wie folgt zu bestimmen:

Gl. 20
$$U_w = \frac{1}{\frac{1}{U_{w1}} - R_{se} + R_s + \frac{1}{U_{w2}} - R_{si}}$$ W/(m².K)

Dabei ist:

U_{w1} U_{w2} U-Wert des Innen- bzw. des Außenfensters, in W/(m².K), bestimmt nach Gl. 19;

R_{si} innerer Wärmeübergangswiderstand des Außenfensters, in m².K/W, bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

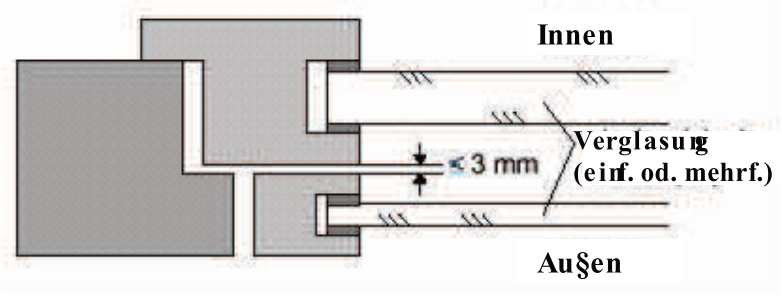
R_{se} äußerer Wärmeübergangswiderstand des Innenfensters, in m².K/W, bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

R_s Wärmedurchlasswiderstand der Luftschicht zwischen beiden Fenstern, in m².K/W, bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

ANM.: Das Verfahren ist nicht anwendbar, wenn die Luftschicht zwischen den beiden Fenstern von außen stark belüftet wird, wegen zu großer Luftspalte (undichte Stellen) an den Verbindungsstellen des Außenfensters. Die Luftspalte dürfen nicht größer sein als 3 mm (siehe Abb. [16]), andernfalls ist das Berechnungsverfahren für stark belüftete Luftschichten anzuwenden (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

8.4.2 Verbundfenster

Abb. [17]: Darstellung eines Verbundfensters



Der Wert U_w eines Verbundfensters, bestehend aus einem Blendrahmen und zwei getrennten, parallelen Flügeln (mit Verglasung) (siehe Abb. [17]), kann anhand der Gl. 19 bestimmt werden, jedoch ist der kombinierte Wert U_g beider Verglasungen wie folgt zu bestimmen:

Gl. 21 $$U_g = \frac{1}{\frac{1}{U_{g1}} - R_{se} + R_s + \frac{1}{U_{g2}} - R_{si}}$$ W/(m².K)

Dabei ist:

U_{g1} U_{g2} U-Wert der Innen- bzw. der Außenverglasung, in W/(m².K), bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

R_{si} innerer Wärmeübergangswiderstand des Außenfensters, in m².K/W, bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

R_{se} äußerer Wärmeübergangswiderstand des Innenfensters, in m².K/W, bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

R_s Wärmedurchlasswiderstand der Luftschicht zwischen beiden Verglasungen, in m².K/W, bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

ANM.: Wenn der Luftspalt zwischen den beiden Profilen der Flügelrahmen größer ist als 3 mm und keine Maßnahme ergriffen wurde, um eine exzessive Belüftung von außen zwischen den beiden Verglasungen zu verhindern, kann dieses Verfahren nicht angewandt werden. In diesem Fall muss das Berechnungsverfahren für eine stark belüftete Luftschicht angewandt werden (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

8.4.3 Wärmedurchgangswiderstände

Bei den üblichen Emissionsfaktoren ($\varepsilon_n \geq 0,8$) auf Ebene der Innen- und Außenflächen von Fenstern, Türen oder Verglasungen, sind die Werte des inneren (R_{si}) und äußeren Wärmedurchgangswiderstands (R_{se}) Tabelle [1] zu entnehmen. Bei Verglasungen mit niedrigem Emissionsgrad der Innenfläche kann ein Wert R_{si} anhand des Berechnungsverfahrens nach der Norm NBN EN 673 bestimmt werden.

8.4.4 Wärmedurchlasswiderstand von ruhenden Luftschichten in Doppelfenstern und in Verbundfenstern

Der Wärmedurchlasswiderstand R_s von ruhenden Luftschichten in Doppelfenstern (siehe § 8.4.1) und in Verbundfenstern (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) ist gemäß der Norm NBN EN ISO 10077-1 (Anhang C) zu berechnen.

8.4.5 U-Wert von Fenstern mit geschlossenen Fensterläden

8.4.5.1 Allgemeine Bestimmungen

Geschlossene Fensterläden auf der Außenseite eines Fensters bilden einen zusätzlichen Wärmedurchlasswiderstand (ΔR), der der Summe aus dem Wärmedurchlasswiderstand des Fensterladens selbst (R_{sh}) und der Luftschicht zwischen Fensterladen und Fenster (R_s) entspricht (siehe Figure [18]).

Der Wärmedurchgangswiderstand U_{ws} der Kombination Fenster/geschlossener Fensterladen ist:

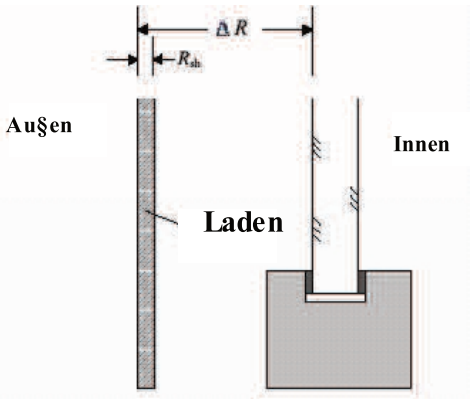
Gl. 22 $$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R}$$ W/(m².K)

Dabei ist:

U_w U-Wert des Fensters, berechnet nach Gl. 19;

ΔR zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand, in m².K/W, bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

Figure [18]: Fenster mit geschlossenem Fensterladen



Der zusätzliche Wärmedurchlasswiderstand wird bei der Berechnung des K- und des E-Grads gemäß den Regeln nach Anhang I, § 7.7.2 des GEE-Erlasses angesetzt. Bei der Bewertung der Anforderung U_{max} gemäß Anhang C.1 des GEE-Erlasses wird der zusätzliche Wärmedurchlasswiderstand nicht berücksichtigt.

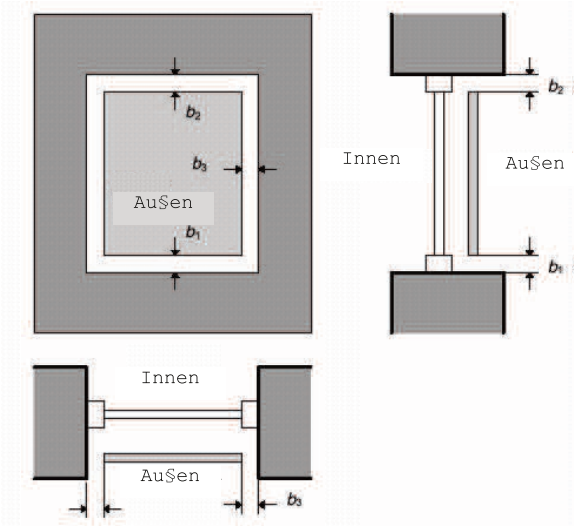
8.4.5.2 Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand bei geschlossenen Fensterläden

Der zusätzliche Wärmedurchlasswiderstand ΔR, der bei der Bewertung des Effekts von geschlossenen Fensterläden berücksichtigt werden muss, ist in Abhängigkeit von der Luftdurchlässigkeit der verwendeten Fensterläden zu bestimmen.

Zu diesem Zweck wurden nach den Kriterien in Tabelle [3] und den Definitionen in Abb. [19] fünf Luftdurchlässigkeitsklassen festgelegt.

ANM.: Die entsprechenden Luftdurchlässigkeitsklassen und ΔR-Werte für Sonnenschutzvorrichtungen, Jalousien, Fensterläden, Storen, … aus Stoff oder Lamellen oder aus sonstigen weichen oder flexiblen Materialien, die auf der Fensterinnen- oder -außenseite angebracht oder in eine Mehrfachverglasung eingesetzt werden können, sind in der Norm NBN EN 13125 angegeben. Diese Norm enthält auch die Berechnungsverfahren für Storen, die mit einer Schicht mit niedrigem Emissionsgrad beschichtet sind.

Abb. [19]: Eigenschaften von Luftöffnungen rund um geschlossene Fensterläden



Die Kriterien in Zusammenhang mit der Luftdurchlässigkeit werden durch b_{sh} ausgedrückt, definiert als effektiver Gesamtspalt zwischen den Rändern des Fensterladens und den Rändern der Fensteröffnung:

$b_{sh} = b_1 + b_2 + b_3$ [mm]

In diesem Fall sind b_1 , b_2 und b_3 der Mittelwert der Fensteröffnungen unterhalb, oberhalb und an der Seite des Fensterladens.

Der Gesamtspalt des Fensterladens (b_3) wird nur einmal gezählt, da die Spalte oben und unten einen größeren Einfluss haben.

Tabelle [3]: Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand der Luftschicht und des geschlossenen Fensterladens

Klasse	Luftdurchlässigkeit des geschlossenen Fensterladens	b_{sh} [mm]	ΔR m².K/W (1)
1	Sehr hohe Luftdurchlässigkeit	$35 < b_{sh}$	0,08
2	Hohe Luftdurchlässigkeit (der Fensterladen selbst ist luftdicht)	$15 < b_{sh} \leq 35$	$0,25 . R_{sh} + 0,09$
3	Mittlere Luftdurchlässigkeit (der Fensterladen selbst ist luftdicht)	$8 < b_{sh} \leq 15$	$0,55 . R_{sh} + 0,11$
4	Geringe Luftdurchlässigkeit (der Fensterladen selbst ist luftdicht)	$b_{sh} \leq 8$	$0,80 . R_{sh} + 0,14$
5	Sehr geringe Luftdurchlässigkeit (der Fensterladen selbst ist luftdicht)	$b_{sh} \leq 3$ et $b_1+b_3 = 0$ oder $b_2+b_3 = 0$ (2) (3)	$0,95 . R_{sh} + 0,17$

(1) Die ΔR-Werte gelten bei $R_{sh} < 0,3$ m²K/W (R_{sh} ist der Wärmedurchlasswiderstand des Fensterladens selbst, bestimmt nach § 6, wenn anwendbar, nach Norm NBN EN ISO 10211 bei einem Fensterladen mit inhomogener Zusammensetzung, oder nach NBN EN ISO 10077-2 bei einem Profilelement). Bei unbekannten Fensterläden ist der Wärmedurchlasswiderstand zu vernachlässigen: $R_{sh} = 0$ m²K/W.

(2) Dieser Fall setzt die Existenz von Dichtungen rund um mindestens drei Seiten des Fensterladens und eine Spalte von höchstens 3 mm auf der verbleibenden Seite voraus.

(3) Die Klasse 5 (sehr geringe Luftdurchlässigkeit) kann auch angenommen werden, wenn eine Messung des Luftdurchgangs durch den geschlossenen Fensterladen einen Luftdurchgang von nicht mehr 10 m³/h.m² ergibt (mit einer Druckdifferenz von 10 Pa - Versuch nach NBN EN 12835). Die zusätzlichen Bedingungen für die Klasse 5 sind in der Norm NBN EN 13125 nach Fensterladentyp angegeben.

8.5 Vereinfachte Bestimmung des U-Werts und Verglasungsfläche von Fenstern

Bei einem Fensterkomplex mit demselben Typ Verglasung, Rahmen, opake Füllung und Lüftungsgitter in einem Gebäude, kann ein einziger mittlerer U_w-Wert ($U_{w,T}$) angenommen werden. Dieser Wert berücksichtigt ein festes Verhältnis zwischen der Fläche der Verglasung und der Fläche des Rahmens sowie einen festen Umfang der Scheibe oder der Übergangsbereiche.

Der Uw-Wert-T und ein herkömmlicher Wert auf die gesamte Glasfläche zugeordnet sind, berechnet (für alle Fenster dieser Satz von Fenstern), dem Bericht des U-Wert der Verglasung an den Rahmen, nach Gl . 92 oder Gl. 93. In diesen Gleichungen entspricht der erste Term auf der "Verglasung und Rahmen", der zweite in der "Luftloch " und dem dritten Platz in der "Abdeckblende":

Gl. 92 Wenn $U_g \leq U_f$:

$$U_{w,T} = \left(0,7.U_g + 0,3.U_f + 3.\Psi_g\right) + \left(\frac{\sum A_r.(U_r - U_g)}{\sum A_{wd}}\right) + \left(\frac{\sum A_p.(U_p - U_g)}{\sum A_{wd}}\right) \quad W/(m^2.K)$$

$$A_{g,T} = 0,7.\sum A_{wd} - \sum A_r - \sum A_p \quad m^2$$

Gl. 93 Wenn $U_g > U_f$:

$$U_{w,T} = \left(0,8.U_g + 0,2.U_f + 3.\Psi_g\right) + \left(\frac{\sum A_r.(U_r - U_f)}{\sum A_{wd}}\right) + \left(\frac{\sum A_p.(U_p - U_f)}{\sum A_{wd}}\right) \quad W/(m^2.K)$$

$$A_{g,T} = 0,8.\sum A_{wd} \quad m^2$$

Dabei ist:

U_g Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung, in W/(m².K), (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**);

U_f Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens, in W/(m².K), (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**);

Ψ_g linearer Wärmedurchgangskoeffizient, in W/(m.K), (siehe le § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**);

U_r Wärmedurchgangskoeffizient des Lüftungsgitters, in W/(m².K), (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**);

ΣA_r Gesamtfläche der vorhandenen Lüftungsgitter, in m²;

U_p Wärmedurchgangskoeffizient des Paneels, in W/(m².K), (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**);

ΣA_p Gesamtfläche der vorhandenen Füllungen, in m²;

ΣA_{wd} Gesamtfläche der Fenster (bestimmt auf der Grundlage der Flächen der Fensteröffnungen), in m².

ANM. 1: Es können mehrere Fensterkomplexe in dem gleichen Gebäude bestimmt werden. Wenn für einen der ausgewählten Komplexe zur Bestimmung von $U_{w,T}$ o. g. ein vereinfachtes Verfahren angewandt werden muss, dann muss diese Verfahren systematisch auch für alle anderen Fensterkomplexe angewandt werden.

ANM. 2: Wenn bestimmte Komponenten bei der Bestimmung von $U_{w,T}$ leichte Maßabweichungen aufweisen (zum Beispiel unterschiedliche Breite der Rahmen), kann für diese Komponenten der Einfachheit halber nur ein U-Wert angesetzt werden, sofern der ungünstigste (höchste) Wert berücksichtigt wird. Der entsprechende ψ-Wert ist dann auf der Grundlage des U-Werts zu bestimmen.

8.6 Weitere Spezifikationen und Standardwerte für opake Türen

Bei Türen mit einfachen geometrischen Eigenschaften, die aus einem Werkstoff mit einem Wärmeleitfähigkeitsverhältnis (λ–Werte) von nicht mehr als 1:5 bestehen (ausgenommen Nägel und Schrauben), ist der U_p-Wert (des Türblatts) nach Gl. 8 zu bestimmen, wobei der entsprechende R_T-Wert nach Gl. 3 oder Gl. 4 zu bestimmen ist.

Bei opaken Türen kann die Bestimmung immer mit dem Standardwert in Tabelle 4 erfolgen.

Tabelle [4]: Standardwert für U_D, in W/m².K, bei opaken Türen

	aus Metall	**sonstige Werkstoffe**
Ungedämmte Türen	6,0	4,0
Gedämmte Türen(1)	5,0	3,0
(1) mindestens 70 % der Gesamtfläche der Tür sind mit einer Dämmung versehen, mit R_{min} = 0,4 m²K/W		

9 Wärmedurchgangskoeffizient von Fenster- und Türkomponenten

9.1 Wärmedurchgangskoeffizient von Verglasungen

Der auf den Mittenbereich einer Verglasung bezogene Wärmedurchgangskoeffizient (U_g) ist nach der Norm NBN EN 673, NBN EN 674 oder NBN EN 675 zu bestimmen.

Die folgenden Werte können als standardmäßig abhängig von der Art der Verglasung verwendet werden:

- Einfachverglasung: 5,8 W/(m².K);
- Doppelverglasung: 3,3 W/(m².K);
- Dreifach -Verglasung: 2,3 W/(m².K).

9.2 Wärmedurchgangskoeffizient von Rahmen

Falls der Wert U_f eines bestimmten Fensterprofils nicht verfügbar ist, der maximale Wert U_f der Familie, der das Profil angehört, jedoch bekannt ist, kann für dieses Profil der maximale Wert U_f verwendet werden.

9.2.1 Allgemeine Bestimmung

Der Wärmedurchgangskoeffizient von Rahmen (Uf) kann bestimmt werden anhand:

- von Versuchen nach NBN EN 12412-2;
- von numerischen Berechnungen nach NBN EN ISO 10077-2;
- der vereinfachten Werte nach den Tabellen in Anhang D.

9.2.2 Bestimmung des Werts Uf von Dachfensterrahmen

Bei Dachfenstern ist der Rahmen-U-Wert (U_f) wie folgt zu bestimmen:

- durch Versuch nach NBN EN 12412-2;
- durch numerische Berechnung nach NBN EN ISO 10077-2;
- anhand der vereinfachten Werte nach den Tabellen in Anhang D, sofern die nachstehende Umrechnungsbedingung angewandt wird.

Bei Dachfenstern können die in den Tabellen in Anhang D angegebenen Rechenwerte für U_f nicht direkt übernommen werden, weil diese Tabellen nur für vertikal eingebaute Rahmen gelten (mit R_{si} = 0,13). Bei horizontal oder geneigt (in einem Winkel von 0 bis 60°) eingebauten Dachfenstern ist R_{si} = 0,10 (nach Tabelle [1]) und es kann vereinfacht die folgende Korrektur angewandt werden:

Gl. 25 $$U_{f,r} = \frac{1}{\frac{1}{U_f} - 0,03}$$ W/(m².K)

Dabei ist:

$U_{f,r}$ korrigierter Dachfensterrahmen-U-Wert U_f, in W/(m².K);

U_f vereinfachter Rahmen-U-Wert U_f, in W/(m².K), bestimmt anhand der Werte in den Tabellen in Anhang D.

ANM.: Die nach Gl. 25 bestimmten $U_{f,r}$-Werte liegen um 5 bis 18 % über den U_f-Werten eines vertikal eingebauten Rahmens.

9.3 Wärmedurchgangskoeffizient von opaken Füllungen (U_p)

Wenn die opaken Füllungen aus parallelen Schichten bestehen (z. B. Platten aus Glas, Kunststoff oder Metall, zwischen denen sich ein Dämmstoff befindet), dann ist der auf den Mittenbereich des Paneels bezogene Wärmedurchgangskoeffizient (U_p) nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** und § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** zu berechnen.

Bei komplexeren Geometrien ist der Wärmedurchgangskoeffizient nach der Norm NBN EN ISO 10211 zu bestimmen.

9.4 Wärmedurchgangskoeffizient von Lüftungsgittern (U_r)

In ein Fenster oder rund um einen Rahmen (d. h. darüber, darunter oder daneben) eingebaute Lüftungsgitter sind bei der Bestimmung des Fenster-U-Werts U_w in wärmetechnischer und baulicher Hinsicht als Teil des Fensters gemäß § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** und § 8.5 zu betrachten.

Der Wärmedurchgangskoeffizient eines (schließbaren) Lüftungsgitters (U_r) ist wie folgt zu bestimmen:

- durch Versuch bei geschlossenem Lüftungsgitter nach NBN EN 12412-2;
- durch Berechnung nach NBN EN ISO 10077-2. Bei der Bestimmung des U-Wertes, wird das Belüftungsgitter durch Übereinkunft in geschlossener Position betrachtet.

Bei der U-Wert zu bestimmen, wird die Lüftergitter durch Konvention in seiner geschlossenen Position betrachtet.

Standardwert ist U_r = 6,0 W/m²K (alle Lüftungsgitter).

9.5 Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient (Ψ-Wert)

Die längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten (Ψ-Werte) der Verbindungen zwischen Rahmen, Pfosten, Verglasungen, Füllungen und Lüftungsgittern können anhand einer numerischen Berechnung nach der Norm NBN EN ISO 10077-2 oder anhand eines Versuchs nach der Norm NBN EN 12412-2 präzise bestimmt werden.

Für den Verbindungsbereich zwischen Verglasung und Rahmen können, wenn keine genauen Eigenschaften bekannt sind, für die Ψ-Werte die Standardwerte in den Tabellen in Anhang E verwendet werden.

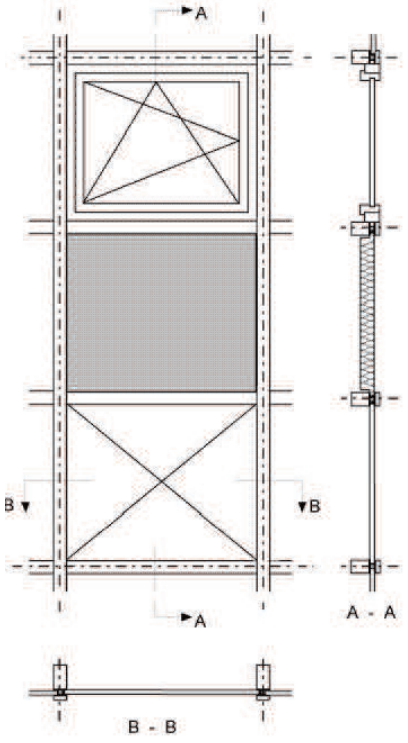
Bei opaken Füllungen, die an den Paneelrändern durch einen weniger dämmenden Abstandhalter thermisch verbunden sind, muss der Ψ-Wert genau so berechnet werden, wie bei einer Verglasung. Andernfalls kann Ψ_p als = 0 angenommen werden.

10 Wärmedurchgangskoeffizient von Vorhangfassaden

10.1 Allgemeine Bestimmungen

Eine Vorhangfassade, auch vorgehängte Wand genannt, ist eine Verbindung aus Verglasungen, Rahmen und opaken Füllungen, die in einen getrennten Rahmen eingebaut sind, so dass sie ein Fassadenelement bilden. Ein Beispiel für eine solche Struktur ist in Abb. [20] dargestellt.

Abb. [20]: element einer Vorhangfassade (vorgehängte Wand)



Wegen der möglichen Verwendung einer Vielzahl von Werkstoffen, die auf unterschiedliche Weise miteinander verbunden sein können, ist das Risiko des Bestehens von Wärmebrücken in Vorhangfassaden sehr groß. Bei der Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten dieser Fassaden, ist daher auch der Einfluss von Wärmebrücken zu berücksichtigen, die nicht nur in den Verbindungsbereichen zwischen Verglasungen, Füllungen und Rahmen entstehen sondern auch in den Verbindungsbereichen zwischen den Fassadenelementen untereinander. Die Berechnungsverfahren sind in den nachstehenden Kapiteln erläutert.

Die Bestimmung des Wärmedurchgangs U_{cw} wird durch das Modul ausgeführt werden:

- oder durch die Prüfung gemäß NBN EN ISO 12567-1;
- basierend auf bestimmten numerischen Berechnungen (§ 10.3);
- oder durch die Komponenten-Verfahren anwenden (§ 10.4).

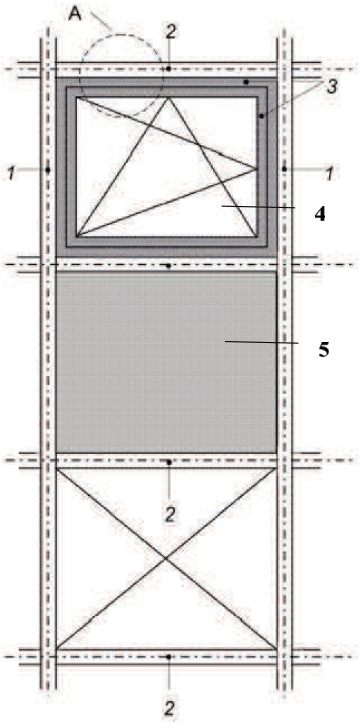
ANM.: Die ersten beiden Bestimmungsmethoden können ohne Limit für alle Arten von Lichtfassaden verwendet werden.

10.2 Konstruktive Eigenschaften von Vorhangfassaden

10.2.1 Komponenten und Randbedingungen

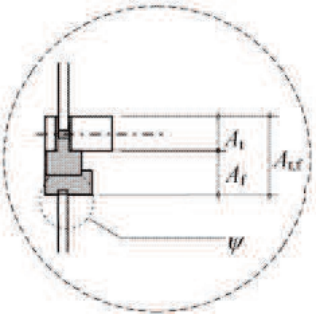
Die Komponenten eines Vorhangfassadenelements sind in Abb. [21] schematisch dargestellt.

Abb. [21]: Komponenten einer Vorhangfassade



1: Pfosten
2: Riegel
3: Flügel und Rahmen
4: Verglasung
5: Füllung

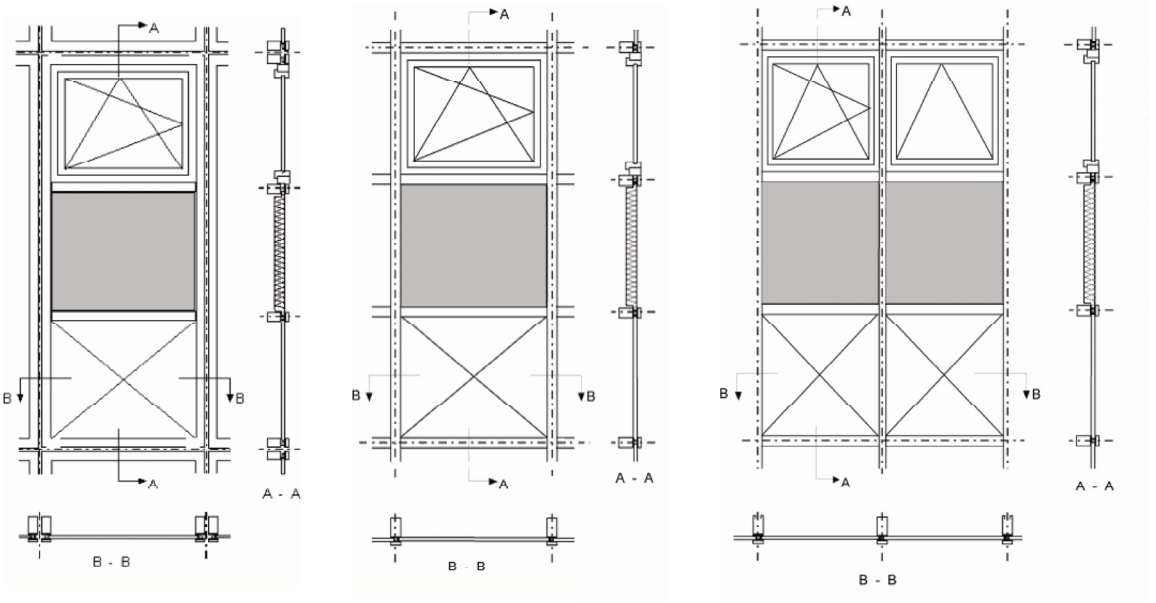
Querschnitt A



- A_t (m²): Projektionsfläche des Riegels
- A_f (m²): Projektionsfläche des Rahmens

Die Abgrenzung der Trennungslinien zwischen den verschiedenen Elementen einer Vorhangfassade hängt vom Typ dieser Fassade ab, wie in Abb. [22] dargestellt.

Abb. [22]: Abgrenzung der Flächen von Vorhangfassadenelementen



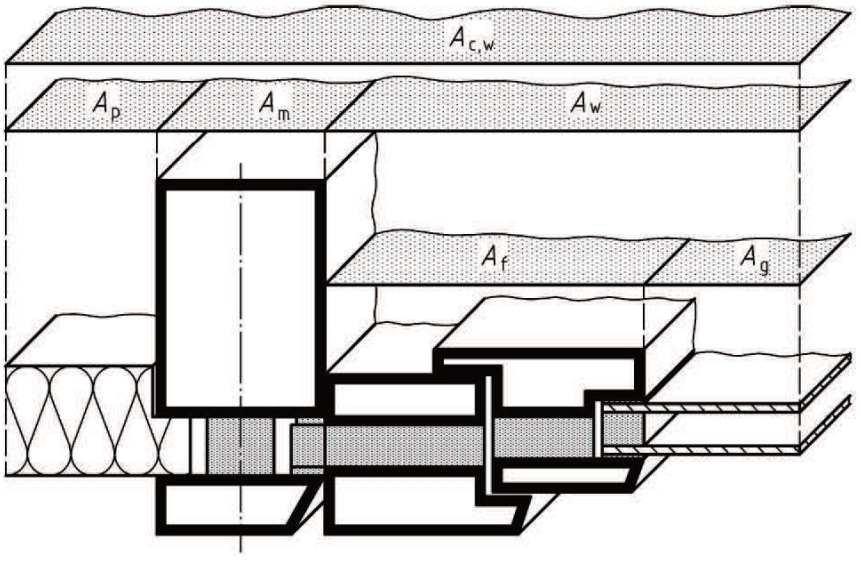
Typ 1 Typ 2 Typ 1 und 2 kombiniert

10.2.2 Bestimmung von Flächen und Umfang

Für jedes Element einer Vorhangfassade, sind die für die Berechnung erforderlichen Flächen aller Komponenten (Verglasung, Flügel, Rahmen, Paneel, Riegel und Pfosten) als die Projektionsflächen zu bestimmen, wie in Abb. [23] schematisch dargestellt. Diese Flächen können unterschiedlich sein, je nachdem, ob sie von der Außen- oder von der Innenseite bestimmt werden. Aus diesem Grund gelten die folgenden Vereinbarungen:

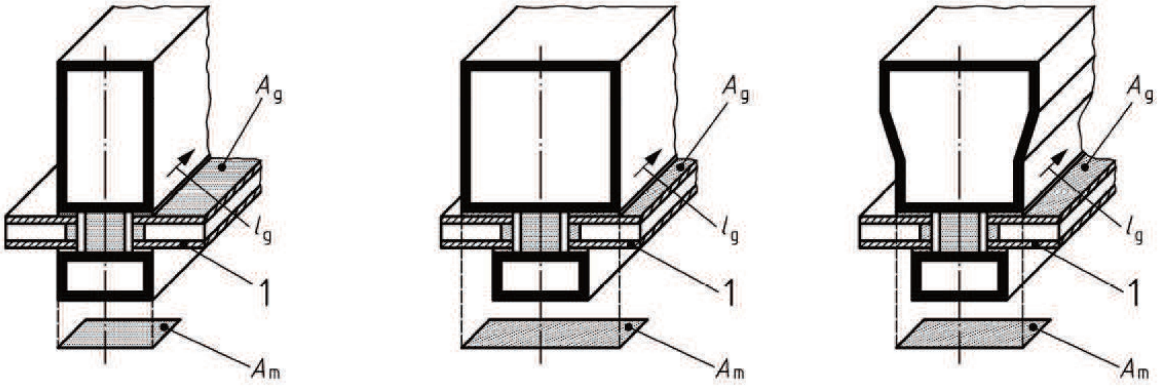
- Bei Verglasungen und opaken Füllungen muss die kleinere der von beiden Seiten gesehenen Flächen verwendet werden.
- Bei allen anderen Komponenten (Rahmen, Pfosten und Riegel) muss für die Berechnung die größere der von beiden Seiten gesehenen Flächen verwendet werden.

Abb. [23]: Darstellung der Projektionsflächen einer Vorhangfassade



Wenn der Umfang einer Verglasung l_g oder einer opaken Füllung l_p auf jeder Seite unterschiedlich ist, dann ist der Umfang definiert durch die Schnittstelle zwischen der Fläche (siehe oben) der Verglasung und dem Rahmen (siehe Abb. [24]).

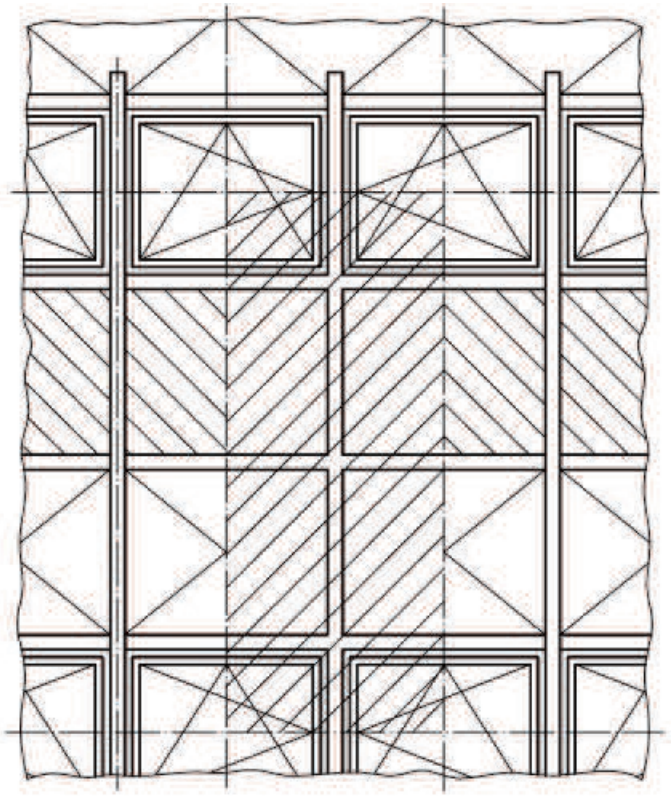
Abb. [24]: Schematische Darstellung der Fläche und des Umfangs der Verglasung (1: Glas)



10.2.3 Regeln für die Modellierung

Bei der Modellierung oder der Unterteilung einer Vorhangfassade sind die Schnittebenen so auszuwählen, dass sie die Fassadenteile mit einem eigenen U-Wert abgrenzen. In diesem Fall setzt sich der U-Wert der kompletten Vorhangfassade (U_{cw}) aus den flächenanteilmäßig gewichteten U-Werten aller Fassadenteile zusammen. Die thermischen Eigenschaften jedes Fassadenteils können präzise bestimmt werden durch Messung oder numerische Berechnung, oder vereinfacht anhand von tabellierten Werten oder Graphiken.

Abb. [25]: Modellierung eines kompletten Vorhangfassadenelements



Vorhangfassadenelemente sind im Allgemeinen ein komplexer Verbund, dessen Mittelteile häufig durch Komponenten mit hoher Wärmeleitfähigkeit miteinander verbunden sind. Auf diese Weise können große Wärmebrücken entstehen, die den Wärmeverlust erheblich erhöhen können. Bei der Modellierung der Fassadenelemente

sind die Schnittebenen und die Randbedingungen daher sorgfältig auszuwählen. Abb. [25] zeigt z. B., dass die Schnittebenen des Modells auf den Symmetrieebenen (Mitte der Verglasung, …) oder an den Stellen liegen, an denen die Randeffekte mit möglicher Auswirkung auf den Wärmestrom am geringsten sind oder vernachlässigt werden können.

10.3 Bestimmung des U_{cw}-Werts eines Vorhangfassadenelements: präzise numerische Berechnungen

10.3.1 Prinzip des numerischen Berechnungsverfahrens

Die Bestimmung des U_{cw}-Werts kann erfolgen oder durch genaue numerische Berechnungen nach NBN EN ISO 10211 und NBN EN ISO 10077-2, wobei sich Ucw aus den gewichteten U-Werten der einzelnen Teilkomponenten des Fassadenelements zusammensetzt, unter Berücksichtigung aller Randeffekte (Wärmebrücken), die in den Verbindungselementen zwischen den Teilkomponenten entstehen:

- auf den Mittenbereich der Verglasung bezogener U-Wert (Ug), wie vom Hersteller angegeben und nach Norm NBN EN 673, NBN EN 674 oder NBN EN 675 bestimmt;
- auf den Mittenbereich der opaken Füllungen bezogener U-Wert (Up), zu bestimmen gemäß Kapitel 6 und 7;
- Wärmestrom in den Verbindungselementen zwischen den Komponenten, einschließlich der Randeffekte in Zusammenhang mit Wärmebrücken, bestimmt gemäß den in § 6.3.2 erläuterten Regeln.

10.3.2 Bestimmung des Wärmeverluststroms durch Verbindungselemente

10.3.2.1 Allgemeine Bestimmungen

Die Verbindungen zwischen Teilkomponenten (Verglasungen, opake Füllungen) führen zu zusätzlichen Wärmeverlusten durch Randeffekte. Diese zusätzlichen Wärmeverluste sind zu bestimmen von der Gesamtwärmestrom (Φ_{tot}) durch das Modul. Der Gesamtwärmestrom Φ_{tot} bestimmt wird:

- entweder anhand von Versuchen nach der Norm NBN EN ISO 12567-1;
- oder durch numerische 2D- und/oder 3D-Berechnungen nach der Norm NBN EN ISO 10077-2 und/oder NBN EN ISO 10211.

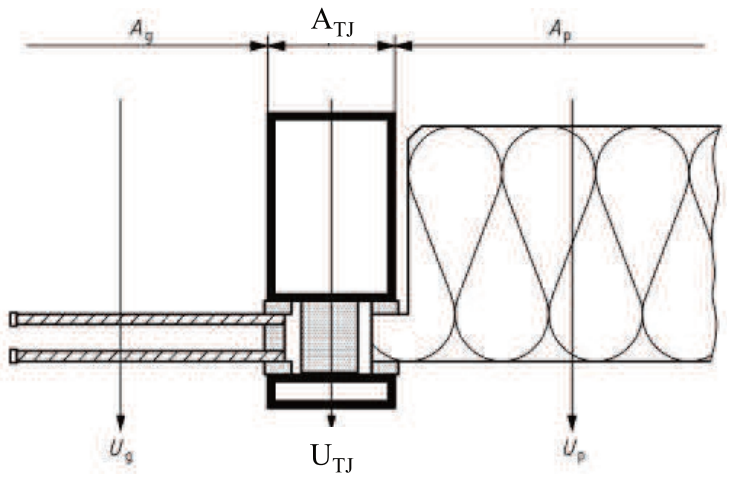
Bei Anwendung des numerischen Berechnungsverfahrens, kann der Gesamtwärmestrom durch die Verbindungselemente (Φ_{TJ}), unter Berücksichtigung der Randeffekte, auf zweierlei Arten bestimmt werden:

- entweder das Verbindungselement zwischen Verglasung und opaker Füllung wird als ein getrenntes Fassadenelement betrachtet (mit eigener Fläche und U-Wert); in diesem Fall ist anhand des Berechnungsverfahrens nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ein flächenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient UTJ zu bestimmen;
- oder das Verbindungselement zwischen Verglasung und Füllung wird als eine lineare Wärmebrücke betrachtet (mit eigener Länge und Ψ-Wert); in diesem Fall ist anhand des Berechnungsverfahrens nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** der lineare Wärmedurchgangskoeffizient ΨTJ zu bestimmen.

Die Bestimmung von U_{cw} schließlich, hat nach den Formeln in § 10.3.3 zu erfolgen.

10.3.2.2 Bestimmung von U_{TJ} (Verbindung betrachtet als Fassadenelement)

Abb. [26]: Als ein Fassadenelement betrachtete Verbindung mit eigener Fläche



In diesem Fall findet das Berechnungsmodell nach Abb. [26] Anwendung. Die Flächen (A_g und A_p) und die auf den Mittenbereich bezogenen U-Werte (U_g und U_p) der Verglasungen und der Paneele sind bekannt. Die Verbindung zwischen Verglasung und Füllung wird als ein Fassadenelement mit einer bekannten eigenen Fläche (A_{TJ}) und einem unbekannten eigenen U-Wert (U_{TJ}, zu ermitteln) betrachtet. Auf der Grundlage des Gesamtwärmeverluststroms (Φ_{tot}) durch das komplette Modell (numerisch berechnet), ergibt sich U_{TJ} aus:

Gl. 26 $$U_{TJ} = \frac{\Phi_{tot} - ((U_g.A_g + U_p.A_p).\Delta T}{A_{TJ}.\Delta T}$$ W/(m².K)

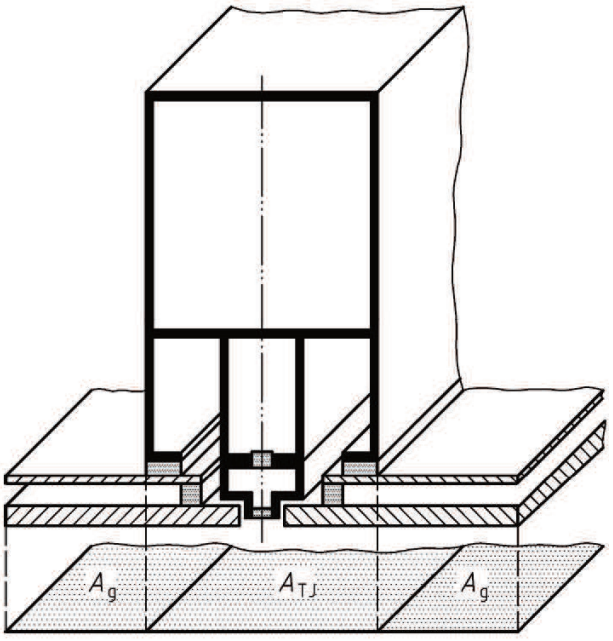
Dabei ist:

ΔT Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenumgebung, in K.

ANM. 1 U_{TJ} bestimmt den Wärmestrom durch die Verbindung, unter Berücksichtigung alle Randeffekte (Wechselwirkung zwischen Rahmen und Verglasung oder opaker Füllung) des betreffenden Modells. Dieser Wert U_{TJ} ist demzufolge nicht gleich dem Rahmen-U-Wert U_f, der sich nur auf den Wärmestrom durch das Verbindungsprofil bezieht, ohne Berücksichtigung der Randeffekte.

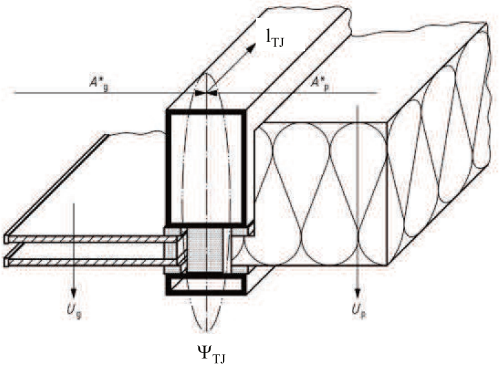
ANM. 2 Bei der numerischen Berechnung ist die Fläche A_{TJ} als die größte der Projektionsflächen aller Verbindungselemente zwischen der Verglasung und der opaken Füllung zu bestimmen, wie in Abb. [27] dargestellt.

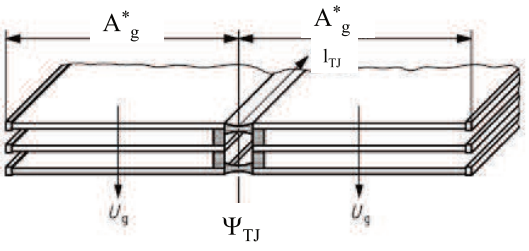
Abb. [27]: Bestimmung von A_{TJ} im Fall einer Strukturverglasung



10.3.2.3 Bestimmung von Ψ_{TJ} (Verbindung betrachtet als eine lineare Wärmebrücke)

Abb. [28]: Als lineare Wärmebrücke betrachtete Verbindungen





(Strukturverglasung mit Silikonfuge)

In diesem Fall findet das Berechnungsmodell nach Abb. [28] Anwendung. Die äquivalenten Flächen (A^*_g und/oder A^*_p) und die auf den Mittenbereich bezogenen U-Werte (U_g und/oder U_p) der Verglasungen und/oder Paneele sind bekannt. Die Verbindungen zwischen den Verglasungen und/oder Paneelen werden als lineare Wärmebrücken mit einer bekannten eigenen Länge (l_{TJ}, bestimmt als Länge der thermischen Verbindung zwischen dem Paneel und/oder der Verglasung) und einem eigenen Ψ-Wert (Ψ_{TJ}, zu bestimmen) betrachtet. Anhand des numerisch berechneten Gesamtwärmestroms (Φ_{tot}), ist Ψ_{TJ} wie folgt zu berechnen:

Gl. 27 $$\Psi_{TJ} = \frac{\Phi_{tot} - ((U_g.A^*_g + U_p.A^*_p) .\Delta T)}{l_{TJ}.\Delta T}$$ W/(m.K)

10.3.3 Bestimmung von U_{cw} eines Moduls

Der endgültige U_{cw}-Wert setzt sich aus den flächenanteilmäßig gewichteten U-Werten der einzelnen Komponenten zusammen.

Wenn die Verbindung zwischen den Komponenten als ein getrenntes Fassadenelement betrachtet wird, ergibt sich U_{cw} aus:

Gl. 28 $$U_{cw} = \frac{\sum A_g.U_g + \sum A_p.U_p + \sum A_{TJ}.U_{TJ}}{\sum A_g + \sum A_p + \sum A_{TJ}}$$ W/(m².K)

Wenn die Verbindung zwischen den Fassadenkomponenten als eine Wärmebrücke betrachtet wird, ergibt sich U_{cw} aus:

Gl. 29 $$U_{cw} = \frac{\sum A_g^*.U_g + \sum A_p^*.U_p + \sum l_{TJ}.\Psi_{TJ}}{A_{cw}}$$ W/(m².K)

10.4 Berechnung des U_{cw}-Werts eines Moduls (Komponentenmethode)

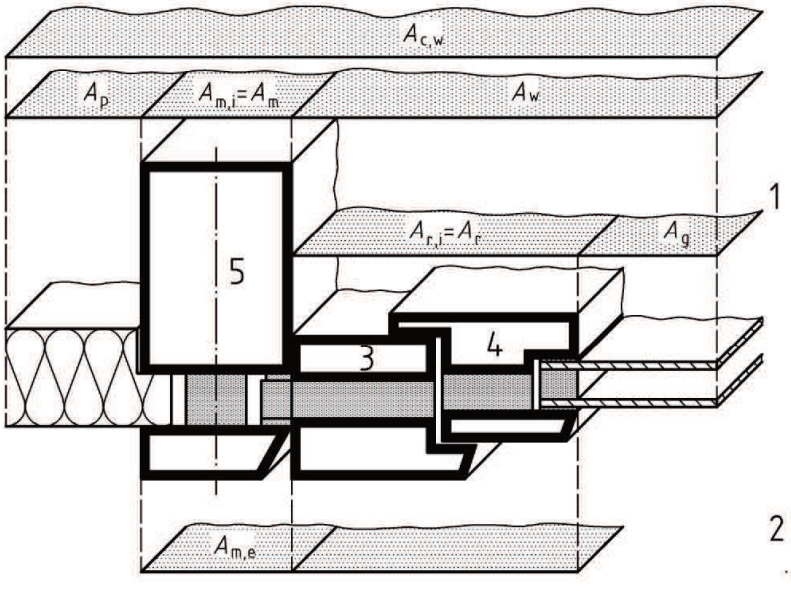
10.4.1 Principe de la méthode de détermination

10.4.2 Prinzip der Komponentenmethode

Bei der Komponentenmethode wird der U_{cw}-Wert eines Vorhangfassadenelements aus den flächenanteilmäßig gewichteten U-Werten aller Teilkomponenten des Fassadenelements (Verglasung, Füllung, Rahmen und Riegel) ermittelt; die Randeffekte der Verbindungen zwischen diesen Bauteilen kommen als Wärmebrücken hinzu, d. h. sie werden aus dem Produkt einer Länge und eines längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten (Ψ-Wert) ermittelt.

10.4.3 Allgemeine Bestimmung des U_{cw}-Werts

Abb. [29]: Unterteilung eines Fassadenelements in Teilkomponenten mit eigenen Flächen und eigenen U-Werten



1: innen
2: außen
3: Rahmen (fest)
4: Flügel (beweglich)
5: Pfosten/Riegel

Der Wärmedurchgangskoeffizient eines Vorhangfassadenelements (U_{cw}) ist wie folgt zu bestimmen:

Gl. 30
$$U_{cw} = \frac{\left(\begin{array}{c} \sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum A_{m(t)} U_{m(t)} \\ + \sum l_g . \Psi_{f,g} + \sum l_p . \Psi_p + \sum l_{m(t),g} . \Psi_{m(t),g} + \sum l_{m(t),f} . \Psi_{m(t),f} \end{array} \right)}{A_{cw}} \quad W/(m^2.K)$$

Dabei ist:

U_g, U_p	Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung bzw. der opaken Füllung, in W/(m².K), bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;
U_f, U_m, U_t	Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens, des Pfostens bzw. des Riegels, in W/(m².K), bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;
A_g, A_p, A_f, A_m, A_t	Projektionsfläche der Verglasung, der opaken Füllung, der Rahmen, der Pfosten bzw. der Riegel, in W/(m².K), bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;
A_{cw}	Gesamtfläche des Vorhangfassadenelements, zusammengesetzt aus der Summe der Teilflächen der Komponenten: $A_{cw}= A_g+A_p+A_f+A_m+A_t$;
$\Psi_{f,g}$	längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten, die aus den Randeffekten (lineare Wärmebrücken) an der Verbindung zwischen Verglasung und Rahmen resultieren, in W/(m².K), bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;
$\Psi_{f,p}$	längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten, die aus den Randeffekten (lineare Wärmebrücken) an der Verbindung zwischen Füllungen und Rahmen oder Pfosten resultieren, in W/(m².K), bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;
$\Psi_{m,f}$, $\Psi_{t,f}$	längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten, die aus den Randeffekten (lineare Wärmebrücken) zwischen den Rahmen (Blendrahmen) und den Pfosten und/oder Riegeln resultieren, in W/(m².K), bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;
$\Psi_{m,g}$, $\Psi_{t,g}$	längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten, die aus den Randeffekten (lineare Wärmebrücken) zwischen den Verglasungen und den Pfosten und/oder Riegeln resultieren, in W/(m².K), bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;
l_g, l_p, $l_{m,f}$, $l_{t,f}$, $l_{m,g}$, $l_{t,g}$	Umfänge der linearen Wärmebrücken der jeweiligen Verbindungsbereiche zwischen Verglasungen, opaken Füllungen, Rahmen, Pfosten und Riegeln.

10.4.4 U-Wert von Verglasung und Paneele

10.4.4.1 Verglasung

Siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

10.4.4.2 Opake Füllung

Siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

10.4.5 U-Wert von Rahmen, Pfosten und Riegeln

Der Wärmedurchgangskoeffizient der Rahmen (U_f) ist entsprechend den Prinzipien in § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** zu bestimmen.

Der Wärmedurchgangskoeffizient von Riegeln (U_t) und Pfosten (U_m) ist wie folgt zu bestimmen:

- Bestimmung durch Versuch nach NBN EN 12412-2;
- numerisches Berechnungsverfahren nach NBN EN ISO 10077-2.

ANM.: Bei der numerischen Berechnung nach NBN EN ISO 10077-2 werden die Randeffekte von metallischen Verbindungen (Schrauben) in Riegeln und Pfosten nicht berücksichtigt. Punktuelle Wärmebrücken (χ-Werte), die durch diese Verbindungen entstehen, können anhand einer numerischen 3D-Berechnung nach der Norm NBN EN ISO 10211 oder durch einen vergleichenden Versuch (erster Versuch mit Metallschraube, zweiter Versuch mit Kunststoffschraube) nach der Norm NBN EN 12412-2 genau bestimmt werden.

In Anhang C der Norm NBN EN 13947 ist ein spezielles Berechnungsverfahren für Profilsysteme angegeben, das die Beurteilung des Schraubeneffekts erlaubt, anhand eines zweidimensionalen numerischen Verfahrens mit Modellierung und passenden Randeffekten. Der Effekt dieser Verbindungen kann vereinfacht bestimmt werden, indem zu dem Rahmen-U-Wert (U_{mo} oder U_{to}, numerisch berechnet nach Norm NBN EN ISO 10077-2, ohne Berücksichtigung des Schraubeneffekts) ein Korrekturfaktor ΔU addiert wird:

Gl. 31 $U_{m(t)} = U_{m(t)o} + \Delta U$ W/(m².K)

Für Schrauben aus rostfreiem Stahl ist ein Standardwert für diesen Korrekturfaktor ΔU in Tabelle 5 angegeben, sofern die dort angegebenen Bedingungen erfüllt sind.

Tabelle [5]: ΔU-Werte für Riegel und Pfosten

Durchmesser des rostfreien Verbindungselements (Schraube)	Zwischenabstand zwischen Verbindungen	ΔU (W/(m².K))
≤ 6 mm	200 – 300 mm	0,3

10.4.6 Längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten (Verglasungen, Rahmen, Pfosten und Riegel)

Die längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten der Verbindungsbereiche (Abstandhalter) zwischen Verglasungen und Rahmen ($\Psi_{f,g}$), oder zwischen Paneelen und Rahmen ($\Psi_{f,p}$), können bestimmt werden durch:

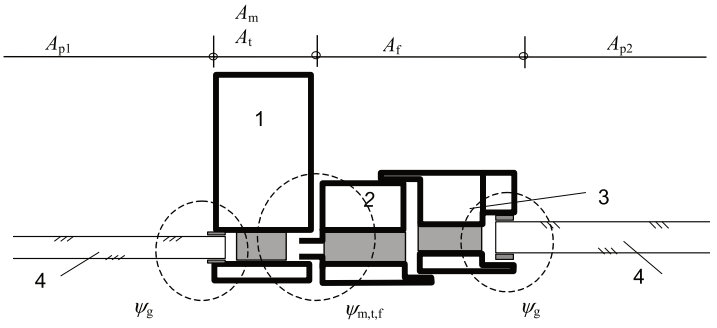
- numerische Berechnung nach NBN EN ISO 10077-2 (genaue Berechnung),
- die in Tabelle E.2 und E.4 in Anhang E angegebenen Standardwerte.

Die Wechselwirkung oder der zusätzliche Wärmeverlust durch die Verbindungsbereiche zwischen einer Verglasung oder einer opaken Füllung und den Pfosten und Riegeln, wie in Abb. 30 dargestellt, kann anhand von spezifischen längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten ($\psi_{m,f}$ und $\psi_{t,f}$ oder $\psi_{m,g}$ und $\psi_{t,g}$) beurteilt werden. Dieser Wert kann bestimmt werden durch:

- numerische Berechnung nach NBN EN ISO 10077-2 (genaue Berechnung),

- die in Tabelle E.3, E.5 und E.6 in Anhang E angegebenen Standardwerte.

Abb. [30]: Verbindungsbereich zwischen einem Vorhangfassadenelement und einem Pfosten oder Riegel



1: Riegel oder Pfosten
2: Rahmen (fest)
3: Flügel (beweglich)
4: Verglasung oder Paneele

10.5 Bestimmung des U_{cw}-Werts einer Vorhangfassade aus unterschiedlichen Elementen

Der Gesamtwärmedurchgangskoeffizient ($U_{cw,tot}$) einer Vorhangfassade aus unterschiedlichen Elementen unterschiedlicher Form und Größe, kann wie folgt bestimmt werden:

Gl. 32 $$U_{cw,tot} = \frac{\sum (U_{cw,i} . A_{cw,i})}{\sum A_{cw,i}}$$ W/(m².K)

Dabei ist:

$U_{cw,i}$ U-Werte der unterschiedlichen Elemente, in W/(m².K);

$A_{cw,i}$ Flächen der unterschiedlichen Elemente, in m².

11 Wärmedurchgangskoeffizient sonstiger durchsichtiger Wände

11.1 Glasbausteine

11.1.1 Allgemeines Verfahren

Bei der Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten einer Wand aus Glasbausteinen ist das komplette Bauteil zu betrachten. Ggf. ist auch der Effekt von Fugen (wie bei Mauerwerk, siehe Anhang G.3.1), Rahmen (wie bei Fenstern) oder sonstigen Bauteilen zu berücksichtigen.

Der Wärmedurchgangskoeffizient eines Glasbausteins selbst, ist anhand eines der nachstehenden Verfahren zu bestimmen:

- Versuche nach NBN EN ISO 12567-1;
- numerische Berechnungen nach NBN EN ISO 10211 und/oder NBN EN 673;
- vereinfachte Berechnungen nach der Norm NBN EN 1051-2.

Die Bestimmung kann auch immer mit dem Standardwert erfolgen, der 5,7 W/m²K beträgt.

12 Transmissionswärmedurchgangskoeffizient durch Gebäude[3]

12.1 Gesamttransmissionswärmedurchgangskoeffizient

Der Gesamttransmissionswärmedurchgangskoeffizient (H_T) ist wie folgt zu bestimmen:

Gl. 33 $$H_T = H_D + H_g + H_U$$ W/K

Dabei ist:

H_D Transmissionswärmedurchgangskoeffizient durch die Gebäudehülle direkt zur Außenumgebung, in W/K, bestimmt nach § 13;

H_g Transmissionswärmedurchgangskoeffizient über das Erdreich, unbeheizte Keller und erdanliegende Kriechkeller, in W/K, bestimmt nach § 15;

H_U Transmissionswärmedurchgangskoeffizient durch angrenzende unbeheizte Räume zur Außenumgebung, in W/K, bestimmt nach § 14.

12.2 Conventions générales

12.3 Allgemeine Vereinbarungen

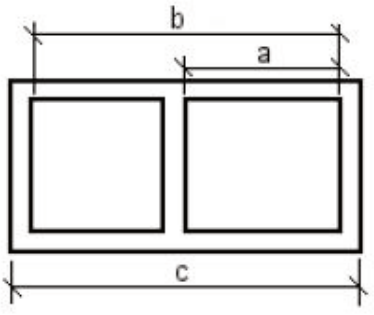
12.3.1 Grenzen der Gebäudeteile

Der Gebäudeteil (geschütztes Volumen, unbeheizter Nachbarraum, Berechnungszone, …) für den der Wärmedurchgangskoeffizient bestimmt werden soll, ist unmissverständlich festzulegen.

12.3.2 Bestimmung der Flächen

12.3.2.1 Berechnung von Außenwandflächen

Abb. [31]: Flächenberechnungssystem



Zeichenerklärung:

a Innenmaß

b komplettes Innenmaß

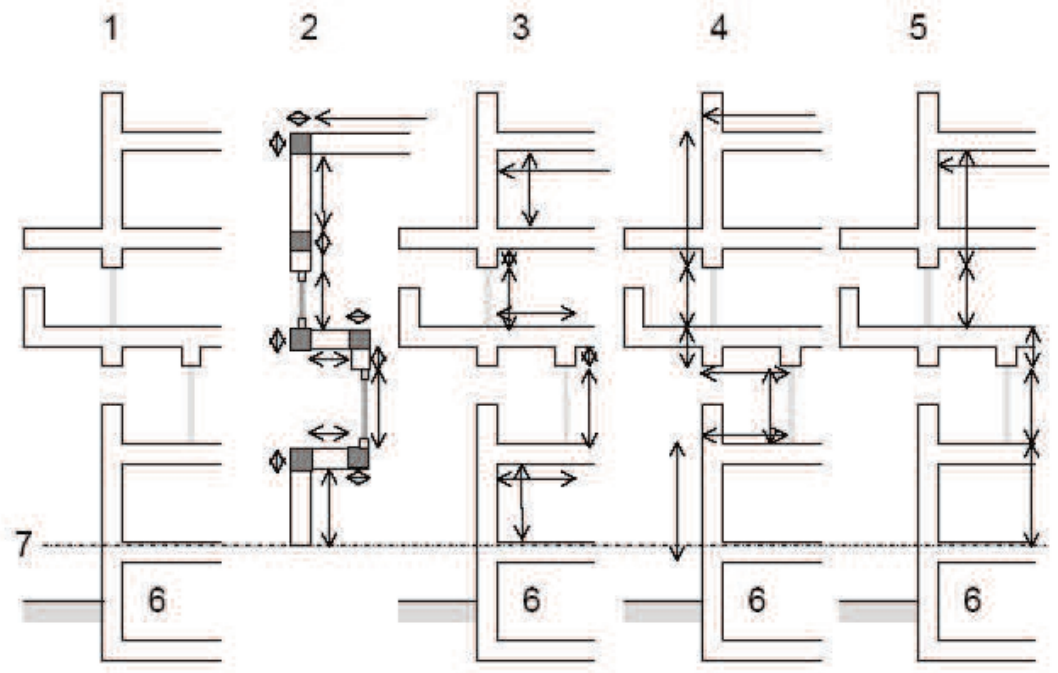
c Außenmaß

Für die Berechnung der Flächen von Bauteilen einer Gebäudehülle (d. h. Bauteile, die das geschützte Volumen eines Gebäudes von der Außenumgebung, dem Erdreich und unbeheizten Nachbarräumen trennen) sind die Außenmaße zu verwenden (Maß c in Abb. [31] dargestellt in Abb. [32]), so dass die komplette Gebäudehülle als eine geschlossene umhüllende Fläche betrachtet werden kann. Bei Fenstern und Türen sind die Maße der Öffnungen (von außen gesehen) als Maße zu verwenden.

[3] Unter "Gebäude" ist auch "Gebäudeteil" zu verstehen, wenn die vorstehende Berechnung Anwendung findet.

Dieses Verfahren ist systematisch bei allen Berechnungen anzuwenden, die die thermischen Leistungen der betroffenen Gebäude betreffen (Wärmeverlust, Energiebedarf, …).

Abb. [32]: Messsystem



1: Realität – 2: Bauteile – 3: Innenmaße – 4: Außenmaße – 5: komplette Innenmaße – 6: nicht beheizter Raum – 7: Abgrenzung des Wärmeverlusts durch das Erdreich

12.3.2.2 Berechnung der Wandflächen in einem geschützten Volumen oder zwischen 2 geschützten Volumen

Wenn Oberflächen der Wände in einem geschützten Volumen oder zwischen zwei geschützten Volumes Dimensionen zu bestimmen sind, indem man die Achse der Zwischenwände als Grenze bestimmt.

12.3.2.3 Berechnung der Flächen von nicht ebenen Bauteilen

Bei gewölbten Bauteilen (gebogene Dächer, gebogene Mauern, …) ist die tatsächliche Fläche (= Istfläche) zu berücksichtigen, soweit keine sonstigen besonderen Bedingungen Anwendung finden.

12.3.3 Bestimmung der Volumen

Das Volumen eines Gebäudes oder eines Gebäudeteils ist anhand der Außenmaße zu bestimmen, unter Einbeziehung des Volumens der Innenwände. Trennwände zwischen zwei geschützten Volumen sind jedem dieser geschützten Volumen hälftig zuzurechnen.

13 Transmissionswärmedurchgangskoeffizient direkt zur außenumgebung (H_D)

Der Transmissionswärmedurchgangskoeffizient über die Zwischenwände der Wärmeverlustfläche und der Bauknoten zur Außenumgebung (H_D) wird wie folgt bestimmt:

Gl. 34 $$H_D = H_D^{constructions} + H_D^{junctions} = \sum_i U_i.A_i + H_D^{junctions}$$ W/K

Dabei ist:

$H_D^{constructions}$	der Transmissionswärmedurchgangskoeffizient über die Zwischenwände der Wärmeverlustfläche, die mit der Außenumgebung in Berührung kommt, in W/K;
A_i	die Fläche der Zwischenwand i, bestimmt über die Außenabmessungen, in m²;
U_i	der Wert U der Zwischenwand i, in W/(m².K);
$H_D^{junctions}$	der Transmissionswärmedurchgangskoeffizient über die Bauknoten, die mit der Außenumgebung in Berührung kommen, in W/K, (siehe § 16).

Zur Berechnung von $H_D^{constructions}$ müssen sämtliche Zwischenwände i der Wärmeverlustfläche addiert werden, die mit der Außenumgebung in Berührung kommen.

14 Transmissionswärmedurchgangskoeffizient über unbeheizte Nachbarräume (H_U)

Der Transmissionswärmedurchgangskoeffizient über die Zwischenwände der Wärmeverlustfläche und die Bauknoten, die an unbeheizte Nachbarräume (H_U) angrenzen, wird wie folgt bestimmt:

Gl. 35 $$H_U = H_U^{constructions} + H_U^{junctions}$$ W/K

Dabei ist:

$H_U^{constructions}$ der Transmissionswärmedurchgangskoeffizient über die Zwischenwände der Wärmeverlustfläche mit Kontakt mit unbeheizten Nachbarräumen, in W/K;

$H_U^{junctions}$ der Transmissionswärmedurchgangskoeffizient über die Bauknoten mit Kontakt mit unbeheizten Nachbarräumen, in W/K, (siehe § 16).

Das in diesem Paragraphen beschriebene Berechnungsverfahren für $H_U^{constructions}$ gilt für oberirdische Räume. Für Kriechkeller und unbeheizte Keller, siehe Kapitel § 15.

$H_U^{constructions}$ kann präzise bestimmt werden, indem man ein thermisches Gleichgewicht zwischen den Wärmeverlusten zwischen beheizten und angrenzenden nicht beheizten Räumen einerseits und zwischen angrenzenden nicht beheizten Räumen und der Außenumgebung andererseits herstellt. (Unter unbeheizten Räumen versteht man jene, deren Luftschicht mehr als 0,3 m beträgt).

Die Verluste über die Bauknoten, die sich zwischen den beheizten und unbeheizten Räumen befinden, können in Bezug auf das thermische Gleichgewicht außer Acht gelassen werden.

$H_U^{constructions}$ wird wie folgt bestimmt:

Gl. 36 $$H_U^{constructions} = H_{T,iu}^{constructions} . b$$ W/K

Dabei ist:

Gl. 37 $$b = \frac{H_{ue}}{H_{T,iu}^{constructions} + H_{ue}}$$ (-)

und:

Gl. 38 $$H_{ue} = H_{T,ue} + H_{V,ue}$$ W/K

Dabei ist:

b der Reduzierkoeffizient des unbeheizten Raumes;

$H_{T,iu}^{constructions}$ Transmissionswärmedurchgangskoeffizient zwischen beheizten und nicht beheizten Räumen (direkt), der wie folgt bestimmt wird, in W/K;

H_{ue} Transmissionswärmedurchgangskoeffizient zwischen dem angrenzenden nicht beheizten Raum und der Außenumgebung, in W/Ki;

$H_{T,ue}$ Transmissionswärmedurchgangskoeffizient durch die Wände zwischen dem unbeheizten angrenzenden Raum und der äußeren Umgebung, der wie folgt bestimmt wird, in W/K;

$H_{V,ue}$ Lüftungswärmedurchgangskoeffizient der unbeheizten angrenzenden Raum, der wie folgt bestimmt wird, in W/K.

$H_{T,iu}^{constructions}$ und $H_{T,ue}$ werden bestimmt durch:

Gl. 94 $$H_{T,iu}^{constructions} = \sum_i U_i.A_i$$ W/K

Gl. 95 $$H_{T,ue} = \sum_j U_j.A_j$$ W/K

Dabei ist:

A_i die Wandfläche i zwischen beheizten Bereich und dem unbeheizten angrenzenden Raum, in m², mit den äußeren Abmessungen bestimmt;

U_i U-Wert der Wand i, in W/(m².K);

A_j die Oberfläche der Wand j zwischen dem ungeheizten und der äußeren Umgebung angrenzenden Raum, in m², mit den Außenmaßen bestimmt;

U_j U-Wert der Wand j, in W/(m².K).

Bei der Berechnung der $H_{T,iu}^{constructions}$ muss die Summe aller Wände i den Raum sein zwischen beheizten und unbeheizten Raum nebeneinander . Bei der Berechnung $H_{T,ue}$ muss mit dem Boden zwischen dem ungeheizten angrenzenden Raum und der äußeren Umgebung, mit Ausnahme der Wände in Kontakt die Summe über alle j Wände sein.

$H_{V,ue}$ wird bestimmt durch:

Gl. 39 $$H_{V,ue} = \rho.c.V_{ue}$$ W/K

Dabei ist:

ρ die Dichte der Luft, in kg/m³;

c die spezifische Wärme der Luft, in W.h/(kg.K);

V_{ue} Belüftungsrate zwischen dem unbeheizten und außerhalb angrenzenden Raum, wie unten bestimmt, in m³/h.

Das Produkt (ρ.c) wird üblicherweise als gleich genommen: $\rho.c = 0,34$ W.h/m³.K

Der Lüftungsdurchsatz durch angrenzende unbeheizte Räume zur Außenumgebung, ist wie folgt zu bestimmen:

Gl. 40 $$V_{ue} = n_{ue}.V_u$$ m³/h

Dabei ist:

V_u Volumen des angrenzenden unbeheizten Raums, in m³;

n_{ue} Standardluftwechselrate des unbeheizten Raums, en h^{-1}, zu bestimmen anhand der am besten passenden Situation nach

Tabelle [6].

Tabelle [6]: Standardluftwechselrate durch angrenzende unbeheizte Räume zur Außenumgebung

Typ	Beschreibung der Luftdichtheit von unbeheizten Räumen	n_{ue} (h^{-1})
1	Keine Türen oder Fenster, luftdichte Verbindungen zwischen Bauteilen, keine Lüftungsöffnungen	0,1
2	Luftdichte Verbindungen zwischen Bauteilen, keine Lüftungsöffnungen	0,5
3	Luftdichte Verbindungen zwischen Bauteilen, kleine Lüftungsöffnungen sind vorgesehen	1
4	Keine Luftdichtheit aufgrund undichter Stellen oder ständiger Lüftungsöffnungen	3
5	Keine Luftdichtheit aufgrund vieler undichter Stellen oder großer oder zahlreicher Lüftungsöffnungen	10

Für die Beurteilung der Anforderung U_{max} nach Anhang C.1 des vorliegenden Erlasses ist der kombinierte Wert $b.U_i$ zu berücksichtigen, wobei der Wert b für winterliche Bedingungen gilt.

15 Transmissionswärmedurchgangskoeffizient über das Erdreich, unbeheizte Keller und Leerräume (H_g)

15.1 Allgemeine Bestimmungen

Der Transmissionswärmedurchgangskoeffizient über das Erdreich, über unbeheizte Keller und Leerräume, Zwischenwände der Wärmeverlustfläche und Bauknoten der Wärmeverlustfläche (H_g) wird wie folgt bestimmt:

Gl. 41 $$H_g = H_g^{constructions} + H_g^{junctions}$$ W/K

Dabei ist:

$H_g^{constructions}$ Transmissionswärmedurchgangskoeffizient über die Zwischenwände der Wärmeverlustfläche mit Kontakt zum Erdreich sowie unbeheizten Kellern und Leerräumen, in W/K;

$H_g^{junctions}$ Transmissionswärmedurchgangskoeffizient über die Bauknoten mit Kontakt zum Erdreich, unbeheizten Kellern und Leerräumen, in W/K, (siehe § 16).

Die Wärmeverluste durch Transmission über das Erdreich hängen von verschiedenen Faktoren ab:

- dreidimensionale Gebäudegeometrie, Verbindung zwischen Fundamenten und Erdreich,
- Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs (abhängig von der Bodenbeschaffenheit und dem Feuchtegehalt),
- mögliches Eindringen von Wasser in das Erdreich,
- usw.

Im Rahmen der Reglementierung zur Energieeffizienz ist immer von stationären Wärmeverlusten auszugehen. Die europäischen Normen bieten eine Reihe von Berechnungsverfahren zur Bestimmung von H_g. Sie sind in Anhang F beschrieben. Um den Wert $H_g^{constructions}$ bestimmen zu können, müssen die linearen Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten ψ berechnet werden, indem davon ausgegangen wird, dass die Außenwärmedämmung und die Verbindung von Mauer und Fußboden der Anlage F gleich Null ist. Der Einfluss der Außendämmung und der Verbindungen muss in Bezug auf den Wert $H_g^{junctions}$ berücksichtigt werden.

Ergänzend zu Anlage F sind eine Reihe vereinfachter Verfahren zur Bestimmung von $H_g^{constructions}$ in § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** beschrieben.

15.2 Vereinfachtes Verfahren für die Bestimmung der Wärmeverluste über das Erdreich

15.2.1 Erdanliegende Böden

Der Transmissionswärmedurchgangskoeffizient über das Erdreich zur Außenumgebung ($H_g^{constructions}$) kann, bei erdanliegenden Böden, wie folgt bestimmt werden:

Gl. 42 $$H_g^{constructions} = \sum_{i=1}^{n} U_{eq,f,i}.A_i.a_i$$ W/K

Dabei ist:

$U_{eq,f,i}$ äquivalenter U-Wert des Bodenteils i, in W/(m².K), bestimmt nach:

Gl. 43 $$U_{eq,f,i} = \frac{1}{R_{si} + \sum R_{f,i}}$$ W/(m².K)

Dabei ist:

R_{si} innerer Wärmeübergangswiderstand, gleich 0,17 m².K/W;

$\Sigma R_{f,i}$ Wärmedurchgangswiderstand aller Bauteilschichten des Bodenteils, bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** (von der Innenfläche bis zur erdanliegenden Fläche, also ohne Wärmeübergangswiderstand der Oberflächen);

A_i Fläche des Bodenteils i, in m², nach den Außenmaßen bestimmt;

a_i Temperaturreduktionsfaktor für den Bodenteil i, (-), bestimmt nach:

Gl. 44 $$a_i = \frac{1}{U_{eq,f,i} + 1}$$ (-)

Bei der Bestimmung von $H_g^{constructions}$ müssen alle unterschiedlich zusammengesetzten und erdanliegenden Bodenteile i addiert werden.

Bei der Beurteilung der Anforderung U_{max} nach Anhang C.1 des vorliegenden Erlasses ist der kombinierte Wert $a_i.U_{eq,f,i}$ zu berücksichtigen.

15.2.2 Bauteile in Kontakt mit Kriechkellern und unbeheizten Kellern (Böden, Wände, Türen, …)

Der Transmissionswärmedurchgangskoeffizient durch unbeheizte Keller und Kriechkeller zur Außenumgebung ($H_g^{constructions}$) kann, bei über diesen Räumen liegenden Böden, vereinfacht anhand eines Temperaturreduktionsfaktors (b_U) bestimmt werden:

Gl. 45 $$H_g^{constructions} = \sum_{i=1}^{n} U_{eq,f,i}.A_i.b_{u,i}$$ W/K

Dabei ist:

$U_{eq,f,i}$ äquivalenter U-Wert des Bodenteils i, in W/(m².K), bestimmt nach:

Gl. 46 $$U_{eq,f,i} = \frac{1}{R_{si} + \sum R_{f,i} + R_{si}}$$ W/(m².K)

Dabei ist:

R_{si} innerer Wärmeübergangswiderstand, gleich 0,17 m².K/W;

$\Sigma R_{f,i}$ Wärmedurchgangswiderstand aller Bauteilschichten des Bodenteils i, , en m².K/W, bestimmt nach § 6 (von der Innenfläche bis zur an den Kriechkeller oder Keller anliegenden Fläche, also ohne Wärmeübergangswiderstand der Oberflächen);

A_i Fläche des Bodenteils i, in m², nach den Außenmaßen bestimmt;

$b_{U,i}$ Temperaturumrechnungsfaktor für den Bodenteil i, (-),bestimmt nach Tabelle [7].

Tabelle [7]: Standardwerte des Temperaturreduktionsfaktors b_U

Unbeheizter Keller oder Hohlraum	**b_U (-)**
Kellerraum (mindestens 70 % der Außenwände erdanliegend)	
• ohne Fenster oder Außentür	0,5
• mit Fenster oder Außentür	0,8
Kriechkeller (1)	
• stark belüftet ($n_{ue} \geq 1\ h^{-1}$)	1,0
• nicht oder schwach belüftet ($n_{ue} < 1\ h^{-1}$)	0,8
(1) Standardwerte der Luftwechselrate (n_{ue}) nach Tabelle [6].	

Bei der Beurteilung der Anforderung U_{max} nach Anhang C.1 des vorliegenden Erlasses ist der kombinierte Wert $b_{U,i}.U_{eq,f,i}$ zu berücksichtigen.

15.2.3 Wände unter der Erde

Die vereinfachte Methode folgt dem Verfahren für "Kellerwände" in Anhang F.2.4, wobei der Einfachheit halber von einem Standardwert $R_f = 1\ m^2.K/W$ ausgegangen werden kann.

16 Transmissionswärmedurchgangskoeffizient über Bauknoten ($H_T^{junctions}$)

Die Transmissionswärmedurchgangskoeffizienten über Bauknoten ($H_D^{junctions}$, $H_g^{junctions}$ und $H_U^{junctions}$) sind in $H_T^{junctions}$ vereint:

Gl. 47 $$H_T^{junctions} = H_D^{junctions} + H_g^{junctions} + H_U^{junctions}$$ W/K

Dies bedeutet, dass der Transmissionsgesamtwärmedurchgangskoeffizient H_T ebenfalls wie folgt formuliert werden kann:

Gl. 48 $$H_T = \left(H_D^{constructions} + H_g^{constructions} + H_U^{constructions}\right) + H_T^{junctions} = H_T^{constructions} + H_T^{junctions}$$ W/K

Der Wert $H_T^{junctions}$ muss gemäß der Anlage B.2 des vorliegenden Erlasses bestimmt werden.

16.1 Temperaturumrechnungsfaktor für die AUR, Belüftungshohlraüme und unbeheizten Kellerräume

Die Temperaturumrechnungsfaktoren, die in Anhang B.2 des vorliegenden Erlasses zu den Wärmeübertragungskoeffizienten der linearen und punktuellen Bauknoten Anwendung finden, sind in der **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** angegeben. Der Wert des Temperaturumrechnungsfaktors ist von der gewählten Rechnungsmethode abhängig. Für ein und dieselbe Umgebung kann nur eine Rechnungsmethode gewählt werden, entweder vereinfacht oder detailliert. Der auf diese Weise definierte Umrechungsfaktor muss demzufolge in folgenden Berechnungen angewendet werden.

Tabelle [8] - Temperaturumrechnungsfaktor für angrenzende unbeheizte Räume, unbeheizte Keller und Belüftungshohlräume (-)

	Vereinfachte Rechnungsmethode	**Detaillierte Rechnungsmethode**
Angrenzender unbeheizter Raum	$b = 1$	$b = \frac{H_{ue}}{H_{ue} + H_{iu}}$ siehe § 14
Belüftungshohlraum	$b = b_U$ § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Tabelle [7]	$b = \frac{U_i}{U_{eq,f,i}}$ mit $U_{eq,f,i}$ der Wert U entspricht dem Bauelement i zwischen der Innenumgebung und dem unbeheizten Belüftungshohlraum, der gemäß der Formel (Gl. 43) des §15.2.2 bestimmt wird, und U_i = U gemäß Anhang F.2.3 (Schritt 7)
Unbeheizter Keller	$b = b_U$ § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Tabelle [7]	$b = \frac{U_i}{U_{eq,f,i}}$ mit $U_{eq,f,i}$ der Wert U entspricht dem Bauelement i zwischen der Innenumgebung und dem unbeheizten Keller, der gemäß der Formel (Gl. 43) des §15.2.2. bestimmt wird, und U_i = U gemäß Anhang F.2.4 (Schritt 6)

17 Gesamtwärmedämmgrad (K-Grad)

In diesem Paragraphen kann der Begriff "Gebäude" sowohl das "Gebäude in seiner Gesamtheit" als auch "einen Gebäudeteil" bezeichnen. Ein Gebäudeteil kann z. B. sein: ein Anbau, ein Teilwiederaufbau, eine Gewerbehalle, für die ein eigener K-Grad gilt, …

17.1 Kompaktheit eines Gebäudes

Die Kompaktheit eines Gebäudes wird als Verhältnis des Volumens zur gesamten Wärmeverlustfläche angegeben:

Gl. 49 $$C = \frac{V}{A_T}$$ m

Dabei ist:

V Volumen des Gebäudes nach den Außenmaßen, in m³, bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

A_T Wärmeverlustfläche des Gebäudes nach den Außenmaßen, in m², bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

17.2 Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient eines Gebäudes

Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient U_m eines Gebäudes ist das Verhältnis zwischen dem Gesamtwärmedurchgangskoeffizienten und der Wärmeverlustfläche:

Gl. 50 $$U_m = \frac{H_T}{A_T}$$ W/(m².K)

Dabei ist:

H_T Wärmedurchgangskoeffizient des Gebäudes, in W/K, bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

A_T Gesamtwärmeverlustfläche des Gebäudes nach den Außenmaßen, in m², bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

Bei H_T ist der winterlichen Bedingungen entsprechende Wert zu berücksichtigen.

17.3 Gesamtwärmedämmgrad (K-Grad)

Der Gesamtwärmedämmgrad eines Gebäudes ist das Verhältnis zwischen dem mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten und einem Bezugswert, multipliziert mit 100:

Gl. 51 $$K = 100.\frac{U_m}{U_{m,ref}}$$ (-)

Dabei ist:

U_m mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient des Gebäudes, in W/(m².K), bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

$U_{m,ref}$ Bezugswert des mittleren Wärmedurchgangskoeffizient, in W/(m².K), wie nachstehend festgelegt.

Der nach Gl. 51 bestimmte Wert ist auf eine volle Zahl zu runden, und wenn der Teil hinter dem Komma des bestimmten gemäß Gl. 51 Werts genau einem Halben entspricht, ist aufzurunden. In dem Bericht ist dem so ermittelten Komplex der Buchstabe K voranzustellen.

Der Bezugswert für den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten $U_{m,ref}$ ist wie folgt zu bestimmen:

Gl. 52

Bei $C \leq 1$:	$U_{m,ref} = 1$	
Bei $1 < C < 4$:	$U_{m,ref} = (C + 2)/3$	
Bei $4 \leq C$:	$U_{m,ref} = 2$	$W/(m^2.K)$

Dabei ist:

C ist hier die Kompaktheit, in m, definiert in § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

Annexe A Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit (λ-Wert) und des Wärmewiderstandes (R-Wert) von Baustoffen

A.1 Allgemeine Bestimmungen

Die Prinzipien des vorliegenden Absatzes sind für die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit und des Wärmewiderstandes gültig. Um das Lesen des Textes zu erleichtern, beschränkt sich die Formulierung des vorliegenden Absatzes auf die Wärmeleitfähigkeit. Zur Bestimmung des Wärmewiderstandes reicht es aus, allgemein „Wärmewiderstand" anstelle von „Wärmeleitfähigkeit" und „R" anstelle von „λ" zu lesen.

Als Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit ist der Wert zu verwenden, der sowohl die Temperatur als auch den in dem Baustoff erwarteten Feuchtegehalt berücksichtigt. Es sind also, in Abhängigkeit von den Innen- und Außenbedingungen, die folgenden Rechenwerte definiert:

- Der $\lambda_{Ui\text{-}Wert}$ entspricht den Innenbedingungen und muss für Baustoffe von Innen- oder Außenwänden verwendet werden, sofern diese nicht durch Regenwasser feucht oder durch Kondenswasser von innen oder oberflächlich und permanent, durch auf der Oberfläche stehendes Wasser oder durch aufsteigende Feuchtigkeit durchfeuchtet werden können. Der $\lambda_{Ui\text{-}Wert}$ kann nicht für Baustoffe verwendet werden, die wasserdampfdicht eingebaut werden und feuchtehaltig sein können (z. B. Baufeuchtigkeit oder Regenwasser);
- Der $\lambda_{Ue\text{-}Wert}$ entspricht den Außenbedingungen und muss für alle Baustoffe von Außenwänden verwendet werden, die durch Regenwasser, Kondenswasser von innen, durch Oberflächenwasser oder durch aufsteigende Feuchtigkeit durchfeuchtet werden können. Der $\lambda_{Ue\text{-}Wert}$ muss auch für Baustoffe verwendet werden, die wasserdampfdicht eingebaut werden, und die während den Bauarbeiten feucht geworden sind.

Bei Dämmstoffen und Produkten, bei denen der λ-Wert eine wichtige Eigenschaft ist, sind die λ_U-Rechenwerte wie folgt zu bestimmen. Anfänglich wird ein λ_{STEP1} gemäß den nachstehend aufgeführten Bedingungen bestimmt. Anschließend wird anhand dieser Wertgrundlage der Rechenwert λ_U bestimmt.

Schritt 1:

Der Wert der in diesem Text als λ_{STEP1} bezeichneten Wärmeleitfähigkeit wird unter Anwendung folgender Bedingungen und gemäß den Prinzipien bestimmt, wie durch die Norm NBN EN ISO 10456 definiert:

- unter gegebenen Temperatur- und Feuchtigkeits-Referenzbedingungen und gemäß den Messverfahren nach Norm NBN EN 1934, NBN EN ISO 8990, NBN EN 12664, NBN EN 12667 oder NBN EN 12939 (ISO 8301, ISO 8302) gemessene Werte; die Temperatur ist in diesem Text auf 10° C festgelegt.
- angegeben durch ein Fraktil mit einem in diesen Texten definierten Vertrauensgrad von 90/90 (anders ausgedrückt, mit einer Zuverlässigkeit von 90 % haben 90 % der Produktion einen λ-Wert kleiner oder gleich der Wert λ_{STEP1});
- entsprechend einer angemessenen Lebensdauer unter normalen Bedingungen muss die mögliche Alterung des Baustoffes somit in Betracht gezogen werden, wie durch die Produktnorm, die ETAG (European Technical Approval Guideline, gemäß der Richtlinie 89/106/EWG) oder das EAD (European Assessment Document, gemäß der Verordnung (EU) Nr. 305/2011) des entsprechenden Produktes definiert, sofern einer dieser Baustoffe verarbeitet wurde. In allen anderen Fällen kann die anwendbare Alterungsmethode von Seiten der Behörden bestimmt werden.

ANM. Der nachstehend definierte Wert λ_{STEP1} entspricht ebenfalls, mit Ausnahme einiger spezifischer Fälle (z. B. Mauerwerkelemente), dem genannten Wert λ_D im Rahmen der CE-Kennzeichnung, sofern dieser existiert.

Schritt 2:

Der Rechnungswert der Wärmeleitfähigkeit λ_U wird gemäß der durch die Norm NBN EN ISO 10456 beschriebenen Methodologie definiert. Dieser wird auf Grundlage des Wertes λ_{STEP1} gemäß den nachstehend genannten Bedingungen wie folgt berechnet:

Gl. 53 $\lambda_U = \lambda_{STEP1} * e^{fu\ (u2-u1)}$ oder $\lambda_U = \lambda_{STEP1} * e^{f\Psi\ (\Psi 2-\Psi 1)}$ W/(m.K)

Dabei ist:

f_u oder f_Ψ Umrechnungsfaktor für die Feuchtigkeit, en kg/kg (f_u) ou m^3/m^3(f_Ψ);

u_1 oder Ψ_1 der Feuchtegehalt der ersten Voraussetzungen (Schritt 1), in kg/kg (u_1) oder m^3/m^3 (Ψ_1);

u_2 oder Ψ_2 der Feuchtegehalt der zweiten Voraussetzungen (Schritt 2), in kg/kg (u_2) oder m^3/m^3 (Ψ_2).

Für die Voraussetzungen von Schritt 2 wird wie folgt unterschieden:

- λ_{Ui} = Innenanwendung: entspricht einem Feuchtigkeitsgehalt $u_{23,50}$ (= Ausgleichsfeuchte bei einer Temperatur von 23°C und einer relativen Feuchtigkeit von 50%);
- λ_{Ue} = Außenanwendung: entspricht einem Feuchtigkeitsgehalt von 75% des kritischen Sättigungsgrades bei 20°C.

Die Werte des Feuchtigkeitsgehalts (u, in kg/kg, oder ψ, in m^3/m^3) und die Umrechnungsfaktoren für die Feuchtigkeit (f_u und f_ψ) werden gemäß der Methodologie der Norm NBN EN ISO 10456 bestimmt:

- entweder werden die Daten reeller Produkte genutzt, die gemäß der Norm bestimmt werden;
- oder es werden die Standardwerte genutzt: aus der Norm (NBN EN ISO 10456) oder (für einige Steinbaustoffe) aus Anlage C des vorliegenden Textes.

Der Rechnungswert λ_U der Mauerwerkelemente muss gemäß den Verfügungen der Norm NBN EN 1745 bestimmt werden, wobei sämtliche zuvor aufgeführten Voraussetzungen beachtet werden müssen.

Die Standardwerte der Wärmeleitfähigkeit für diverse Baustoffe sind in den Tabellen des Absatzes A.2 angegeben.

ANM. 1 Bei Dämmprodukten, die aus denselben Materialien bestehen, wie jene, die in der Tabelle A.14a aufgeführt sind, führt die Anwendung der oben genannten Regeln zu dem Ergebnis, dass der Wert λ_{Ui} (für eine Innenanwendung) mit dem im Rahmen der CE-Kennzeichnung genannten Wert λ_D identisch ist.

ANM. 2 Bei Mauerwerkelementen (Ziegel, Betonblocksteine etc.) werden die Standardwerte für die Wärmeleitfähigkeit λ_U in den Tabellen A.3 bis A.8 und für den Wärmewiderstand R_U in der Tabelle B.1 (2 ersten Kategorien) aufgeführt. Für das komplette Mauerwerk (Bausteine mit Mörtelfugen) muss ebenfalls der Einfluss der Fugen berücksichtigt werden, der nicht unbedeutend ist, insbesondere wenn Leichtbausteine verwendet werden (siehe Anlage G.3.1).

ANM. 3 Die Tabellen A.3 bis A.8 können ebenso auf Vollblocksteine wie auf Lochsteine Anwendung finden. Im Fall von Lochsteinen wird die Dichte in Bezug auf Vollblocksteine (oder Vollziegel) bestimmt und berücksichtig somit die Lochungen (siehe Beispiele in Anlage G.3.2.).

A.2 Tabellen mit den Standardwerten für die Wärmeleitfähigkeit von homogenen oder gleichgestellten Baustoffen

Die Tabellen in dem vorliegenden Paragraphen enthalten die Standardwerte, die für die Wärmetransmissionsberechnungen im Rahmen der GEE-Reglementierung immer verwendet werden können. Sie können jedoch nicht mehr für die Berechnung der Dämmung von technischen Anlagen genutzt werden.

In nachstehender Tabelle ist die Dichte in einer Spalte vor jener der Wärmeleitfähigkeit aufgeführt und stellt eine Voraussetzung dar, die erfüllt werden muss, damit der Standardwert der Wärmeleitfähigkeit Gültigkeit erhält. Wenn die Dichte in einer Spalte aufgeführt ist, die sich hinter jener der Wärmeleitfähigkeit befindet, stellt sie eine nützliche Information zur Bestimmung der thermisch wirksamen Masse der Bauelemente dar.

A.2.1 Metalle

Tabelle A.1 – Metalle

Werkstoff	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	Spezifische Wärmte c J/(kg.K)	Dichte ρ kg/m³
Blei	35	35	130	11300
Kupfer	380	380	380	8900
Gelbes Messing	120	120	380	8400
Stahl	50	50	450	7800
Edelstahl (1)	17	17	460	7900
Aluminium	160	160	880	2800
Gusseisen	50	50	450	7500
Zink	110	110	380	7200
Bronze	65	65	380	8700
(1) Austenitstahl oder ferritischer Stahl				

A.2.2 Naturstein

Tabelle A.2 – Naturstein

Werkstoff	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	Dichte ρ kg/m³
Schwere Steine (Granit, Gneis, Basalt, Prophyr)	3,50	3,50	2700≤ ρ ≤3000
"Granitstein" (Blaustein), Kalkstein	2,91	3,50	2700
Marmor	2,91	3,50	2800
Schiefer	2,20	2,20	2000≤ ρ ≤2800
Hartstein	2,21	2,68	2550
Festgestein	1,74	2,09	2350

SiO2-reiche Kalksteine	2,30	2,30	2600
Halbfestgestein (Bruchstein)	1,40	1,69	2200
Die spezifische Wärme c beträgt 1000 J/(kg.K)			

A.2.3 Mauersteine

Tabelle A.3 – Tonziegel

Dichte ρ kg/m³	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**
ρ ≤ 700	0,22	0,43
700 < ρ ≤ 800	0,25	0,49
800 < ρ ≤ 900	0,28	0,56
900 < ρ ≤ 1000	0,32	0,63
1000 < ρ ≤ 1100	0,35	0,70
1100 < ρ ≤ 1200	0,39	0,77
1200 < ρ ≤ 1300	0,42	0,84
1300 < ρ ≤ 1400	0,47	0,93
1400 < ρ ≤ 1500	0,51	1,00
1500 < ρ ≤ 1600	0,55	1,09
1600 < ρ ≤ 1700	0,60	1,19
1700 < ρ ≤ 1800	0,65	1,28
1800 < ρ ≤ 1900	0,71	1,40
1900 < ρ ≤ 2000	0,76	1,49
2000 < ρ ≤ 2100	0,81	1,61
Die spezifische Wärme c beträgt 1000 J/(kg.K)		

Tabelle A.4 – Kalksandsteine/-blocksteine

Dichte ρ kg/m³	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**
ρ ≤ 900	0,36	0,78
900 < ρ ≤ 1000	0,37	0,81
1000 < ρ ≤ 1100	0,40	0,87
1100 < ρ ≤ 1200	0,45	0,97
1200 < ρ ≤ 1300	0,51	1,11
1300 < ρ ≤ 1400	0,57	1,24
1400 < ρ ≤ 1500	0,66	1,43
1500 < ρ ≤ 1600	0,76	1,65
1600 < ρ ≤ 1700	0,87	1,89
1700 < ρ ≤ 1800	1,00	2,19
1800 < ρ ≤ 1900	1,14	2,49
1900 < ρ ≤ 2000	1,30	2,84
2000 < ρ ≤ 2100	1,49	3,25
2100 < ρ ≤ 2200	1,70	3,71
Die spezifische Wärme c beträgt 1000 J/(kg.K)		

76	Anlage RDT 2017

Tabelle A.5 – Betonblocksteine mit gebräuchlichen Zuschlagstoffen

Dichte ρ kg/m³	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**
ρ ≤ 1600	1,07	1,39
1600 < ρ ≤ 1700	1,13	1,47
1700 < ρ ≤ 1800	1,23	1,59
1800 < ρ ≤ 1900	1,33	1,72
1900 < ρ ≤ 2000	1,45	1,88
2000 < ρ ≤ 2100	1,58	2,05
2100 < ρ ≤ 2200	1,73	2,24
2200 < ρ ≤ 2300	1,90	2,46
2300 < ρ ≤ 2400	2,09	2,71
Die spezifische Wärme c beträgt 1000 J/(kg.K)		

Tabelle A.6 – Beton-Blähtonsteine

Dichte ρ kg/m³	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**
ρ ≤ 400	0,14	(1)
400 < ρ ≤ 500	0,18	(1)
500 < ρ ≤ 600	0,21	0,28
600 < ρ ≤ 700	0,25	0,33
700 < ρ ≤ 800	0,30	0,39
800 < ρ ≤ 900	0,33	0,44
900 < ρ ≤ 1000	0,38	0,50
1000 < ρ ≤ 1100	0,43	0,57
1100 < ρ ≤ 1200	0,49	0,65
1200 < ρ ≤ 1300	0,55	0,73
1300 < ρ ≤ 1400	0,61	0,80
1400 < ρ ≤ 1500	0,67	0,88
1500 < ρ ≤ 1600	0,75	0,99
1600 < ρ ≤ 1700	0,83	1,10
Die spezifische Wärme c beträgt 1000 J/(kg.K) *(1) Es wird im Allgemeinen nicht empfohlen, diese Baustoffe direkt der Außenluft auszusetzen.*		

Tabelle A.7 – Betonblocksteine mit sonstigen Leichtzuschlägen

Dichte ρ kg/m³	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**
ρ ≤ 500	0,30	(1)
600 < ρ ≤ 700	0,37	0,47
700 < ρ ≤ 800	0,41	0,52
800 < ρ ≤ 900	0,46	0,58
900 < ρ ≤ 1000	0,51	0,65
1000 < ρ ≤ 1100	0,57	0,73
1100 < ρ ≤ 1200	0,64	0,82
1200 < ρ ≤ 1300	0,72	0,91
1300 < ρ ≤ 1400	0,82	1,04
1400 < ρ ≤ 1500	0,92	1,17
1500 < ρ ≤ 1600	1,03	1,31
1600 < ρ ≤ 1800	1,34	1,70
Die spezifische Wärme c beträgt 1000 J/(kg.K)		
(1) Es wird im Allgemeinen nicht empfohlen, diese Baustoffe direkt der Außenluft auszusetzen.		

Tabelle A.8 – Gasbeton-Blocksteine

Dichte ρ kg/m³	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**
ρ ≤ 300	0,10	(1)
300 < ρ ≤ 400	0,13	(1)
400 < ρ ≤ 500	0,16	(1)
500 < ρ ≤ 600	0,20	0,32
600 < ρ ≤ 700	0,22	0,36
700 < ρ ≤ 800	0,26	0,42
800 < ρ ≤ 900	0,29	0,48
900 < ρ ≤ 1000	0,32	0,52
Die spezifische Wärme c beträgt 1000 J/(kg.K)		
(1) Es wird im Allgemeinen nicht empfohlen, diese Baustoffe direkt der Außenluft auszusetzen.		

A.2.4 Fugenlose Steinbauteile (Vollwände, Böden,…)

Tabelle A.9 – Normaler Schwerbeton

Werkstoff	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	Dichte ρ kg/m³
Normaler Schwerbeton, Bewehrt	1,70	2,20	2400
Normaler Schwerbeton, Unbewehrt	1,30	1,70	2200
Die spezifische Wärme c beträgt 1000 J/(kg.K)			

Tabelle A.10 – Leichtbetonvoll- oder bodenplatte(2) oder Estrich (Beton-Blähton, Porenbeton, Schlackenbeton, Vermiculitbeton, Korkbeton, Perlitbeton, Polystyrolbeton usw.)

Wenn in Tabelle A.3 bis A.8 λ-Werte für diese Produkte angegeben sind, sind diese zu verwenden. In diesem Fall gelten die nachstehenden Werte nicht.

Dichte ρ kg/m³	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)
ρ < 350	0,12	(1)
350 ≤ ρ < 400	0,14	(1)
400 ≤ ρ < 450	0,15	(1)
450 ≤ ρ < 500	0,16	(1)
500 ≤ ρ < 550	0,17	(1)
550 ≤ ρ < 600	0,18	(1)
600 ≤ ρ <650	0,20	0,31
650 ≤ ρ < 700	0,21	0,34
700 ≤ ρ < 750	0,22	0,36
750 ≤ ρ < 800	0,23	0,38
800 ≤ ρ < 850	0,24	0,40
850 ≤ ρ < 900	0,25	0,43
900 ≤ ρ < 950	0,27	0,45
950 ≤ ρ < 1 000	0,29	0,47
1 000 ≤ ρ < 1 100	0,32	0,52
1 100 ≤ ρ < 1 200	0,37	0,58
1 200 ≤ ρ < 1 500	0,60	0,90
1 500 ≤ ρ < 1 600	0,85	1,20
1 600 ≤ ρ	1,30	1,70

Die spezifische Wärme c beträgt 1000 J/(kg.K)

(1) Es wird im Allgemeinen nicht empfohlen, diese Baustoffe direkt der Außenluft auszusetzen.

(2) Wenn die Bodenplatten oder Platten mit einer Bewehrung versehen sind, die parallel zum Wärmestrom verläuft (z. B. Bügel, Bewehrungsmatten), ist der Wärmedurchgang bei der Bestimmung des U-Werts nach der Norm NBN EN 10211 zu berücksichtigen.

A.2.5 Gips, Mörtel und Verputz

Tabelle A.11 – Gips mit oder ohne Leichtzuschläge

Dichte ρ kg/m³	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)
ρ ≤ 800	0,22	(1)
800 < ρ ≤ 1 100	0,35	(1)
1 100 < ρ	0,52	(1)

Die spezifische Wärme c beträgt 1000 J/(kg.K)

(1) Es wird im Allgemeinen nicht empfohlen, diese Baustoffe direkt der Außenluft auszusetzen.

Tabelle A.12 – Mörtel und Putz

Werkstoff	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	Dichte ρ kg/m³
Zementmörtel	0,93	1,50	1900
Kalkmörtel	0,70	1,20	1600
Gipsputz	0,52	(1)	1300

Die spezifische Wärme c beträgt 1000 J/(kg.K)

(1) Es wird im Allgemeinen nicht empfohlen, diese Baustoffe direkt der Außenluft, unter anderem mit der Gefahr der Durchfeuchtung durch Regen, auszusetzen.

A.2.6 Holz und Holzderivate

Tabelle A.13 - Holz und Holzderivate

Werkstoff	Dichte ρ kg/m³	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	Spezifische Wärme c J/(kg.K)
Bauholz aus Laubharthölzern und Nadelhölzern	ρ ≤ 600	0,13	0,15	1880
	ρ > 600	0,18	0,20	
Sperrholzplatte	ρ < 400	0,09	0,11	1880
	400 ≤ ρ < 600	0,13	0,15	
	600 ≤ ρ < 850	0,17	0,20	
	ρ ≥ 850	0,24	0,28	
Spanplatte	ρ < 450	0,10	(1)	1880
	450 ≤ ρ < 750	0,14	(1)	
	ρ ≥ 750	0,18	(1)	
Zementholzfaserplatte	ρ ≤ 1200	0,23	(1)	1470
OSB-Platte(oriented strand board)	ρ ≤ 650	0,13	(1)	1880
Holzfaserplatte (einschließlich MDF)	< 375	0,07	(1)	1880
	375 ≤ ρ < 500	0,10	(1)	
	500 ≤ ρ < 700	0,14	(1)	
	ρ ≥ 700	0,18	(1)	

(1) Es wird im Allgemeinen nicht empfohlen, diese Baustoffe direkt der Außenluft auszusetzen.

A.2.7 Wärmedämmstoffe

Tabelle A.14a – Fabrikgefertigte Wärmedämmstoffe

Werkstoff	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	Spezifische Wärme c J/(kg.K)
Kork (ICB) - Platten	0,050	(1)	1560
Mineralwolle (MW) – Platten oder Rollen	0,050	(1)	1030
Polystyrolschaumstoff (EPS) - Platten	0,050	(1)	1450
Extrudiertes Polyethylen (PEF) - Platten	0,050	(1)	1450
Phenolschaum – beschichtet (PF) beschichtete Platten	0,045 (2)	(1)	1400
Polyurethan – beschichtet (PUR/PIR) beschichtete Platten	0,035	(1)	1400
Extrudiertes Polystyrol (XPS) – Platten	0,045	(1)	1450
Schaumglas (CG) - Platten	0,055	(1)	1000
Expandiertes Perlit (EPB) - Platten	0,060	(1)	900
Expandiertes Vermiculit - Platten	0,090	(1)	900
Zelluloseplatten, fabrikgefertigt, mit $50 \leq \rho \leq 150$ kg/m³	0,060	(1)	1100
Isoliermaterial in Platten- oder Rollenform aus Pflanzen- oder Tierfasern, fabrikgefertigt, sonstige außer Zellulose, mit $50 \leq \rho \leq 150$ kg/m³ (3)(4)	0,060	(1)	1100

(1) Es wird im Allgemeinen nicht empfohlen, diese Baustoffe direkt der Außenluft auszusetzen.

(2) Bei beschichteten Dämmplatten aus geschlossenzelligem Phenolschaum beträgt dieser Wert nur 0,030 W/(m.K).

(3) Beispiel: Hanf, Leinen, Federn, Stroh, Schafwolle…

(4) Für höhere Dichten siehe Tabelle A.15.

Aufgrund einer Sonderregelung in Bezug auf die in Tabelle 14.a aufgeführten Werte für Gebäude, für die eine Baugenehmigung vor dem 1. Juni 2012 eingereicht wurde, finden folgende Werte Anwendung:

Tabelle A.14a bis – Fabrikgefertigte Wärmedämmstoffe: gültige Werte für Baugenehmigungsanträge, die vor dem 1. Juni 2012 eingereicht wurden

Werkstoff	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	Spezifische Wärme c J/(kg.K)
Steinwolle (MW)	0,045	(1)	*1030*
Polystyrolschaumstoff (EPS)	0,045	(1)	*1450*
Extrudiertes Polyethylen (PEF)	0,045	(1)	*1450*
Extrudiertes Polystyrol (XPS)	0,040	(1)	*1450*
(1) Es wird im Allgemeinen nicht empfohlen, diese Baustoffe direkt der Außenluft auszusetzen.			

Tabelle A.14b – Nicht fabrikgefertigte Wärmedämmstoffe und Wärmedämmstoffe, die ihre endgültige Form vor Ort erhalten(1)

Werkstoff	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	Spezifische Wärme c J/(kg.K)
Steinwolle (MW)	0,070	(2)	*1030*
Polystyrolschaumstoff (EPS)	0,070	(2)	*1450*
Phenolharzschaum (PF)	0,065	(2)	*1400*
Polyurethan (PUR/PIR) (3)	0,055	(2)	*1400*
Geblähtes Perlitgranulat (EPB)	0,080	(2)	-
Geblähtes Vermiculitgranulat	0,110	(2)	*1080*
Zellulose	0,080	(2)	*1100*
Dämmstoff aus Pflanzen- oder Tierfasern, nicht fabrikgefertigt, andere als Zellulose (4)	0,080	(2)	*1100*
Karbamid--Formaldehydschaum (UF)	0,075	(2)	*1400*
Geblähtes Tongranulat	0,150	(2)	*1000*
(1) Diese Materialien können auf unterschiedliche Weise verarbeitet werden, wie zum Beispiel (je nach Fall) eingeblasen, eingestreut, eingespritzt, aufgeschleudert, eingeschüttet, ...			
(2) Es wird im Allgemeinen nicht empfohlen, diese Baustoffe direkt der Außenluft auszusetzen.			
*(3) Für vor Ort eingespritzte oder eingestreute PUR-Dämmstoffe muss der Wärmewiderstand der PUR-Dämmschicht gemäß den Regeln des § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** korrigiert werden.*			
(4) Beispiel: Hanf, Leinen, Federn, Stroh, Schafwolle…			

A.2.8 Sonstige Baustoffe

Tabelle A.15 – Sonstige Baustoffe

Werkstoff	λ_{Ui} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	Spezifische Wärme c J/(kg.K)	Dichte ρ kg/m³
Glas	1,00	1,00	*750*	*2500*
Terracottafliesen	0,81	1,00	*1000*	*1700*
Steinzeugfliesen	1,20	1,30	*1000*	*2000*
Gummi	0,17	0,17	*1400*	*1500*
Linoleum, PVC-Platten	0,19	-	*1400*	*1200*
Teppich (Textil)	0,06	-	*1300*	*200*
Mit natürlichen Mineralfasern armierte Zementplatten	0,35	0,50	*1000*	*1400 ≤ ρ ≤ 1900*
Gussasphalt	0,70	0,70	*1000*	*2100*
Zementplatten, Magnesiumplatten, mit 300 ≤ ρ ≤ 900 kg/m³	0,20	-	*1500*	*300 ≤ ρ ≤ 900*
Dämmplatten oder -rollen aus Pflanzen- oder Tierfasern, fabrikgefertigt, mit 150 ≤ ρ ≤ 500 kg/m³ (1)	0,20	-	*1500*	*150 ≤ ρ ≤ 500*
Bitumenmembran	0,23	0,23	*1000*	*1 100*
(1) Beispiel: Hanf, Leinen, Federn, Stroh, Schafwolle…				

Annexe B Wärmedurchlasswiderstand (R-Wert) von inhomogenen Baustoffen

Bestimmte Wände werden aus großen Bauteilen mit Hohlräumen errichtet (z. B. Betonhohlblocksteine, Hohlziegel, Mischbaustoffe, …). Diese Baustoffe können nicht durch eine gegebene Wärmeleitfähigkeit charakterisiert werden. Bei solchen Baustoffen ist der Wärmedurchlasswiderstand anzugeben, bei dessen Bestimmung die Innen- und Außenbedingungen nach Anhang A zu berücksichtigen sind. Der bei der Berechnung zu verwendende R-Wert ist U-Wert-Messungen nach der Norm NBN EN 8990 zu entnehmen. Alternativ können die R-Werte numerisch entsprechend den Regeln der Norm NBN EN ISO 10211 ermittelt werden.

In Tabelle B.1 ist auch eine Reihe von Standardwerten des Wärmedurchlasswiderstands bei Innenbedingungen angegeben.

Tabelle B.1 - Wärmedurchlasswiderstand von inhomogenen Baustoffen

Werkstoff		**Dicke/Höhe der Bauteile**	**R_{Ui} m².K/W**
Mauerwerk	Schwerbetonhohl-blockstein mit ρ > 1200 kg/m³	d = 14 cm	0,11
		d = 19 cm	0,14
		d = 29 cm	0,20
	Leichtbetonhohl-blockstein mit ρ ≤ 1200 kg/m³	d = 14 cm	0,30
		d = 19 cm	0,35
		d = 29 cm	0,45
Fertigteil-Blindböden aus Tonhohlplatten	1 Hohlraum in Wärmestromrichtung	d = 8 cm	0.08
		d = 12 cm	0.11
	2 Hohlräume in Wärmestromrichtung	d = 12 cm	0.13
		d = 16 cm	0.16
		d = 20 cm	0.19
Fertigteil-Blindböden aus Schwerbeton (mit Hohlplatten)		d = 12 cm	0,11
		d = 16 cm	0,13
		d = 20 cm	0,15
Gipskartonplatten		d < 1,4 cm	0,05
		d ≥ 1,4 cm	0,08
Die spezifische Wärme c beträgt 1000 J/(kg.K)			

Annexe C Standardwerte des Feuchtegehalts und Umrechnungsfaktoren für Baustoffe aus Stein

Tabelle C.1 - Standardwerte des Feuchtegehalts und Umrechnungsfaktoren für Baustoffe aus Stein

Werkstoff	Dichte ρ kg/m³	Feuchtegehalt bei 23°C und 50% HR (NBN EN ISO 10456:2008)		Feuchtegehalt bei 20°C und 75% des kritischen Sättigungsgrads		Feuchteumrechnungsfaktor (NBN EN 12524)	
		u_{2i} kg/kg	Ψ_{2i} m³/m³	u_{2e} kg/kg	Ψ_{2e} m³/m³	f_u kg/kg	f_Ψ m³/m³
Mauerziegel	700-2100	-	0,007	-	0,075	-	10
Kalksandstein	900-2200	-	0,012	-	0,090	-	10
Beton mit gebräuchlichen Zuschlagstoffen	1600-2400	-	0,025	-	0,090	-	4
Beton mit Blähton	400-1700	0,020	-	0,090	-	4	-
Beton mit sonstigen Leichtzuschlägen	500-1800	-	0,030	-	0,090	-	4
Porenbeton	300-1000	0,026	-	0,150	-	4	-
Polystyrolbeton	500-800	-	0,015	-	0,090	-	5
Mörtel	250-2000	-	0,040	-	0,150	-	4

Annexe D Wärmedurchgangskoeffizienten von Rahmenprofilen (U_f-Werte): Standardwerte

Dieser Anhang gilt für vertikal eingebaute Rahmenprofile, die die angegebenen Kriterien oder Bedingungen erfüllen. Bei allen sonstigen Rahmenprofilen sind die U_f-Werte entsprechend den Angaben in § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** zu bestimmen.

D.1 Rahmenprofile aus Holz

Bei Rahmenprofilen aus Holz können die vereinfachten U_f-Werte in Tabelle D.1 verwendet werden. Bei in dieser Tabelle nicht enthaltenen Dicken ist der U_f-Wert zu berücksichtigen, der der nächst kleineren Dicke entspricht.

Um festzustellen , welche Art von Holzarten gehört, wird die Tabelle D.2 verwendet.

Tabelle D.1 – Wärmedurchgangskoeffizient von Rahmenprofilen aus Holz, U_f in W/m²K

Dicke des Rahmenprofils d_f (in mm) (siehe Abb. [33])	**U_f W/(m².K) (1)**		
	Typ 1 λ_U = 0,18 W/(m.K)	**Typ 2 λ_U = 0,16 W/(m.K)**	**Typ 3 λ_U = 0,13 W/(m.K)**
50	2,36	2,22	2,00
60	2,20	2,10	1,93
70	2,08	1,96	1,78
80	1,96	1,85	1,67
90	1,86	1,75	1,58
100	1,75	1,65	1,48
110	1,68	1,57	1,40
120	1,58	1,48	1,32
130	1,50	1,40	1,25
140	1,40	1,32	1,18
150	1,34	1,26	1,12

(1) Vereinbarungen für Rahmenprofile aus Holz:
- *Standardwert für die Rahmenprofildicke ist 50 mm;*
- *Standardwert für typ des Holzes, dass diese Art von Holz als 1.*

Die Dicke (d_f) von Rahmenprofilen aus Holz ist als mittlere Dicke der Rahmenprofilkomponenten (Blendrahmen und Flügel) zu bestimmen, wie in Abb. [33] dargestellt.

Abb. [33]: Definition der Dicke d_f verschiedener Holzrahmen

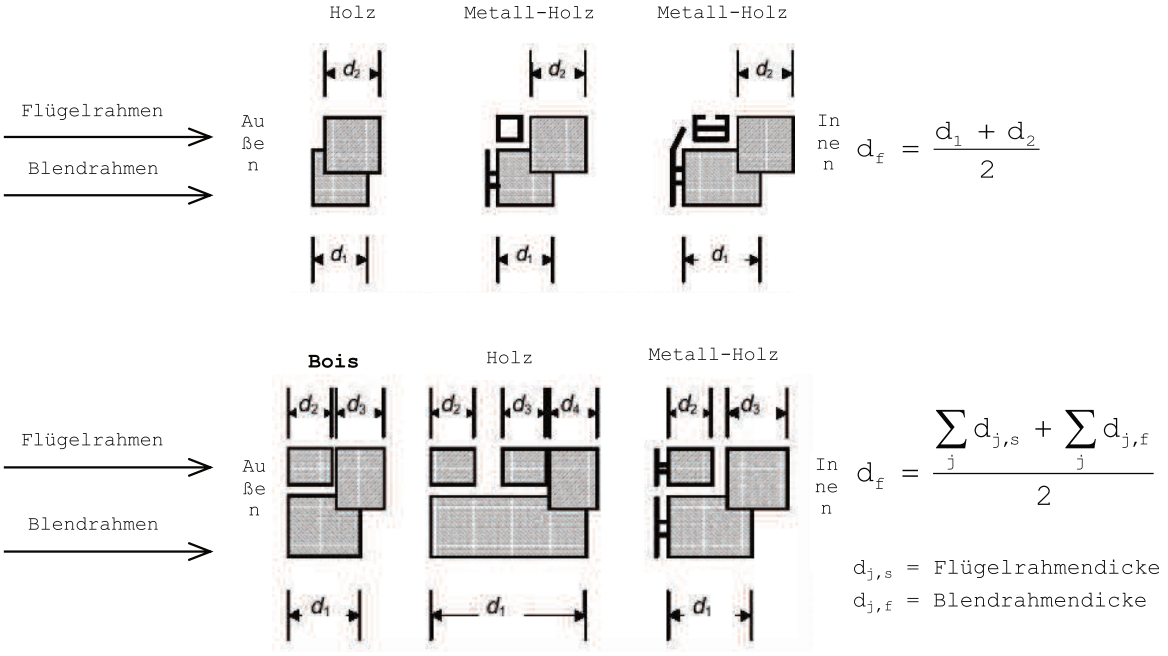


Tabelle D 2 – Typ des Holzes

Typ 1 **λ_U = 0,18 W/(m.K)**	**Typ 2** **λ_U = 0,16 W/(m.K)**	**Typ 3** **λ_U = 0,13 W/(m.K)**
Afzelia	Sapelli	African Mahagoni
Bintangor	Sipo	Lärche
Blau Eukalyptus	Tasmanian Oak	Eastern Spruce
Eukalyptus	Mengkulang	White Seraya
Merbau	Niangon	Föhre
Gerutu	Iroko	Douglas (Oregon Pine)
Kasai	Louro Vermelho	Light Red Meranti
Eiche	Dark Red Meranti	Amerikan Mahagoni
Robinie	Teck	Framiré
a	Makoré	Western hemlocktanne
Nicht belaubt erwähnt an anderer Stelle in der Tabelle		A Nicht genannte Harz in der übrigen Tabelle

D.2 Rahmenprofile aus Metall

D.2.1 Begriffsbestimmung

Der Wärmedurchlasswiderstand R_f eines Rahmenprofils aus Metall wird ausgedrückt durch:

Gl. 54 $$R_f = \frac{1}{U_{f0}} - 0,17$$ m².K/W

Dabei ist:

U_{f0} U-Wert des Rahmenprofils, in W/(m².K), bestimmt mit der Annahme abgewickelte Fläche gleich Projektionsfläche (siehe Tabelle D.2).

Der Wert U_f eines Rahmenprofils aus Metall wird ausgedrückt durch:

Gl. 55
$$U_f = \frac{1}{\left(\frac{R_{si} . A_{f,i}}{A_{d,i}} + R_f + \frac{R_{se} . A_{f,e}}{A_{d,e}} \right)} \quad \text{W/(m².K)}$$

Dabei ist:

$A_{d,i}$, $A_{d,e}$, Profilflächen des Rahmens, in m², definiert in § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

$A_{f,i}$, $A_{f,e}$

R_{si} innerer Wärmeübergangswiderstand des Rahmenprofils, in m².K/W, bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** (oder siehe Tabelle [1]);

R_{se} äußerer Wärmeübergangswiderstand des Rahmenprofils, in m².K/W, bestimmt nach § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** (oder siehe Tabelle [1]);

R_f Wärmedurchlasswiderstand des Rahmenprofils, in m².K/W, bestimmt nach Gl. 54.

D.2.2 Rahmenprofile aus Metall mit wärmetechnischer Trennung

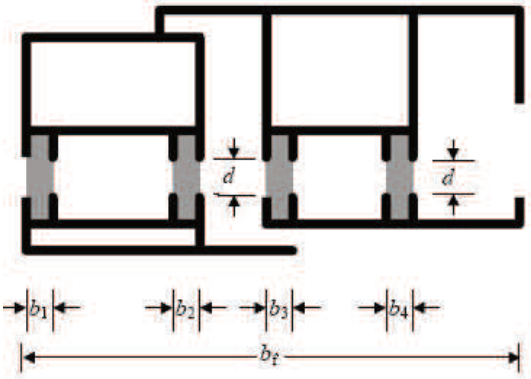
Eine wärmetechnische Trennung dient der vollständigen Trennung der auf der Warmseite des Fensters gelegenen Teile von Rahmenprofilen aus Metall von den auf der Kaltseite gelegenen Teilen dieser Rahmenprofile.

Bei Rahmenprofilen aus Metall mit wärmetechnischer Trennung wird der U_f-Wert durch konstruktive Eigenschaften beeinflusst, wie:

- kleinster Abstand d zwischen unterbrochenen Abschnitten aus Metall;
- Gesamtbreite b der eigentlichen wärmetechnischen Trennungen;
- Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffs der wärmetechnischen Trennung;
- Verhältnis zwischen der Gesamtbreite der wärmetechnischen Trennung und der projizierten Gesamtbreite des Rahmenprofils.

In Tabelle D.2 sind die U_f-Werte angegeben, die für die beiden in Abb. [34] und Abb. [35] dargestellten Typen von Rahmenprofilen aus Metall zu verwenden sind, für die die nachstehenden Bedingungen gelten:

Abb. [34]: Abschnitt Typ 1: wärmetechnische Trennung mit 0,2 < λ ≤ 0,3 W/(m.K)



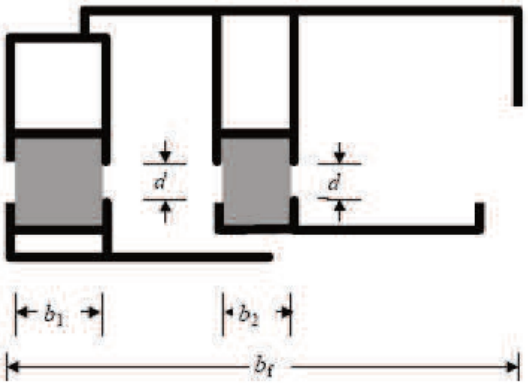
Die Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffs der wärmetechnischen Trennung ist:

0,2 < λ ≤ 0,3 W/(m.K)

- d: kleinster Abstand zwischen den durch die Trennung getrennten Rahmenprofilen
- b_j: Breite der Trennung j
- b_f: Breite des Profils

$$\sum_j b_j \leq 0,2.b_f$$

Abb. [35]: Abschnitt Typ 2: wärmetechnische Trennung mit 0,1 < λ ≤ 0,2 W/(m.K)



Die Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffs der wärmetechnischen Trennung ist:

0,1 < λ ≤ 0,2 W/(m.K)

- d: kleinster Abstand zwischen den durch die Trennung getrennten Rahmenprofilen
- b_j: Breite der Trennung j
- b_f: Breite des Profils

$$\sum_j b_j \leq 0,3.b_f$$

Tabelle D.2 – Wärmedurchgangskoeffizienten von Rahmenprofilen aus Metall mit wärmetechnischer Trennung, U_f en W/(m².K)

d (in mm): kleinster Abstand zwischen Rahmenprofilen aus Metall mit wärmetechnischer Trennung	U_{fo} W/(m².K) (1)	R_f m².K/W	U_f W/(m².K) (2)
8	3,56	0,11	4,51
10	3,36	0,13	4,19
12	3,18	0,14	3,91
14	3,08	0,15	3,76
16	2,96	0,17	3,59
18	2,85	0,18	3,43
20	2,75	0,19	3,28
22	2,70	0,20	3,21
24	2,60	0,21	3,07
26	2,58	0,22	3,04
28	2,55	0,22	3,00
30	2,53	0,23	2,97
32	2,52	0,23	2,96

34	2,51	0,23	2,95
36	2,50	0,23	2,93

(1) U_{fo} ist der theoretische U_f-Wert des Rahmenprofils, wenn die projizierten und abgewickelten Flächen des Profils innen und außen gleich sind, d. h. wenn $A_{f,i}/A_{d,i} = 1$ und $A_{f,e}/A_{d,e} = 1$

(2) Als vereinfachter Wert für den kleinsten Abstand d zwischen den Rahmenprofilen ist d = 10 mm zu verwenden. Die U_f-Werte gelten nur, wenn $A_{f,i}/A_{d,i} \geq 0,50$, andernfalls ist eine genaue Berechnung nach der Norm NBN EN ISO 10077-2 durchzuführen

D.2.3 Rahmenprofile aus Metall ohne wärmetechnische Trennung

Für Rahmenprofile ohne wärmetechnische Trennung gilt die allgemeine Regel $R_f = 0$ m²K/W und $U_{f0} = 5,90$ W/m²K.

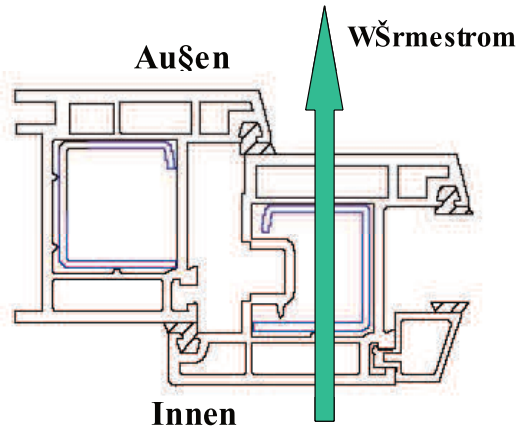
Je nach den Flächenverhältnissen $A_{f,i}/A_{d,i}$ und $A_{f,e}/A_{d,e}$, schwankt der entsprechende, nach Gl. 55 berechnete U_f-Wert der Rahmenprofile aus Metall zwischen:

- $U_f = 5,9$ W/m²K (bei $A_{f,i}/A_{d,i} = 1$ und $A_{f,e}/A_{d,e} = 1$);
- $U_f = 9,0$ W/m²K (bei den pauschalen unteren Grenzwerten: $A_{f,i}/A_{d,i} = 0,60$ bei $A_{f,e}/A_{d,e} = 0,82$).

D.3 Rahmenprofile aus Kunststoff

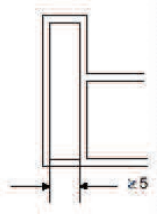
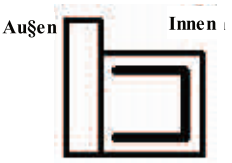
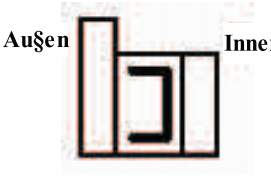
In Abb. [36] ist ein Beispiel für ein Rahmenprofil aus Kunststoff dargestellt, mit drei Kammern, die in Richtung Wärmestrom hintereinander angeordnet sind, wobei die mittlere Kammer mit einer Metallverstärkung versehen ist.

Abb. [36]: Rahmenprofil aus Kunststoff mit Verstärkung und 3 in Richtung Wärmestrom hintereinander angeordneten Kammern



In Tabelle D.3 sind die vereinfachten U_f-Werte für Rahmenprofile aus Kunststoff mit Metallverstärkungen angegeben. Wenn keine anderen Daten bekannt sind, können diese Werte auch für Profile ohne Verstärkungen verwendet werden.

Tabelle D.3 – Wärmedurchgangskoeffizienten von Rahmenprofilen aus Kunststoff, U_f en W/m².K

Rahmenprofilwerkstoff und -typ		U_f W/(m².K) (1)
PVC-Rahmenprofil mindestens 5 mm zwischen den Kammerwänden (2), Beispiel: 	2 Kammern (in Richtung Wärmestrom hintereinander angeordnet) mit oder ohne Verstärkung 	2,20
	3 Kammern (in Richtung Wärmestrom hintereinander angeordnet) mit oder ohne Verstärkung 	2,00
	4 Kammern (in Richtung Wärmestrom hintereinander angeordnet) mit oder ohne Verstärkung	1,80
	5 Kammern (in Richtung Wärmestrom hintereinander angeordnet) mit oder ohne Verstärkung	1,60
PUR-Rahmenprofil	Mit Metallkern und einer PUR-Dicke von mindestens 5 mm	2,80

(1) Standardwerte für Rahmenprofile aus Kunststoff:
- Werkstoff unbekannt: als U_f-Wert den Wert für PUR-Rahmenprofil verwenden
- Anzahl der Kammern unbekannt: als U_f-Werte die Werte für Rahmenprofile mit 2 Kammern verwenden.

(2) Bei Abständen unter 5 mm muss der U_f-Wert nach NBN EN ISO 10077-2 berechnet oder nach NBN EN 12412-2 gemessen werden.

Annexe E Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient (Ψ -Wert) von Verbindungsbereichen zwischen Rahmenprofilen, Verglasungen, Paneelen und Riegeln

E.1 Allgemeine Bestimmungen

Der U_g-Wert der Verglasung und der U_p-Wert der Paneele gelten für den Mittenbereich der Verglasung oder des Paneels und berücksichtigen nicht den Effekt der Abstandhalter an Glas- oder Paneelrändern. Darüber hinaus ist für Profile, in die keine Verglasung eingesetzt ist, der U_f-Wert des Rahmenprofils zu bestimmen.

Der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient (Ψ-Wert) beschreibt den zusätzlichen Wärmedurchgang zwischen Rahmen, Verglasung (oder Paneel) und dem Abstandhalter. Der Ψ-Wert wird im Wesentlichen durch die Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffs beeinflusst, aus dem der Abstandhalter besteht, sowie durch die Rahmenkonstruktion.

In dem vorliegenden Anhang sind die Ψ-Standardwerte für typische Kombinationen von Rahmenprofilen, Verglasungen (oder Paneelen) und Abstandhaltern angegeben. Darüber hinaus werden die Verbindungsbereiche von Vorhangfassaden behandelt, die z. B. durch die Kombinationen von Verglasungen (oder Paneelen), Profilen und Riegeln entstehen.

Alle Werte, die nicht durch die verschiedenen Tabellen gedeckt sind, sind anhand der numerischen Berechnung nach der Norm NBN EN ISO 10077-2 zu bestimmen.

ANM.: Bei Einfachverglasung ist Ψ üblicherweise = 0.

E.2 Verbindungsbereich zwischen Rahmenprofil und Verglasung

Es ist eine Differenz zwischen den konventionellen Abstandhaltern (Aluminium oder Stahl) und den thermisch verbesserten Abstandhaltern festzustellen, die dem Kriterium bezüglich der wärmetechnischen Trennung entsprechen, nach:

Gl. 56 $\sum (d.\lambda)_f \leq 0,007$ W/K

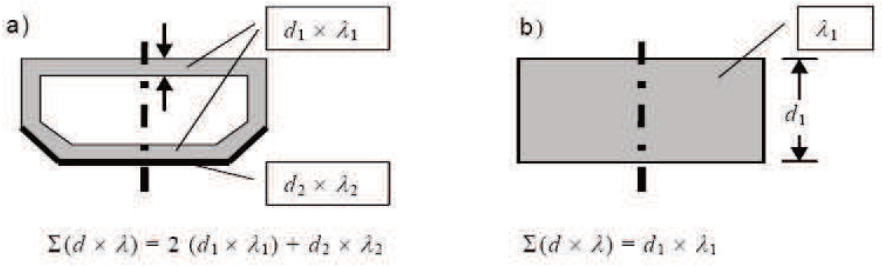
Dabei ist:

d Wanddicke des Abstandhalters, in m;

λ Wärmeleitfähigkeit des Abstandhalterwerkstoffs, in W/(m.K) (siehe Tabelle A.16)

Das Kriterium gilt für alle Wärmeströme, die parallel zum Hauptwärmestrom verlaufen, wobei die Dicke d senkrecht zum Hauptwärmestrom zu messen ist (siehe Abb. [37]).

Abb. [37]: Beispiele für die Bestimmung des Kriteriums eines thermisch verbesserten Abstandhalters



a) hohler Abstandhalter **b) massiver Abstandhalter**

In Tabelle E.1 sind vereinfachte Ψ_g-Werte für konventionelle und für thermisch verbesserte Abstandhalter in Abhängigkeit von dem Wärmedurchgangskoeffizienten der Verglasung und des Profils angegeben. Alternativ können auch die Werte in Tabelle E.2 verwendet werden.

Tabelle E.1 – Ψ_g-Werte [W/m.K] für Verbindungsbereiche zwischen Profilen und Verglasungen mit konventionellen und mit thermisch verbesserten Abstandhaltern, Variante 1

Rahmentyp	Mehrfachverglasung			
	unbeschichtete Verglasung		beschichtete Verglasung	
	konventioneller Abstandhalter	dämmender Abstandhalter	konventioneller Abstandhalter	dämmender Abstandhalter
Holz oder PVC	0,06	0,05	0,08	0,06
Metall mit thermischer Trennung	0,08	0,06	0,11	0,08
Metall ohne thermische Trennung	0,02	0,01	0,05	0,04

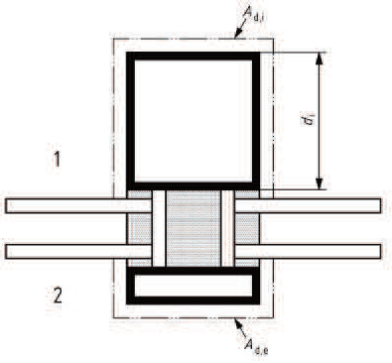
Tabelle E.2 – Ψ_g-Werte [W/m.K] für Verbindungsbereiche zwischen Profilen und Verglasungen mit konventionellen und mit thermisch verbesserten Abstandhaltern, Variante 2

Rahmen-profil	Einfach-verglasung	Mehrfachverglasung			
		U_g > 2,0 W/(m².K)		$U_g \leq$ 2,0 W/(m².K)	
		konvent. Abstandhalter	dämmender Abstandhalter	konvent. Abstandhalter	dämmender Abstandhalter
$U_f \geq$ 5,9 W/(m².K)	0	0,02	0,01	0,05	0,04
$U_f <$ 5,9 W/(m².K)	0	0,06	0,05	0,11	0,07

E.3 Verbindungsbereich zwischen Riegel und Verglasung

In Tabelle E.3 sind die $\Psi_{m,g}$ oder $\Psi_{t,g}$-Standardwerte für den Verbindungsbereich zwischen waagerechten oder senkrechten Riegeln und Verglasungen mit konventionellen und mit thermisch verbesserten Abstandhaltern angegeben.

Abb. [38]: Innentiefe der Riegel



1: Innenumgebung
2: Außenumgebung

d_i: Tiefe des senkrechten oder waagerechten Riegels (gemessen auf der Innenseite)

Tabelle E.3 – $\Psi_{m(t),g}$-Werte [W/m.K] für den Verbindungsbereich zwischen Riegeln und Verglasungen mit konventionellen und mit thermisch verbesserten Abstandhaltern

Riegeltyp (Werkstoff)	d_i (mm) (1)	Mehrfachverglasung (6-mm-Scheibe)			
		unbeschichtete Verglasung		beschichtete Verglasung	
		konvent. Abstand-halter	dämmender Abstand-halter	konvent. Abstand-halter	dämmender Abstand-halter
Aluminium-Holz	-	0,08	0,06	0,11	0,08
Metall mit thermischer Trennung	$d_i \leq 100$	0,13	0,09	0,17	0,11
	$100 < d_i \leq 200$	0,15	0,10	0,19	0,12
(1) d_i ist die Innentiefe des Riegels (siehe Abb. [38])					

E.4 Verbindungsbereich zwischen Profil und Füllung

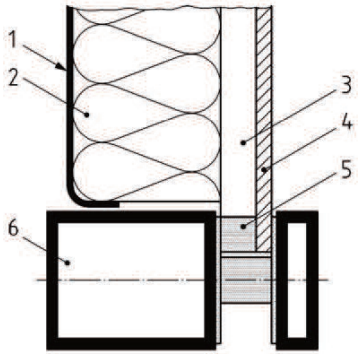
In Tabelle E.4 sind die Standardwerte für den Verbindungsbereich zwischen Profil, Abstandhalter und Paneel ($\Psi_{f,p}$) angegeben.

Tabelle E.4 – $\Psi_{f,p}$-Werte für den Verbindungsbereich zwischen Profilen und Paneelen

Massivbauteiltyp		Wärmeleitfähigkeit des Abstandhalters (W/m.K)	$\Psi_{f,p}$-Wert (W/m.K)
Type 1 (siehe Abb. [39])	(Aluminium/Aluminium) – (Aluminium/Glas) – (Stahl/Glas)	-	0,13
Type 2 (siehe Abb. [39])	Aluminium / Aluminium (beschichtet)	0,2 0,4	0,20 0,29
	Aluminium / Glas (beschichtet)	0,2 0,4	0,18 0,20
	Stahl / Glas (beschichtet)	0,2 0,4	0,14 0,18

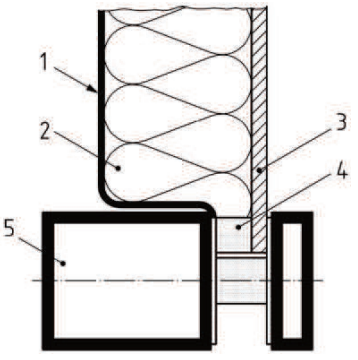
Abb. [39]: Paneeltypen: Typen 1 und 2

Typ 1



1 Aluminium 2,5 mm / Stahl 2,0 mm
2 Dämmung: λ = 0,025 – 0,04 W/(m K)
3 Luftspalt: 0 - 20 mm
4 Aluminium 2,5 mm / Glas 6 mm
5 Abstandhalter: λ = 0,2 – 0,4 W/(m K)
6 Aluminium

Typ 2



1 Aluminium 2,5 mm / Stahl 2,0 mm
2 Dämmung: λ = 0,025 – 0,04 W/(m K)
3 Aluminium: 2,5 mm / Glas 6 mm
4 Abstandhalter: λ = 0,2 – 0,4 W/(m K)
5 Aluminium

ANM. Wenn das vordere und das hintere Paneel aus einem Werkstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit (λ-Wert) von unter 0,5 W/m.K bestehen und der Abstandhalter aus einem Werkstoff mit λ < 0,2 W/mK besteht, dann kann $\Psi_{f,p} = 0$ verwendet werden.

E.5 Verbindungsbereich zwischen Profil und Riegel

E.5.1 Aluminium- und Stahlprofile

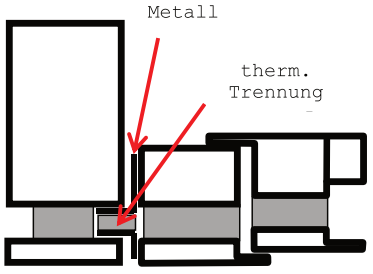
In Tabelle E.5 sind die Standardwerte für den Verbindungsbereich zwischen Riegeln und Profilen angegeben ($\Psi_{m,f}$ oder $\Psi_{t,f}$).

Tabelle E.5 – $\Psi_{m,f}$ und $\Psi_{t,f}$-Werte für die Verbindungsbereiche zwischen Profil und Riegeln (Aluminium oder Stahl)

Typ (siehe Abb. unten)	**Beschreibung des Verbindungsbereichs zwischen Profil und Riegel**	**$\Psi_{m,f}$- oder $\Psi_{t,f}$-Wert (W/m.K)**
Typ A	Zusätzliches Metallprofil mit thermischer Trennung	0,11
Typ B	Zusätzliches Profil mit niedriger Wärmeleitfähigkeit (λ ≤ 0,3 W/mK)	0,05
Typ C1/C2	Eingebaut unter Verwendung der thermischen Trennung des Profils	0,07
Typ D	Montage des Profils auf dem Riegel, mit Verlängerung des Aluminiumaußenprofils. Füllwerkstoff mit niedriger Wärmeleitfähigkeit (λ ≤ 0,3 W/mK)	0,07

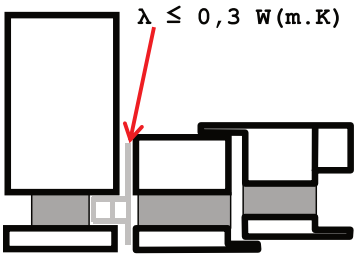
Abb. [40]: Verbindungsbereich Riegel/Profil: Typen A und B

Typ A



Montage des Profils auf dem Riegel mit zusätzlichem Metallprofil mit thermischer Trennung

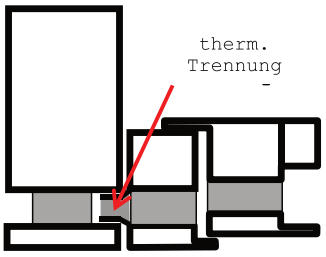
Typ B



Montage des Profils auf dem Riegel mit zusätzlichem Profil mit niedriger Wärmeleitfähigkeit

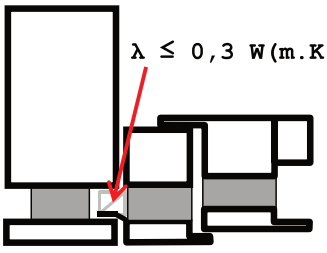
Abb. [41]: Verbindungsbereich Riegel/Profil: Typen C1 und C2

Typ C1



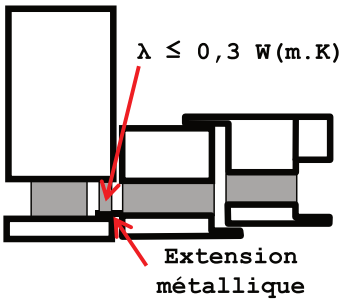
Montage des Profils auf dem Riegel unter Verwendung einer Verlängerung der thermischen Trennung des Profils

Typ C2



Montage des Profils auf dem Riegel unter Verwendung einer Verlängerung der thermischen Trennung des Profils

Abb. [42]: Verbindungsbereich Riegel/Profil: Typ D



Montage des Profils auf dem Riegel unter Verwendung einer Verlängerung des Aluminiumaußenprofils. Füllwerkstoff mit niedriger Wärmeleitfähigkeit (λ ≤ 0,3 W/mK)

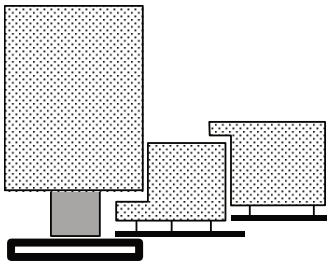
E.5.2 Holzprofile und Holz-Aluminiumprofile

In Tabelle E.6 sind die Standardwerte für den Verbindungsbereich zwischen Profilen und Riegeln angegeben ($\Psi_{f,m}$ oder $\Psi_{f,t}$).

Tabelle E 6 – $\Psi_{m,f}$ und $\Psi_{t,f}$-Werte für die Verbindungsbereiche zwischen Profilen und Riegeln (Holz oder Holz-Aluminium)

Typ	Bedingungen für die U-Werte von waagerechten und senkrechten Riegeln (U_m und U_t)	$\Psi_{m,f}$ oder $\Psi_{t,f}$-Wert (W/m.K)
Typ A	U_m > 2,0 W/(m².K) und U_t > 2,0 W/(m².K)	0,02
Typ B	U_m ≤ 2,0 W/(m².K) und/oder U_t ≤ 2,0 W/(m².K)	0,04

Abb. [43]: Verbindungsbereich Riegel/Profil: Typ A und Typ B



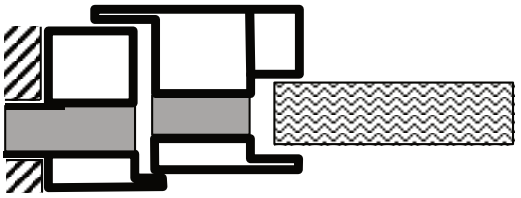
E.6 Bestimmung von Uf bei in eine Vorhangfassade eingebauten Profilen

Der U_f-Wert von Profilen, die über ein zusätzliches Profil (Typ A und Typ B – siehe Abb. [40]) in der Fassade in eine Vorhangfassade eingebaut sind, ist nach der Norm NBN EN ISO 10077-2 zu berechnen. Der Wärmestrom durch das zusätzliche Profil ist in Form der längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten der Riegel ($\Psi_{m,f}$ und $\Psi_{t,f}$-Werte) zu berücksichtigen, die die thermische Wechselwirkung zwischen den Riegeln und den Profilen beschreiben.

Abb. [44]: Randbedingungen für die Bestimmung des U_f-Werts eines Rahmens, der direkt in eine Vorhangfassade eingebaut ist (Metallprofil – Typ C und Typ D)



adiabatic



Das allgemeine Berechnungsverfahren für die Bestimmung des U_f-Werts von Profilen, die direkt in eine Vorhangfassade eingebaut sind (Typ C und Typ D – siehe Abb. [41] und Abb. [42] E.5 und Abb. E.6) ist in der Norm NBN EN ISO 10077-2 beschrieben. Die Oberfläche des in die Riegel eingebauten Profils ist bei der Berechnung als adiabatisch zu betrachten (siehe Abb. E.8). Der zusätzliche Wärmestrom, der durch den Einbau in die Vorhangfassade entsteht, ist anhand der längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten der Riegel ($\Psi_{m,f}$ und $\Psi_{t,f}$-Werte) zu berücksichtigen, die die thermische Wechselwirkung zwischen den Riegeln und dem Profil darstellen.

Annexe F Wärmeübertragung über das Erdreich

F.1 Notwendige spezifische Daten

F.1.1 Wärmetechnische Eigenschaften des Erdreichs

Im Rahmen der GEE-Reglementierung gelten immer die folgenden Annahmen:

- Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs: λ_g = 2,0 W/m·K;
- der Einfluss des Grundwassers ist zu vernachlässigen, d. h. G_w = 1.

F.1.2 Charakteristisches Bodenplattenmaß und wirksame Dicke

Das charakteristische Bodenplattenmaß (B' in m) ist definiert als das Verhältnis zwischen der erdanliegenden Gesamtfläche (A in m²) und dem halben Umfang (P in m):

Gl. 57 $$B' = \frac{A}{0,5.P}$$ m

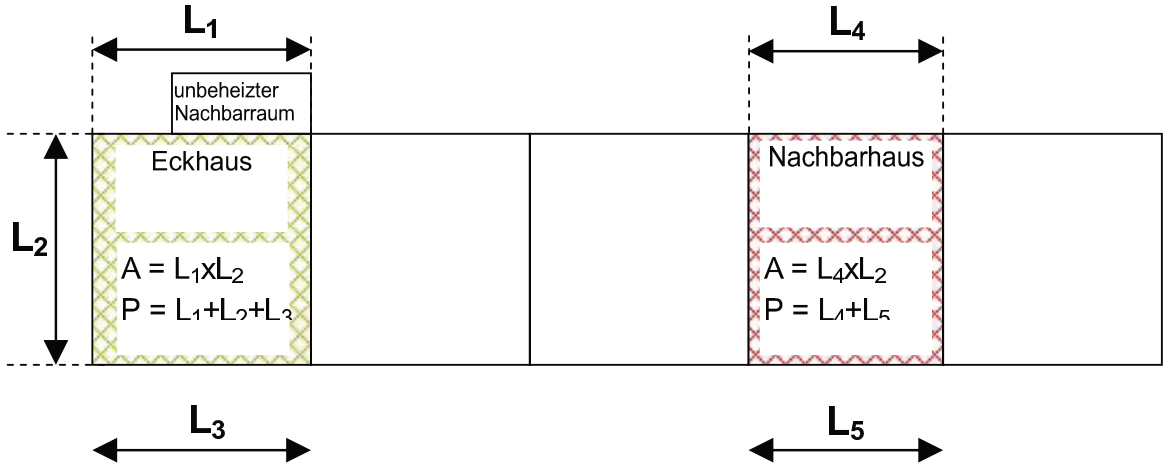
Der Umfang P (oder die Bodenkontur) der Bodenplatte eines geschützten Volumens ist die gemessene waagerechte Gesamtlänge, über die die Bodenfläche A dieser Bodenplatte die Außenumgebung oder einen unbeheizten Nachbarraum berührt (AUR).

Weitere Regeln für die Bestimmung von P und/oder A sind:

- bei einem gedämmten Gebäude auf Erdreich ist P = die gesamte Gebäudekontur und A = die Gesamtfläche der Bodenplatte auf Erdreich;
- bei einem Teil eines Gebäudekomplexes (z. B. Reihenhäuser) ist P als Gesamtlänge der der Außenumgebung ausgesetzten Vorder- und Rückseite zu bestimmen (die an ein beheiztes Nachbargebäude anliegenden Seiten sind also nicht zu berücksichtigen); A ist wiederum = Gesamtfläche der Bodenplatte auf Erdreich;
- bei der Bestimmung von P ist ein möglicherweise bestehender unbeheizter Nachbarraum nicht zu berücksichtigen; die Länge der Grenze zwischen dem geschützten Volumen und dem unbeheizten Nachbarraum ist also bei der Bestimmung von P zu berücksichtigen (siehe Abb. [45]);
- P und A sind mit den Außenmaßen zu bestimmen.

ANM. Die Höhen einer senkrechten Höhenänderung des Erdreichs in einer Bodenplatte sind für die Bestimmung des charakteristischen Bodenplattenmaßes bei P nicht zu berücksichtigen, sie sind jedoch bei der Bestimmung der Transmission und des Wärmeverlusts am Rand als Zuschlag auf P zu berücksichtigen, in der Form P.Ψ_g.

Abb. [45]: Beispiele für die Bestimmung der Bodenfläche und der freigelegten Umfang



Das Konzept der "wirksamen Dicke" (d_t bei Bodenplatten und d_g und d_w bei Wänden unter der Erde) ist ein arithmetisches Konzept, das eingeführt wurde, um die Schreibung der verschiedenen Formeln für den U-Wert zu vereinfachen.

Bei variierender Wanddicke muss für w der kleinste Wert berücksichtigt werden.

F.2 Bestimmung des U-Werts und des stationären Wärmedurchgangs H_g

F.2.1 Allgemeine Bestimmungen

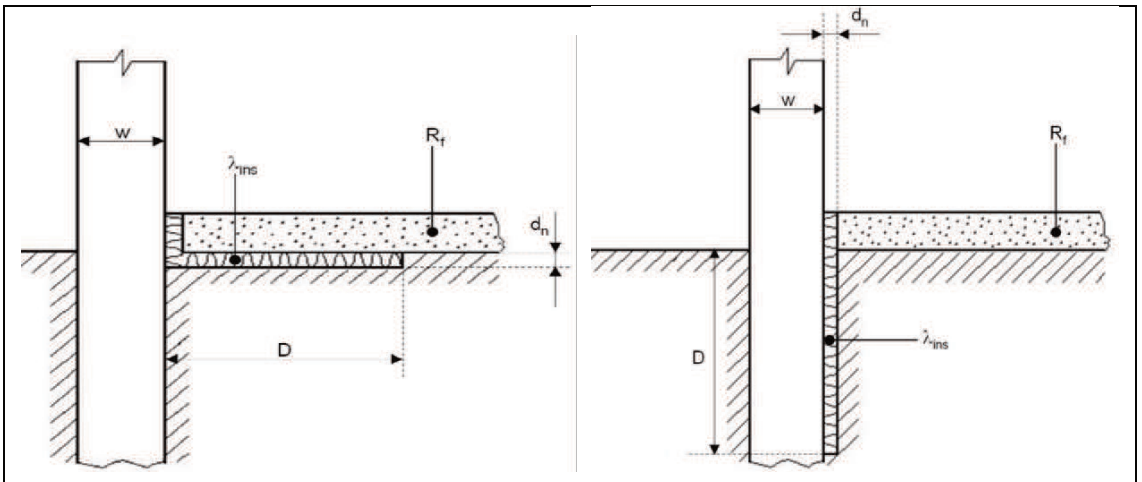
In den nachstehenden Paragraphen ist die detaillierte Bestimmung des U-Werts von erdanliegenden Wänden und des Wärmedurchgangskoeffizienten H_g für die verschiedenen Typen erdanliegender Wände angegeben, insbesondere:

- Bodenplatten auf Erdreich (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**);
- aufgeständerte Bodenplatten (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**);
- Kellerwände (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

F.2.2 Bodenplatten auf Erdreich

Bodenplatten auf Erdreich bestehen aus einer Bodenplatte, deren gesamte Fläche direkt das Erdreich berührt (unabhängig davon, ob die Bodenplatte auf ihrer gesamten Flächen vom Erdreich gestützt wird oder nicht), und die (etwa) auf Geländehöhe liegt. Die Bodenplatte kann ungedämmt, vollflächig gedämmt oder zum Teil gedämmt sein (z. B. waagerechte oder senkrechte Randdämmung).

Abb. [46]: Bodenplatten auf Erdreich



Notwendige Daten für die Berechnung:

- Erdreich (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**):
  - λ_g: λ-Wert, in W/(m.K);
  - G_w: Grundwasserfaktor, (-);
- Außenwand:
  - w: Gesamtdicke, in m;
- Bodenplatte:
  - P: Umfang P, in m;
  - A: Fläche, in m²;
  - R_f: Wärmedurchgangswiderstand der Bodenplatte (von der Innenfläche bis zur erdberührenden Fläche), in m².K/W;
- Randdämmung:
  - D: Breite oder Tiefe D, in m;
  - d_n: Dicke, en m;
  - λ_{ins}: λ-Wert, en W/(m.K).

Das Berechnungsverfahren (U-Wert und stationärer Wärmedurchgang) verläuft wie folgt:

Vorbereitende Schritte:

- Berechnen die charakteristische Dimension des Bodens B', in m, nach Gl. 57.
- Berechnen der Wärmewiderstand der Perimeterdämmung, R_n, von:

Gl. 58 $R_n = d_n/\lambda_{ins}$ m².K/W

Schritt 1

Berechnen Sie d_t nach:

Gl. 59 $d_t = w + \lambda_g (R_{si} + R_f + R_{se})$ m

Schritt 2

Berechnen Sie U_0:

Gl. 60 wenn dt < B': $U_0 = \frac{2.\lambda}{\pi.B'+d_t} \ln\left(\frac{\pi.B'}{d_t}+1\right)$

wenn dt ≥ B' (gut gedämmte Bodenplatte): $U_0 = \frac{\lambda}{0,457.B'+d_t}$ W/(m².K)

Schritt 3

Berechnen Sie den U-Wert des Bodens gegenüber dem Boden nach:

Gl. 61 wenn Ohne Randdämmung: $U = U_o$

wenn Mit Randdämmung: $U = U_o + 2\ \Psi_e/B'$ W/(m².K)

Dabei ist:

Gl. 62 Für waagerechte Randdämmung:

$$\Psi_e = -\frac{\lambda_g}{\pi}\left[\ln\left(\frac{D}{d_t}+1\right) - \ln\left(\frac{D}{d_t+d'}+1\right)\right]$$

Gl. 63 Für senkrechte Randdämmung:

$$\Psi_e = -\frac{\lambda_g}{\pi}\left[\ln\left(\frac{2.D}{d_t}+1\right) - \ln\left(\frac{2.D}{d_t+d'}+1\right)\right] \quad \text{W/(m.K)}$$

Dabei ist:

Gl. 64 $d' = R_n\ .\lambda_g - d_n$ m

Bei kombinierter waagerechter und senkrechter Randdämmung ist der Ψ_e-Wert mit dem größten Einfluss (Reduktion) auf U zu verwenden.

Schritt 4

Der stationäre Wärmedurchgang ist wie folgt zu berechnen:

Gl. 65 $H_g = G_w\ .\ (A.U + P.\Psi)$ W/K

Dabei ist:

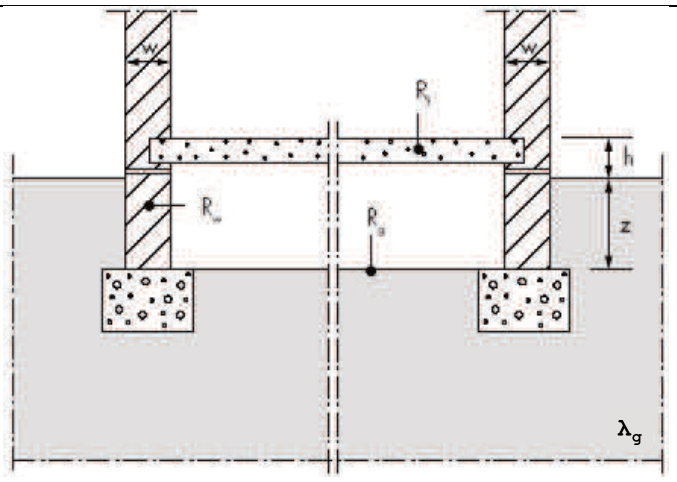
Ψ der längenbezogene Wärmeverlustkoeffizient des Verbindungsbereichs Bodenplatte/Außenwand/Fundament. Wenn der Einfluss der Randdämmung auch bei dem Ψ-Wert berücksichtigt wird, muss kein Ψ_e-Wert berücksichtigt werden ($U = U_o$).

Bei der Beurteilung der Anforderung U_{max} nach Anhang C.1 des vorliegenden Erlasses ist der U-Wert zu berücksichtigen.

F.2.3 Aufgeständerte Bodenplatten

Eine aufgeständerte Bodenplatte hat keine direkte Erdberührung, es läuft jedoch ein Wärmeverluststrom durch den Kriechkeller und über das Erdreich zur Außenumgebung. Es gibt einen zusätzlichen Wärmeverlust, wenn der Kriechkeller mit Außenluft belüftet wird.

Abb. [47]: Aufgeständerte Bodenplatten



Notwendige Daten für die Berechnung:

- Erdreich (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**):
  - λ_g: λ-Wert, in W/(m.K);
  - G_w: Grundwasserfaktor, (-);
- Kriechkellerwand:
  - w: Dicke auf Bodengleiche, in m;
  - R_w: Wärmedurchlasswiderstand, in m².K/W;
  - z: durchschnittliche Tiefe im Erdreich, in m;
- aufgeständerte Bodenplatten:
  - P: Umfang, in m;
  - A: Fläche, in m²;
  - R_f: Wärmedurchlasswiderstand, in m².K/W;
  - h: durchschnittliche Höhe über Geländeoberkante, in m;
- Boden des Kriechkellers:
  - R_g: Wärmedurchlasswiderstand, in m².K/W;
- Belüftung des Kriechkellers:
  - ε: Fläche der Lüftungsöffnungen geteilt durch den Umfang, in m²/m;
  - v: Windgeschwindigkeit, in m/s;
  - f_w: Windschutzfaktor, (-).

Das Berechnungsverfahren ist nachstehend angegeben.

Vorbereitende Schritte:

Berechnen die charakteristische Dimension des Bodens B', in m, nach Gl. 57.

Schritt 1

Berechnen Sie U_f (aufgeständerte Bodenplatte):

Gl. 66 $U_f = \frac{1}{R_{si} + R_f + R_{si}}$ dabei ist: R_{si} = 0,17 m².K/W W/(m².K)

Schritt 2

Berechnen Sie U_w (Wandteil unterhalb der Geländeoberkante):

Gl. 67 $U_w = \frac{1}{R_{si} + R_w + R_{se}}$ dabei ist: R_{si} = 0,13 m².K/W W/(m².K)

Schritt 3

Berechnen Sie d_g nach:

Gl. 68 $d_g = w + \lambda_g \, (R_{si} + R_g + R_{se})$ m

Schritt 4

Berechnen Sie d_w nach:

Gl. 69 $d_w = \lambda_g \, (R_{si} + R_w + R_{se})$ m

Schritt 5

Berechnen Sie U_g nach:

Gl. 70 wenn $z \leq 0,5$ m: $U_g = G_w . \frac{2.\lambda_g}{\pi.B'+d_g} \ln\left(\frac{\pi.B'}{d_g} + 1\right)$

wenn $z > 0,5$ m: $U_g = G_w . \left(U_{bf} + Z.P.\frac{U_{bw}}{A}\right)$ W/(m².K)

Dabei ist:

Gl. 71 $U_{bf} = \frac{2.\lambda_g}{\pi.B'+d_g + 0,5.z} \ln\left(\frac{\pi.B'}{d_g + 0,5.z} + 1\right)$ W/(m².K)

Gl. 72 $$U_{bw} = \frac{2.\lambda_g}{\pi.z}\left(1 + \frac{0,5.d_g}{d_g + z}\right)\ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$$ W/(m².K)

Schritt 6

Berechnen Sie U_x:

Gl. 73 für belüfteter Kriechkeller: $U_x = 2.h.U_w/B' + 1450.\varepsilon.v.f_w/B'$

für unbelüfteter Kriechkeller: $U_x = 2.h.U_w/B'$ W/(m².K)

mit, im Rahmen der GEE-Reglementierung sind die nachstehenden Fixwerte zu verwenden:

- $v = 4$ m/s (durchschnittliche Windgeschwindigkeit);
- $f_w = 0,05$.

Schritt 7

Berechnen Sie U nach:

Gl. 74 $$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x}$$ W/(m².K)

Schritt 8

Berechnen Sie den stationären Wärmedurchgang nach:

Gl. 75 $H_g = (A.U + P.\Psi)$ W/K

Dabei ist:

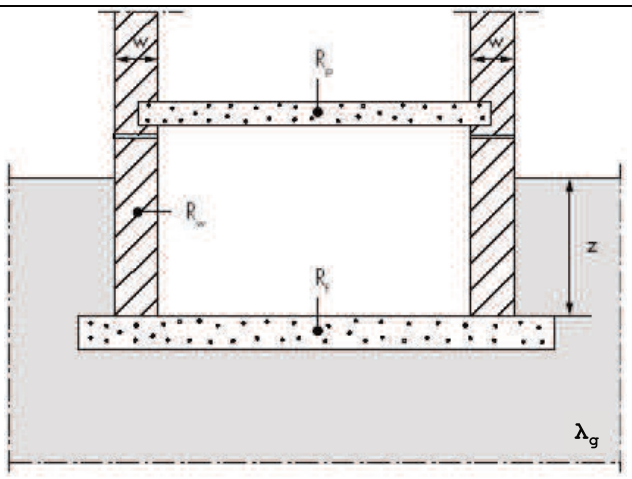
Ψ der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient des Verbindungsbereichs zwischen Bodenplatte (aufgeständert) und Außenwand.

Bei der Beurteilung der Anforderung U_{max} nach Anhang C.1 des vorliegenden Erlasses ist bei der aufgeständerten Bodenplatte der U-Wert zu berücksichtigen.

F.2.4 Kellerwände

Keller sind Räume, die zum Teil oder vollständig unterhalb der Geländeoberkante liegen. Der Kellerboden liegt in einer durchschnittlichen Tiefe z unter der Geländeoberkante, und der Dämmgrad von Kellerboden und –wänden kann unterschiedlich sein. Das Berechnungsverfahren beschreibt den gemeinsamen Gesamtwärmedurchgang H_g sowohl durch den Kellerboden als auch durch die Kellerwände zur Außenumgebung, wobei die beiden Wärmeströme voneinander abhängig sind.

Abb. [48]: Kellerwände



Notwendige Daten für die Berechnung:

- Erdreich (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**):
  - λ_g: λ-Wert, in W/(m.K);
- Kellerdecke:
  - R_p: Wärmedurchlasswiderstand, in m².K/W;
  - h: durchschnittliche Höhe über Geländeoberkante, in m;
- Kellerwand:
  - w: Dicke auf Bodengleiche, in m;
  - R_w: Wärmedurchlasswiderstand, in m².K/W;
  - z: durchschnittliche Tiefe im Erdreich, in m;
- Kellerboden:
  - P: Umfang, in m;
  - A: Fläche, in m²;
  - R_f: Wärmedurchlasswiderstand, in m².K/W;
- Kellerbelüftung:
  - n: Luftwechselrate, in h^{-1};
  - V: Volumen, in m³.

Das Berechnungsverfahren ist nachstehend angegeben.

Vorbereitende Schritte:

Berechnen die charakteristische Dimension des Bodens B', in m, nach Gl. 57.

Schritt 1

Berechnen Sie d_t für den Kellerboden nach:

Gl. 76 $d_t = w + \lambda_g \, (R_{si} + R_f + R_{se})$ m

Schritt 2

Berechnen Sie U_{bf} für den Kellerboden nach:

Gl. 77 wenn $(d_t + 0,5.z) < B'$: $U_{bf} = \frac{2.\lambda_g}{\pi.B'+d_t + 0,5.z} \ln\left(\frac{\pi.B'}{d_t + 0,5.z} + 1\right)$

wenn $(d_t + 0,5.z) \geq B'$ (gut gedämmter Boden):

$$U_{bf} = \frac{\lambda_g}{0,457.B'+d_t + 0,5.z}$$ W/(m².K)

Schritt 3

Berechnen Sie d_w für die Kellerwand nach:

Gl. 78 $d_w = \lambda_g (R_{si} + R_w + R_{se})$ m

Schritt 4

Berechnen Sie U_{bw} für die Kellerwand nach:

Gl. 79 si $d_w \geq d_t$: $U_{bw} = \frac{2.\lambda_g}{\pi.z}\left(1 + \frac{0,5.d_t}{d_t + z}\right)\ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$

si $d_w < d_t$: $U_{bw} = \frac{2.\lambda_g}{\pi.z}\left(1 + \frac{0,5.d_w}{d_w + z}\right)\ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$ W/(m².K)

Schritt 5

Bei beheiztem Keller:

- Berechnen Sie U' nach:

Gl. 80 $U' = \frac{A.U_{bf} + z.P.U_{bw}}{A + z.P}$ W/(m².K)

- Berechnen Sie den Wärmedurchgang nach:

Gl. 81 $H_g = A.U_{bf} + z.P.U_{bw} + P.\Psi$ W/K

Dabei ist:

Ψ der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient des Verbindungsbereichs zwischen Kellerboden und Kellerwand.

(Schritt 6)

Bei einem Keller außerhalb des geschützten Volumens:

- Berechnen Sie U_f (U-Wert der Kellerdecke):

Gl. 82 $U_f = \frac{1}{R_{si} + R_p + R_{si}}$ avec $R_{si} = 0,17$ m².K/W W/m².K

- Berechnen Sie U_w (U-Wert des Wandteils über der Geländeoberkante):

Gl. 83 $$U_w = \frac{1}{R_{si} + R_w + R_{se}} \text{ mit } R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K/W}$$ W/m².K

- Berechnen Sie U nach:

Gl. 84 $$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{A}{A.U_{bf} + z.P.U_{bw} + h.P.U_w + 0,33.n.V}$$ W/m².K

mit, im Rahmen der GEE-Reglementierung ist der Fixwert n = 0,3 h^{-1} als Luftwechselrate zu verwenden.

- Berechnen Transmissionswärmedurchgang nach:

Gl. 85 $H_g = A \ . \ U + P.\Psi$ W/K

Dabei ist:

Ψ der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient des Verbindungsbereichs zwischen Kellerdecke und Kelleraußenwand.

Bei der Beurteilung der Anforderung U_{max} nach Anhang C.1 des vorliegenden Erlasses ist beim Kellerboden der U_{bf} -Wert zu berücksichtigen.

Annexe G Vereinbarungen für die Bestimmung der U-Werte

G.1 Einleitung

Dieser Anhang enthält die Vereinbarungen, die bei der Bestimmung der λ-, R- oder U-Werte spezifischer Mauerteile, wie Mauersteine, Lochziegel und Wände mit Holzstruktur, angewandt werden können. Alle diese Vereinbarungen berücksichtigen gebräuchliche Fälle, die im belgischen Bauwesen anzutreffen sind.

G.2 Méthodes de calcul numériques et simplifiées

Der U-Wert kann bei Bauteilen mit ebener, paralleler und homogener Schichtung ganz einfach bestimmt werden. In diesen Fällen verläuft der Wärmestrom durch die Bauteile von der Innenumgebung zur Außenumgebung senkrecht zu den Bauteilschichten (ohne Umlenkung), und der U-Wert wird durch Addition aller Wärmedurchlasswiderstände der Bauteilschichten bestimmt.

Tatsächlich weisen Bauteile im Allgemeinen Unregelmäßigkeiten auf oder bestehen aus inhomogenen Schichten. In diesem Fall ist der Wärmestrom unregelmäßig und beeinflusst daher den Wärmedurchlasswiderstand des Bauteils.

Die Auswirkung auf den U-Wert kann anhand einer numerischen Berechnung genau bestimmt oder anhand der in dem vorliegenden Text angegebenen Formeln vereinfacht berechnet werden.

Numerische Berechnungen sind genaue Computerberechnungen, anhand derer der zwei- oder dreidimensionale Wärmestrom durch inhomogene Bauteile bestimmt und daraus ein genauer U-Wert abgeleitet werden kann. Die dazu verwendete Software muss nach den Leitlinien der verschiedenen europäischen Normen (NBN EN ISO 10211 für zwei- und dreidimensionale Wärmebrücken, NBN EN ISO 10077-2 für Rahmenprofile, NBN EN ISO 13370 für Wärmeübertragung über das Erdreich) validiert sein.

Numerische Berechnungen sind anzuwenden bei der Bestimmung des U-Werts von Bauteilen, die ggf. zusätzliche Wärmeverluste aufweisen (z. B. Bauteile, die eine Dämmschicht durchdringen, Wände mit Metallbauteilen), von komplexen oder Fertigbauteilen (z. B. Rahmenprofile, Vorhangfassadenelemente), von Winkel- oder Verbindungsbereichen, in denen ein dreidimensionaler Wärmestrom auftritt usw.

Numerische Berechnungen ergeben die genauesten Ergebnisse und sind eine Alternative, die immer angewandt werden kann. In vielen Fällen ist es jedoch nicht nötig, auf numerische Berechnungen zurückzugreifen, und es können vereinfachte Berechnungsverfahren angewandt werden. Sie ergeben einen ausreichend genauen U-Wert durch manuelle Berechnung (Formel).

Die im vorliegenden Text angegebenen **vereinfachten Berechnungen** können immer als Alternative zu numerischen Berechnungen angewandt werden, soweit der für die verschiedenen Fälle angegebene Anwendungsbereich berücksichtigt wird.

G.3 Vereinbarungen für Mauersteine und Hohlziegel

G.3.1 λ_U-Wert von Mauerwerk

Eine Schicht (gemauert oder geklebt), die Fugen enthält, ist ein Sonderfall einer inhomogenen Schicht, siehe § 6.2. Bauteile, die eine oder mehrere Schichten mit Fugen enthalten, können ganz allgemein nach den in § 6.2 angegebenen Methoden berechnet werden.

Ein vereinfachtes Verfahren ist die Bestimmung nur des schwächsten R''_T-Werts des Wärmedurchlasswiderstands eines Bauteils. Der Wärmedurchgangskoeffizient U wird dann nur anhand dieses Werts bestimmt (siehe Anmerkung in § 0).

In diesem Fall kann das Berechnungsverfahren alternativ wie folgt formuliert werden. Die Formeln führen uns zu dem gleichen Ergebnis R''_T, wie die Formeln in § 6.2.

Der Wärmedurchlasswiderstand der Schicht mit Fugen wird angegeben durch:

Gl. 86 $R = d/\lambda_U$ m².K/W

Dabei ist:

λ_U eine äquivalente (homogene) Wärmeleitfähigkeit der Schicht. Diese wird bestimmt als der flächenanteilmäßig gewichtete Mittelwert der Wärmeleitfähigkeit des Baustoffs und der Fuge:

Gl. 87 $$\lambda_U = \frac{\lambda_{U,mat}.A_{mat} + \lambda_{U,joint}.A_{joint}}{A_{mat} + A_{joint}}$$ W/(m.K)

Dabei ist:

d Schichtdicke, in m;

$\lambda_{U,mat}$ Wärmeleitfähigkeit des fugenlosen Baustoffs, in W/(m.K);

$\lambda_{U,joint}$ Wärmeleitfähigkeit der Fuge, in W/(m.K);

A_{mat} Sichtfläche des fugenlosen Baustoffs, in m²;

A_{joint} Sichtfläche der Fuge, in m².

L'Gl. 87 für die äquivalente Wärmeleitfähigkeit kann auch wie folgt angegeben werden:

Gl. 88 $$\lambda_U = \lambda_{U,mat}.(1 - f_{joint}) + \lambda_{U,joint}.f_{joint}$$ W/(m.K)

Dabei ist:

f_{joint} der Fugenanteil, (-).

Bei einer repetitiven rechteckigen Geometrie, bei der die Binder- und Läuferfugen die gleiche Dicke haben (siehe Abb. [49]), wie es bei Mauerwerk im Allgemeinen der Fall ist, kann der Fugenanteil wie folgt bestimmt werden:

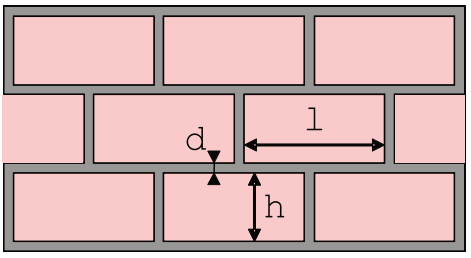
Gl. 89 $$f_{joint} = \frac{A_{joint}}{A_{mat} + A_{joint}} = 1 - \frac{l.h}{(l + d).(h + d)}$$ (-)

Dabei ist (siehe Abb. [49]):

l und h Länge und Höhe bei einem rechteckigen Baustoff, in mm;

d Dicke der Fuge, in mm (häufig 6 oder 12 mm).

Abb. [49]: Parameter für die Bestimmung des Mörtelanteils in Mauerwerk



A_{joint} = (l+h+d).d

A_{mat} = l.h

Bei sonstigen geometrischen Konfigurationen (z. B. ohne Binderfugen), ist der Anteil auf eine geeignete Weise zu bestimmen und muss in die Formel (Gl. 88) eingesetzt werden.

Es ist von den folgenden Vereinbarungen auszugehen:

- wenn die Fuge an keiner Stelle breiter ist als 3 mm, kann der Einfluss der Fuge vernachlässigt werden (unabhängig vom Fugenmaterial). In diesem Fall gilt: $\lambda_U = \lambda_{U,mat}$;
- die nachstehenden Standardwerte können für den Fugenanteil immer verwendet werden:
  - wenn $\lambda_{U,joint} < \lambda_{U,mat}$: $f_{joint} = 0.00$ (0%);
  - wenn $\lambda_{U,joint} > \lambda_{U,mat}$:
    - bei Innenmauern: $f_{joint} = 0.16$ (16%);
    - bei Außenmauern: $f_{joint} = 0.28$ (28%).

Beispiele für Baustoffe, die häufig mit Fugen gesetzt werden:

- Naturstein (Tabelle A.2)
- Ziegel (Tabellen A.3 bis A.8)
- Hohlblocksteine (Tabelle B.1)
- Glasbausteine (§ 11.1)
- ...

G.3.2 λ_U-Wert von Lochziegeln oder Hohlblocksteinen

Dieser Absatz stellt die Anwendung der ANMERKUNG 3 des Anhangs A.1 dar.

Der λ_U-Wert kann auf verschiedene Weisen bestimmt werden, je nach den bekannten Eigenschaften der Hohlmauersteine:

1) Wenn die Art des Ziegels, die Dichte des Vollziegels (Totgewicht) und der Lochanteil bekannt sind, ist die Dichte des Lochziegels zu bestimmen, und der entsprechende λ_U-Wert ist der entsprechenden Tabelle zu entnehmen. Beispiel:
   - Eigenschaften: ein zertifizierter Backstein mit 30 % Lochanteil und einer Vollsteindichte von 1800 kg/m³;
   - Bestimmung: wenn der Vollstein eine Dichte von 1800 kg/m³ und der Backstein einen Lochanteil von 30 % hat, beträgt die Dichte des Hohlziegels 1800 kg/m³ x 70 % = 1260 kg/m³ ; der einer Dichte von 1260 kg/m³ entsprechende λ_{Ui}-Wert beträgt 0,42 W/m.K (siehe Tabelle A.3).

2) Wenn die Art des Ziegels, die Maße und das Gewicht des Hohlziegels bekannt sind, der Lochanteil aber nicht, dann kann der λ_U-Wert direkt der entsprechenden Tabelle entnommen werden. Beispiel:

   - Eigenschaften: ein zertifizierter Hohlziegel mit den Maßen 209 x 140 x 90 mm und einem Gewicht von 4,6 kg;
   - Bestimmung: die Dichte des Hohlziegels ist gleich Gewicht geteilt durch Volumen, also 4,6/(0,29x0,14x0,09) = 1260 kg/m³; der λ_{Ui}-Wert für diese Dichte von 1260 kg/m³ kann direkt bestimmt werden, also 0,42 W/m.K (siehe Tabelle A.3).

G.4 Vereinbarungen für inhomogene Schichten eines Bauteils mit Holzstruktur

Viele Bauteile enthalten inhomogene Schichtungen, die Holzstrukturen enthalten. Typische Beispiele sind das Sparrenwerk in Schräg- oder Flachdächern, Holzböden oder -decken, Wände mit Holzfachwerk usw. Im Allgemeinen werden zwischen diesen Holzstrukturen Dämmschichten eingebaut, deren Dämmkraft durch die Holzpfeiler und -pfosten gemindert wird, die die Dämmschichten durchdringen.

Bei der Bestimmung des U-Werts solcher Schichten ist der Wärmedurchlasswiderstand der Schicht mit der Holzstruktur in Abhängigkeit von dem Holzanteil in dieser Schicht zu bestimmen.

Wegen der großen Vielfalt der möglichen Maße von Pfetten, Pfeilern, Sparren usw. und der variablen Zwischenabstände nach dem Einbau dieser Bauteile, ist es nicht sinnvoll, Tabellen für die verschiedenen Holzanteile zu erstellen. Wenn genügend Angaben zur Breite und den Zwischenabständen (von Mitte zu Mitte) der sich wiederholenden Holzelemente zur Verfügung stehen, kann der Holzanteil der Schicht, in die diese Holzelemente eingebaut sind, wie folgt bestimmt werden:

Gl. 90
$$\text{Holzanteil} = \frac{\text{Breite der Holzelemente}}{\text{Mittlerer Zwischenabstand (Mitte bis Mitte)}} \quad (-)$$

Bei der Bestimmung des Holzanteils sind nicht nur Sparren und Pfeiler zu berücksichtigen sondern auch möglicherweise vorhandene Holzstreben zur Stabilisierung der Struktur. Bei solchen Streben ist der Holzanteil um einen Zusatzterm von 1 % (+ 0,01) zu erhöhen.

Die Standardwerte können immer verwendet werden. Sie entsprechen den Obergrenzen der gängigsten Werte (siehe Tabelle G.1).

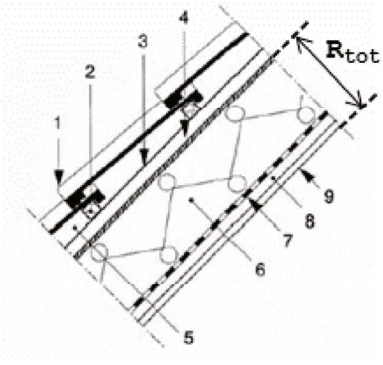
Tabelle G.1 – Holzanteile (Standardwerte) bei Bauteilschichten mit Holzstruktur

Holzstruktur	Holzanteil (Standardwerte)
Pfettendach (Pfetten – Primärtragwerk)	0,11
Pfettendach (Sparren – Sekundärtragwerk)	0,20
Binderdach (Binder – Sekundärtragwerk)	0,12
Holzböden (Pfeiler – Sekundärtragwerk)	0,11
Wände mit Holzfachwerk	0,15

G.5 Ergänzende Vereinbarungen für die Bestimmung des U-Werts

G.5.1 Ziegel- oder Schieferdächer

Abb. [50]: Wärmedurchlasswiderstand eines Ziegel- oder Schieferdachs



1: Bedachung (Ziegel oder Schiefer)
2: Pfettenlatten
3: Windlatten
4: Unterdach
5: Luftschicht zwischen Abdeckung und Unterdach
6: Dämmung
7: Luftsperre/Dampfsperre
8: Hohlraum für Leitungen
9: Innendeckschicht

Bei einem Ziegel oder Schieferdach (Abb. [50]) darf die Luftschicht zwischen der Dachabdeckung und dem Unterdach eine stark belüftete Luftschicht darstellen. Das bedeutet, dass alle Bauteilschichten zwischen dieser Luftschicht und der Außenumgebung bei der Berechnung des Wärmedurchgangswiderstands des Daches vernachlässigt werden können, und dass der Wärmeübergangswiderstand auf Ebene des Unterdachs mit R_{si} gleichgesetzt werden kann (siehe § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**):

Gl. 91 $1/U = R_T = R_{si} + R_{tot} + R_{si}$ m².K/W

Dabei ist:

R_{tot} Summe der Wärmedurchlasswiderstände aller Bauteilschichten zwischen der Innenumgebung und der stark belüfteten Luftschicht (Schichten 4, 6, 7, 8 und 9), in m².K/W.

G.5.2 Zwischendecken

Im Rahmen der GEE-Reglementierung wird davon ausgegangen, dass der Raum über der Zwischendecke nicht hermetisch von dem darunter liegenden Raum abgeschlossen ist. Der Wärmedurchlasswiderstand der Zwischendecke ist daher zu vernachlässigen. Kann jedoch nachgewiesen werden, dass die Zwischendecke luftdicht abgeschlossen ist (z. B. mit einer rundum befestigten undurchlässigen Folie), dann kann der Wärmedurchlasswiderstand der Zwischendecke und des Raums zwischen der Zwischendecke und der darüber liegenden Bauteilschicht bei der Bestimmung des U-Werts von Decke und Dach berücksichtigt werden.

G.5.3 Böden

Für die Bestimmung des U-Werts von Böden gelten die folgenden Vereinbarungen:

- Bei Bodenplatten auf Erdreich und erdanliegenden Wänden werden Hinterfüllungen unter der Bodenplatte oder gegen die Wand, deren entsprechender Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit (Innen- oder Außenumgebung) höher ist als 0,4 W/m.K (z. B. verfestigter Sand oder Kies), nicht berücksichtigt: diese Baustoffe werden dem Erdreich zugerechnet.
- Der U-Wert berücksichtigt nicht den Wärmedurchlasswiderstand von Deckschichten oder Bodenbelägen, die nicht befestigt oder leicht abnehmbar sind, wie Teppichböden, Bodenbeläge usw.

Gesehen, um dem Erlass der wallonischen Regierung vom 15. Dezember 2016 zur Änderung des Erlasses der wallonischen Regierung vom 15. Mai 2014 über die Umsetzung der Verordnung vom 28. November 2013 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden als Anlage beigefügt zu werden.

Namur, den 15. Dezember 2016.

Der Ministerpräsident,

P. MAGNETTE

Der Minister für lokale Behörden, Stadt, Wohnungswesen und Energie,

P. FURLAN

VERTALING

WAALSE OVERHEIDSDIENST

[C − 2017/70001]

15 DECEMBER 2016. — Besluit van de Waalse Regering tot wijziging van het besluit van de Waalse Regering van 15 mei 2014 tot uitvoering van het decreet van 28 november 2013 betreffende de energieprestaties van gebouwen

De Waalse Regering,

Gelet op het decreet van 28 november 2013 betreffende de energieprestatie van gebouwen, artikelen 3 en 11;

Gelet op het besluit van de Waalse Regering van 15 mei 2014 tot uitvoering van het decreet van 28 november 2013 betreffende de energieprestatie van gebouwen;

Gelet op het rapport van 15 september 2016 opgemaakt overeenkomstig artikel 3, 2°, van het decreet van 11 april 2014 houdende uitvoering van de resoluties van de Vrouwenconferentie van de Verenigde Naties die in september 1995 in Peking heeft plaatsgehad en tot integratie van de genderdimensie in het geheel van de gewestelijke beleidslijnen ;

Gelet op het advies 60.136/4 van de Raad van State, gegeven op 17 oktober 2016 , overeenkomstig artikel 84, § 1, eerste lid, 2°, van de wetten op de Raad van State, gecoördineerd op 12 januari 1973 ;

Op de voordracht van de Minister van Energie;

Na beraadslaging,

Besluit :

Artikel 1. Bij dit besluit worden gedeeltelijk omgezet :

1° Richtlijn 2010/31/EU van het Europees Parlement en de Raad van 19 mei 2010 betreffende de energieprestatie van gebouwen;

2° Richtlijn 2009/28/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 april 2009 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen en houdende wijziging en intrekking van de richtlijnen 2001/77/EG en 2003/30/EG;

3° richtlijn 2012/27/EU van het Europees Parlement en de Raad van 25 oktober 2012 betreffende de energieprestatie van gebouwen, tot wijziging van de richtlijnen 2009/125/EG en 2010/30/EU en tot intrekking van de richtlijnen 2004/8/EG en 2006/32/EG.

Art. 2. Artikel 19/1 van het besluit van de Waalse Regering van 15 mei 2014 tot uitvoering van het decreet van 28 november 2013 betreffende de energieprestaties van gebouwen, ingevoegd bij het besluit van de Waalse Regering van 28 januari 2016, wordt aangevuld met een lid, luidend als volgt:

"In afwijking van het eerste lid en in de gebouwde EPB-eenheden die het voorwerp uitmaken van de in artikel 14 bedoelde akten en werken, voldoen de systemen bedoeld in artikel 2, 15°, van het decreet bij de installatie, vervanging of modernisering ervan aan de eisen bedoeld onder de punten 1.6.2.3, 1.6.2.4, 2.3.2.2 en 2.3.2.3 van bijlage C4.".

Art. 3. In hetzelfde besluit wordt bijlage A1, gewijzigd bij het besluit van de Waalse Regering van 19 november 2015, vervangen door bijlage 1 die bij dit besluit gaat.

Art. 4. In hetzelfde besluit wordt bijlage A3, ingevoegd bij het besluit van de Waalse Regering van 28 januari 2016, vervangen door bijlage 2 die bij dit besluit gaat.

Art. 5. In hetzelfde besluit wordt bijlage B1 vervangen door bijlage 3 die bij dit besluit gaat.

Art. 6. In bijlage B2 bij hetzelfde besluit worden de volgende wijzigingen aangebracht:

a) in 3.1.2 en 3.2, in de definities van de parameters b_k en b_1 worden de woorden "temperatuurreductiefactoren bepaald volgens bijlage H van bijlage VII bij dit besluit" telkens vervangen door de woorden "temperatuurreductiefactoren bepaald volgens tabel 8 van bijlage B1 bij dit besluit";

a) in 3.2 en 3.3, in de definitie van paramater b_i , worden de woorden "temperatuurreductiefactor, bepaald volgens bijlage H van bijlage VII bij dit besluit" telkens vervangen door de woorden "temperatuurreductiefactor, bepaald volgens tabel 8 van bijlage B1 bij dit besluit".

Art. 7. In bijlage C4 van hetzelfde besluit, ingevoegd bij het besluit van de Waalse Regering van 28 januari 2016 worden, in punt 1.6.2.1., tweede lid, de woorden " Een gasteller die door de leverancier" vervangen door de woorden "Een gasteller die door de distributienetbeheerder".

Art. 8. In bijlage C4 bij hetzelfde besluit, ingevoegd bij het besluit van 28 april 2016, worden in de punten 1.6.1, 2.3.1 en 3.3.1 de woorden ″Ze zijn conform de eisen van het koninklijk besluit van 13 juni 2006 betreffende meetinstrumenten″ ingetrokken en vervangen door de woorden ″Ze zijn conform de eisen van het koninklijk besluit van 15 april 2016 betreffende meetinstrumenten.″.

Art. 9. De artikelen 3, 4, 5 en 6 zijn van toepassing als de datum van het bericht van ontvangst van de vergunningsaanvraag na 31 december 2016 valt.

Art. 10. Dit besluit treedt in werking op 1 januari 2017.

In afwijking van het eerste lid hebben de artikelen 7 en 8 uitwerking met ingang van 1 mei 2016.

Art. 11. De Minister van Energie is belast met de uitvoering van dit besluit.

Namen, 15 december 2016.

De Minister-President,

P. MAGNETTE

De Minister van de Plaatselijke Besturen, Stedelijk Beleid, Huisvesting en Energie,

P. FURLAN

Bijlage 1

Bijlage A1 bij het besluit van de Waalse Regering van 15 mei 2014 tot uitvoering van het decreet van 28 november 2013 betreffende de energieprestatie van gebouwen.

EPW methode

BEPALINGSMETHODE VAN HET PEIL VAN PRIMAIRE ENERGIEVERBRUIK VAN RESIDENTIËLE EENHEDEN

Inhoud

VOORWOORD 6

1 VERWIJZINGEN NAAR ANDERE TEKSTEN 7
1.1 Lijst van de bijlagen bij dit besluit 7
1.2 Normen 7

2 DEFINITIES 9

3 SYMBOLEN, AFKORTINGEN EN INDICES 13
3.1 Symbolen en afkortingen 13
3.2 Indices 15

4 OPBOUW VAN DE METHODE 19

5 SCHEMATISERING VAN HET GEBOUW 20
5.1 Principe 20
5.2 Opdeling van het gebouw 20
5.3 Opdeling van de EPW-eenheid in ventilatiezones en energiesectoren 21
5.3.1 Principe 21
5.3.2 Verdeling in ventilatiezones en energiesectoren 21
5.3.3 Volume en oppervlakten van scheidingsconstructies van een energiesector 22
5.3.4 Afwezigheid van een verwarmingssysteem 23

6 INDICATOREN VAN PRIMAIR ENERGIEVERBRUIK 24
6.1 Het peil van primair energieverbruik 24
6.2 Specifieke jaarlijks primair energieverbruik 26

7 NETTO ENERGIEBEHOEFTE VOOR RUIMTEVERWARMING EN WARM TAPWATER 27
7.1 Principe 27
7.2 Maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming per energiesector 27
7.3 Maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater 28
7.4 Maandelijkse warmteverliezen door transmissie en ventilatie 29
7.4.1 Principe 29
7.4.2 Rekenregel 29
7.5 Maandelijkse warmtewinsten door bezonning en interne warmteproductie .. 30
7.6 Benuttingsfactor van de maandelijkse warmtewinsten 30

7.7 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie 32
7.7.1 Principe 32
7.7.2 Rekenregel 32
7.8 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie 34
7.8.1 Principe 34
7.8.2 Rekenregel 34
7.8.3 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie 35
7.8.4 In- en exfiltratiedebiet 36
7.8.5 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie 37
7.8.6 Hygiënisch ventilatiedebiet 37
7.8.7 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door overventilatie 38
7.8.8 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door manueel openen van opengaande delen 39
7.8.9 Gecorrigeerd ventilatiedebiet voor het manueel openen van opengaande delen 39
7.9 Maandelijkse interne warmtewinsten 40
7.9.1 Principe 40
7.9.2 Rekenregel 40
7.10 Maandelijkse zonnewinsten 41
7.10.1 Principe 41
7.10.2 Rekenregel 41
7.10.3 Zonnewinsten door een venster 42
7.10.4 Zonnewinsten door een ongeventileerd passief zonne-energiesysteem . 45

8 OVERVERHITTING EN KOELING 47
8.1 Principe 47
8.2 Bepaling van de oververhittingsindicator 48
8.3 Conventionele waarschijnlijkheid op de plaatsing van actieve koeling .. 50
8.4 Lege paragraaf 50
8.5 Koeling 50

9 BRUTO ENERGIEBEHOEFTE VOOR RUIMTEVERWARMING EN WARM TAPWATER 53
9.1 Vooraf 53
9.2 Maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming 54
9.2.1 Principe 54
9.2.2 Maandgemiddeld systeemrendement 54
9.3 Maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater 58
9.3.1 Principe 58
9.3.2 Systeemrendement voor warm tapwater 59

10 EINDENERGIEVERBRUIK VOOR RUIMTEVERWARMING, WARM TAPWATER EN KOELING 66
10.1 Vooraf 66
10.2 Maandelijks eindenergieverbruik voor ruimteverwarming 66
10.2.1 Principe 66
10.2.2 Rekenregel 66
10.2.3 Opwekkingsrendement voor ruimteverwarming en bevochtiging 72
10.3 Maandelijks eindenergieverbruik voor warm tapwater 80
10.3.1 Principe 80
10.3.2 Rekenregel 81
10.3.3 Opwekkingsrendement en opslagrendement voor warm tapwater 84

10.4 Maandelijkse nuttige energiebijdrage van een thermisch zonne-energie-systeem 92
10.4.1 Ruimteverwarming en warm tapwater 92
10.4.2 Warm tapwater 94
10.5 Equivalent maandelijks energieverbruik voor koeling 95

11 MAANDELIJKS HULPENERGIEVERBRUIK 96
11.1 Maandelijks energieverbruik voor de hulpfuncties 96
11.1.1 Elektrisch hulpenergieverbruik voor distributie 96
11.2 Maandelijks elektriciteitsverbruik van ventilatoren 102
11.2.1 Principe 102
11.2.2 Maandelijks elektriciteitsverbruik van ventilatoren vereenvoudigde berekening (- methode 1) 102
11.2.3 Maandelijks elektriciteitsverbruik van ventilatoren - gedetailleerde berekening 105
11.3 Maandelijks elektriciteitsverbruik voor het voorkoelen van de toevoerlucht 113
11.3.1 Elektriciteitsverbruik van de aarde-water warmtewisselaar 113
11.3.2 Elektriciteitsverbruik voor verdampingskoeling 114

12 MAANDELIJKSE ELEKTRICITEITSPRODUCTIE VAN PERCEELSGEBONDEN FOTOVOLTAÏSCHE ZONNE-ENERGIESYSTEMEN EN GEBOUWGEBONDEN WARMTEKRACHTKOPPELING 115
12.1 Fotovoltaïsche zonne-energiesystemen 115
12.1.1 Principe 115
12.1.2 Rekenregel 115
12.1.3 Correctiefactor voor beschaduwing 116
12.2 Warmtekrachtkoppeling 116
12.2.1 Principe 116
12.2.2 Elektriciteitsproductie 116

13 PRIMAIR ENERGIEVERBRUIK 118
13.1 Vooraf 118
13.2 Het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik 118
13.3 Het primair energieverbruik voor ruimteverwarming 118
13.4 Het primair energieverbruik voor de bereiding van warm tapwater 119
13.5 Het primair hulpenergieverbruik 119
13.6 Het equivalent primair energieverbruik voor koeling 120
13.7 De primaire energiebesparing ingevolge de elektriciteitsproductie van fotovoltaïsche zonne-energiesystemen 120
13.8 De primaire energiebesparing ingevolge de elektriciteitsproductie van gebouwgebonden warmtekrachtkopppeling 120

14 CO_2-UITSTOOT 121
14.1 Voorwoord 121
14.2 Karakteristiek jaarlijkse CO_2-uitstoot 121
14.3 Maandelijkse CO_2-uitstoot die het gevolg is voor de ruimteverwarming . 121
14.4 Maandelijkse CO_2-uitstoot die het gevolg is van de bereiding van warm tapwater 122
14.5 Maandelijkse CO_2-uitstoot die het gevolg is van hulpenergieverbruik .. 123
14.6 Maandelijkse CO_2-uitstoot die het gevolg is van de koeling 123

14.7 Maandelijkse CO_2-uitstoot die wordt vermeden dankzij de elektriciteitsproductie van perceelsgebonden fotovoltaïsche zonne-energiesystemen 124
14.8 Maandelijkse CO_2-uitstoot die wordt vermeden dankzij de elektriciteitsproductie van gebouwgebonden warmtekrachtkopppeling 124

BIJLAGE A BEHANDELING VAN AANGRENZENDE ONVERWARMDE RUIMTEN (AOR) 125
A.1 Mogelijkheid 1 125
A.2 Mogelijkheid 2 125

BIJLAGE B HET HYGIËNISCHE VENTILATIEDEBIET 127
B.1 Bepaling van de vermenigvuldigingsfactor $m_{sec\ i}$ voor het debiet 128
B.1.1 Natuurlijke ventilatie 128
B.1.2 Mechanische toevoerventilatie 130
B.1.3 Mechanische afvoerventilatie 133
B.1.4 Mechanische toe- en afvoerventilatie 135
B.2 Reductiefactor voor voorverwarming 136
B.3 Voorkoeling van ventilatielucht 140
B.3.1 Rekenregel 140
B.3.2 Aarde-water warmtewisselaar 140
B.3.3 Verdampingskoeling 144

BIJLAGE C DE MAANDELIJKSE BEZONNING 146
C.1 Inleiding 146
C.2 Schematisering van de beschaduwing 146
C.2.1 Algemeen 146
C.2.2 Geometrie van een belemmering 146
C.2.3 Geometrie van overstekken 146
C.2.4 Waarden bij ontstentenis 147
C.3 Maandelijkse bezonning op een onbeschaduwd vlak 147
C.3.1 Totale bezonning 147
C.3.2 Directe bezonning 148
C.3.3 Diffuse bezonning 150
C.3.4 Gereflecteerde bezonning 151
C.4 Maandelijkse bezonning op een beschaduwd vlak 151
C.4.1 Voor een horizonhoek ah ≤ 60° 151
C.4.2 Voor een horizonhoek αh > 60° 153
C.5 Gebruiksfactor $a_{C,m,j;}$ tabellen 156

BIJLAGE D HET AFGIFTERENDEMENT 163
D.1 Conventionele werkingstijd van het systeem van warmteafgifte 163
D.2 Gemiddelde watertemperatuur in de afgiftekring 163
D.3 Radiatoren 164
D.4 Vloerverwarming 165
D.5 Muurverwarming 167

BIJLAGE E DE VERDEELVERLIEZEN 168
E.1 Verdeelrendement 168
E.2 De warmteverliezen van het warmteverdelingsnet 169
E.3 Bepaling van de lineaire warmteweerstand 170

E.3.1 Ronde leidingen en kanalen 170
E.3.2 Rechthoekige kanalen 171
E.3.3 Ondergrondse leidingen 171

BIJLAGE F FACTOREN VASTGELEGD VOOR DE ENERGIEVECTOREN 172

BIJLAGE G BEPALING VAN HET THERMISCH RENDEMENT VAN EEN WARMTETERUGWINAPPARAAT 173

G.1 Meting 173
G.2 Berekening 174

Voorwoord

Deze bijlage beschrijft de methode voor het bepalen van het peil van primair energieverbruik (E_w-peil) van een woongebouw. In het E_w-peil komen zowel het gebouw als de installaties voor ruimteverwarming, ventilatie, warm tapwater, koeling en het gebruik van duurzame energie tussen. Deze combinatie van bouwkundige mogelijkheden, installatietechnische keuzen en duurzame energieopwekking laat de ontwerper toe de meest geschikte middelen aan te wenden om aan de opgelegde eis te voldoen.

De minister kan nadere specificaties bepalen om de impact van atria of geventileerde dubbele gevels op de energieprestatie van de EPW-eenheid te berekenen.

1 Verwijzingen naar andere teksten

1.1 Lijst van de bijlagen bij dit besluit

In deze tekst wordt verwezen naar de bijlagen van dit besluit. De volledige titels van die bijlagen zijn de volgende.

- Bijlage A.1: Bepalingsmethode van het peil van primair energieverbruik van residentiële eenheden;
- Bijlage A.2: Bepalingsmethode van het peil van primair energieverbruik van niet-residentiële eenheden;
- Bijlage B.1: Transmissie referentie document
- Bijlage B.2: Behandeling van bouwknopen;
- Bijlage C.1: Maximaal toelaatbare U waarden of minimaal te realiseren R waarden;
- Bijlage C.2: Ventilatievoorzieningen in woongebouwen;
- Bijlage C.3: Ventilatievoorzieningen in niet-residentiële gebouwen.
- Bijlage E.1: Bepaling van de administratieve geldboeten.

1.2 Normen

De bijlagen A.1, A.2, B.2, C.1 en C.2 bij dit besluit verwijzen naar volgende normen. Enkel de normversie met de geciteerde datum is van toepassing, tenzij de minister expliciet een andere versie ter vervanging aanduidt. De normatieve verwijzingen in bijlage C.3 bij dit besluit worden in die bijlage zelf opgesomd.

ARI Standard 560:2000	Absorption water chilling and water heating packages (ARI: Air-Conditioning and Refrigeration Institute)
ISO 15099:2003	Thermal performance of windows, doors and shading devices - Detailed calculations
NBN D 50-001:1991	Ventilatievoorzieningen in woongebouwen
NBN EN 308:1997	Heat exchangers - Test procedures for establishing performance of air to air and flue gases heat recovery devices
NBN EN 410:2011	Glass in building - Determination of luminous and solar characteristics of glazing
NBN EN 1027:2000	Windows and doors - Watertightness - Test method
NBN EN 12309-2:2000	Gas-fired absorption and adsorption air-conditioning and/or heat pump appliances with a net heat input not exceeding 70 kW - Part 2: Rational use of energy
NBN EN 13141-1:2004	Ventilation for buildings - Performance testing of components/products for residential ventilation - Part 1: Externally and internally mounted air transfer devices.
NBN EN 13363-1:2007	Solar protection devices combined with glazing. Calculation of solar and light transmittance - Part 1: Simplified method
NBN EN 13363-2:2005	Solar protection devices combined with glazing - Calculation of solar and light transmittance - Part 2: Detailed calculation method
NBN EN 13829:2001	Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method

8	EPW methode 2017
NBN EN 14134:2004	Ventilation for buildings - Performance testing and installation checks of residential ventilation systems
NBN EN 14511:2011	Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling
NBN EN 14825:2013	Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps, with electrically driven compressors, for space heating and cooling - Testing and rating at part load conditions and calculation of seasonal performance
NBN EN 15251:2007	Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics
NBN EN 60034-1:2010	Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance
NBN EN 60904-1:2007	Photovoltaic devices - Part 1: measurement of photovoltaic current-voltage characteristics.
NBN EN ISO 10211:2008	Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures – Detailed calculations
NBN EN ISO 12241:1998	Thermal insulation for building equipment and industrial installations - Calculation rules
NBN EN ISO 13789:2008	Thermal performance of buildings - Transmission and ventilation heat transfer coefficients - Calculation method
NBN EN ISO 13790:2004	Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for heating (supersedes EN 832)
NBN EN ISO 14683:2008	Thermal bridges in building construction - Linear thermal transmittance - Simplified methods and default values

2 Definities

- **Aangrenzende onverwarmde ruimte (AOR):** een aangrenzende ruimte die buiten een beschermd volume gelegen is en niet verwarmd wordt.
- **Aangrenzende verwarmde ruimte (AVR):** een aangrenzende ruimte die binnen een beschermd volume gelegen is. Bij de bepaling van de energieprestatie wordt aangenomen dat er geen warmteuitwisseling met dergelijke ruimten optreedt. Er kunnen 3 verschillende contexten onderscheiden worden:
  - AVR grenzend aan het beschermd volume dat men beschouwt. Bijvoorbeeld een ruimte gelegen binnen het beschermd volume van een bestaand gebouw op een belendend perceel of van een bestaand gebouwdeel op eigen perceel. Dit laatste geval kan bv. van toepassing zijn bij een uitbreiding van een gebouw.
  - AVR grenzend aan het EPB-eenheid dat men beschouwt. Bijvoorbeeld:
    - een ruimte gelegen in een aangrenzend EPB-eenheid (binnen het eigen beschermd volume),
    - of een andere ruimte (waaraan geen energieprestatie-eisen gesteld worden) gelegen binnen het eigen beschermd volume (bv. een gemeenschappelijke traphal in een appartementsgebouw, …),
    - of nog, een ruimte gelegen in een aanpalend beschermd volume.
  - AVR grenzend aan de energiesector die men beschouwt. Bijvoorbeeld
    - een ruimte gelegen in een aangrenzende energiesector (binnen het eigen EPB-eenheid),
    - of een ruimte gelegen in een aangrenzend EPB-eenheid,
    - of een andere ruimte gelegen binnen het eigen beschermd volume,
    - of nog, een ruimte gelegen in een aanpalend beschermd volume.

  OPMERKING: zie ook § 5.2 voor conventies m.b.t. ruimten in bestaande aanpalende gebouwen of gebouwdelen.
- **Benuttingsfactor van de warmtewinsten:** fractie van de warmtewinsten door bezonning en interne bronnen, die voor een afname van de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming in het beschermd volume zorgt.
- **Beschermd volume:** het volume van alle ruimten in een gebouw dat thermisch afgeschermd wordt van de buitenomgeving (lucht of water), de grond en alle aangrenzende ruimten die niet tot een beschermd volume behoren.
- **Bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming:** energie die door de warmteopwekkingsinstallatie voor ruimteverwarming aan het verdeelsysteem (of opslagsysteem) voor ruimteverwarming wordt overgedragen.
- **Bruto energiebehoefte voor warm tapwater:** energie die door de warmteopwekkingsinstallatie voor warm tapwater aan het verdeelsysteem voor warm tapwater wordt overgedragen.
- **Buitentemperatuur:** de gemiddelde temperatuur van de buitenlucht over een bepaalde periode, in deze bijlage één maand.
- **Centrale verwarming:** installatie voor verwarming waarbij een warmtetransporterend fluïdum de opgewekte warmte naar meer dan één ruimte binnen het beschermd volume transporteert.
- **Collectieve verwarming:** installatie bedoeld voor de verwarming van meer dan één EPB-eenheid.
- **Deellastrendement:** het opwekkingsrendement van een installatie onder gedeeltelijke belasting.
- **Eindenergieverbruik voor verwarming:** eindenergie nodig om de bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming te dekken.
- **Eindenergieverbruik voor warm tapwater:** eindenergie nodig om de bruto energiebehoefte voor warm tapwater te dekken.

- **Energiesector:** een geheel van ruimten van het beschermd volume die:
  - tot dezelfde ventilatiezone behoren;
  - van hetzelfde type warmteafgiftesysteem voorzien zijn (tenzij, in geval van centrale verwarming, met het slechtste afgifterendement gerekend wordt);
  - en verwarmd worden met hetzelfde opwekkingstoestel (of desgevallend dezelfde combinatie van opwekkingstoestellen).
- **Fotovoltaïsch zonne-energiesysteem:** voorziening voor de opvang en omzetting van zonne-energie in elektriciteit.
- **Gebruiksoppervlakte:** de vloeroppervlakte, bepaald zoals beschreven in hoofdstuk 2 van bijlage A.2 bij dit besluit.
- **In/exfiltratiedebiet:** hoeveelheid buitenlucht die per tijdseenheid door infiltratie het beschermd volume of een energiesector binnenkomt.
- **Interne warmteproductie:** de warmte van personen, verlichting, ventilatoren, pompen en alle andere apparatuur, die binnen het beschermd volume vrijkomt.
- **Inwendige scheidingsconstructie:** constructie of deel van een constructie dat de scheiding vormt tussen het beschermd volume en een aangrenzende, al dan niet verwarmde ruimte.
- **Karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik:** het jaarlijks primair energieverbruik voor ruimteverwarming, de opwekking van warm tapwater, (fictieve) koeling, hulpfuncties, en in geval van kantoren en scholen ook verlichting, berekend volgens de methode beschreven in deze bijlage voor woongebouwen en in bijlage A.2 bij dit besluit voor kantoren en scholen. De primaire energiebesparing door zelfgeproduceerde elektriciteit m.b.v. een fotovoltaïsch systeem of m.b.v. een WKK-installatie wordt in mindering gebracht.
- **Karakteristieke luchtdoorlatendheid:** het luchtdebiet bij een drukverschil van 50 Pa.
- **Maximaal elektrisch vermogen van een elektromotor (of van een elektromotor-ventilator combinatie):** dit is het maximaal elektrisch vermogen dat de elektromotor (of de elektromotor-ventilator combinatie) bij continu bedrijf kan opnemen, desgevallend met inbegrip van alle voorschakelapparatuur. Het elektrisch vermogen wordt dus gemeten ter hoogte van de netvoeding. Continu bedrijf is gedefinieerd in NBN EN 60034-1 (Duty type S1).
- **Mechanische ventilatie:** ventilatie die door één of meerdere ventilatoren tot stand wordt gebracht.
- **Natuurlijke ventilatie:** ventilatie die onder invloed van wind en het temperatuurverschil tussen de lucht buiten en de lucht binnen tot stand komt.
- **Netto energiebehoefte voor ruimteverwarming:** energie die nodig zou zijn om het beschermd volume gedurende een zekere periode, in deze bijlage één maand, op binnentemperatuur te houden bij gebruik van een installatie met systeem- en opwekkingsrendement 1.
- **Netto energiebehoefte voor warm tapwater:** energie die nodig zou zijn om gedurende een zekere periode, in deze bijlage één maand, het warm tapwater van koud naar de gewenste temperatuur op te warmen bij gebruik van een installatie met systeem- en opwekkingsrendement 1.
- **Nominale stand:** regelstand van het ventilatiesysteem (van de ventilator(en) en eventueel andere onderdelen) waarbij, in elke ruimte, de mechanische toevoer bij systemen B en D ten minste gelijk moet zijn aan het geëiste buitenluchttoevoerdebiet van die ruimte, en de mechanische afvoer bij systemen C en D ten minste gelijk moet zijn aan het geëiste afvoerdebiet naar buiten van die ruimte.
- **Opaak:** geen zonnestraling doorlatend (tegenovergestelde van 'Transparant').
- **Peil van primair energieverbruik (E_w-peil):** verhouding tussen het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik van het beschermd volume en

een referentie karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik, vermenigvuldigd met 100.

- **Plaatselijke verwarming:** installatie voor ruimteverwarming waarbij de warmte wordt afgegeven in de ruimte waar zij wordt geproduceerd.
- **Prestatiecoëfficiënt (COP):** de verhouding tussen het verwarmingsvermogen en het opgenomen vermogen van een warmtepomp (coefficient of performance).
- **Onderste verbrandingswaarde (OVW):** hoeveelheid warmte die door de volledige verbranding van een eenheid brandstof vrijkomt, waarbij wordt verondersteld dat de waterdamp niet condenseert en de bijhorende warmte niet wordt gerecupereerd.
- **Bovenste verbrandingswaarde (BVW):** hoeveelheid warmte die door de volledige verbranding van een eenheid brandstof vrijkomt, waarbij wordt verondersteld dat de waterdamp condenseert en de bijhorende warmte wordt gerecupereerd.
- **Opwekkingsrendement:** verhouding van de door een warmteopwekkingstoestel extern afgeleverde warmte tot de verbruikte energie.
- **Rendement van een thermisch zonne-energiesysteem:** verhouding van de maandelijkse nuttige energiebijdrage tot de energie die de zon maandelijks aan het systeem levert.
- **Regeling:**
  - **Lokale regeling:** de debieten worden voor elke ruimte onafhankelijk geregeld
  - **Regeling per zone:** de debieten moeten voor elke zone afzonderlijk worden geregeld; de ruimten moeten in minstens twee verschillende zone verdeeld worden, waarvan één of meerdere dagzones et één of meerdere nachtzones; alle woonkamers moeten behoren tot de dagzones en alle slaapkamers moeten behoren tot de nachtzones.
  - **Centrale regeling:** de debieten worden tegelijk geregeld voor alle ruimten in de EPW-eenheid.

    Opmerking: in het geval van een vraaggestuurd systeem kan de regeling van de toevoer lokaal, per zone of centraal gebeuren en kan de regeling van de afvoer lokaal, per zone en centraal gebeuren.
- **Seizoensprestatiefactor:** de verhouding tussen de afgegeven warmte en de verbruikte energie bij een warmtepomp gedurende een zekere periode.
- **Systeemrendement:** fractie van de opgewekte bruikbare warmte die effectief wordt benut. Het systeemrendement wordt opgesplitst in een verdelings- en een afgifterendement.
- **Totaal vloeropeervlak:** som van de oppervlakken van de verschillende verdiepingen van de bouwmuren en berekend tussen de buitenwanden is de dikte van de wand of wanden niet in aanmerking genomen dat bedrag.
- **Thermisch zonne-energiesysteem:** voorziening voor de opvang en omzetting van zonne-energie in warmte.
- **Totale oppervlakte van de verwarmde of gekoelde vloer (A_{ch}):** de som van de vloeroppervlakten op elk niveau van de constructie in het beschermd volume, gemeten tussen de buitenkanten van de buitenmuren. Oppervlakten met een minimale hoogte onder plafond van 1,50 m worden meegeteld, voor zover de beschouwde ruimte minstens op een punt een minimale hoogte van 2,20 m bereikt.
- **Transparant:** zonnestraling in min of meerdere mate doorlatend, al dan niet met behoud van een helder beeld (tegenovergestelde van 'Opaak'). 'Transparant' omvat dus zowel het begrip 'doorzichtig' als het begrip 'doorschijnend'.
- **Uitwendige scheidingsconstructie:** constructie die of deel van een constructie dat de scheiding vormt tussen het beschermd volume en de buitenlucht, de grond of water.
- **Venster:** een scheidingsconstructie die (gedeeltelijk) lichtdoorlatend is.

- **Ventilatiedebiet:** hoeveelheid buitenlucht die per tijdseenheid door ventilatie wordt toegevoerd.
- **Ventilatiezone:** afgesloten deel van een EPB-eenheid met een onafhankelijk ventilatiesysteem.
- **Verdeelrendement:** fractie van de opgewekte warmte of koude die effectief aan de verwarmingselementen wordt geleverd. Staat bij een gebouwgebonden productie het opwekkingstoestel niet in het gebouw, dan zitten in het verdeelrendement ook de warmteverliezen van de leidingen tussen de plaats van opwekking en het gebouw.
- **Vollastrendement:** opwekkingsrendement van een warmte-opwekkingsinstallatie bij nominaal vermogen.
- **Warmtedoorgangscoëfficiënt:** de warmtedoorgang door een vlak constructiedeel per eenheid van oppervlakte, eenheid van tijd en eenheid van temperatuurverschil tussen de omgevingen aan beide zijden van het deel.
- **Warmtekrachtkoppeling (WKK):** gecombineerde productie van elektriciteit en warmte.
- **Warmtelevering door derden:** levering van warmte die niet opgewekt wordt op het eigen perceel.
- **Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie:** warmteverlies door transmissie door een verzameling scheidingsconstructies per Kelvin temperatuurverschil tussen de omgevingen aan beide kanten ervan.
- **Warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie:** warmteverlies per Kelvin temperatuurverschil als gevolg van het verwarmen van het luchtdebiet dat per tijdseenheid door ventilatie en infiltratie het beschermd volume binnenkomt.
- **Warmtetransporterend fluïdum:** een vloeistof of gas waarmee thermische energie van een plaats naar een andere verplaatst wordt, bv. water in een radiatorencircuit of een antivriesoplossing in een bodemwarmtewisselaar van een warmtepomp.
- **Warmteverlies:** hoeveelheid warmte die het beschermd volume gemiddeld per eenheid van tijd verliest.
- **Warmteverlies door transmissie:** het warmteverlies als gevolg van warmtetransmissie.
- **Warmteverlies door ventilatie:** het warmteverlies als gevolg van het verwarmen van het ventilatie- en infiltratiedebiet in het beschermd volume tot de door de bijlage opgelegde binnentemperatuur.
- **Warmtewinst:** som van de zonnewinsten, die via de transparante scheidingsconstructies het beschermd volume binnenkomen, en van de interne warmteproductie.
- **Zonnetoetredingsfactor van een beglazing:** de verhouding tussen de bezonningsstroom die door een beglazing naar binnen komt en de bezonningsstroom die op de beglazing invalt. In de zonnetoetredingsfactor zitten zowel de directe en de diffuse transmissie als de indirecte winsten die het gevolg zijn van de absorptie van de bezonningsstroom. Voor het onderling vergelijken van beglazingssystemen wordt om meettechnische redenen de zonnetoetredingsfactor voor loodrecht invallende directe straling gebruikt.

3 Symbolen, afkortingen en indices

3.1 Symbolen en afkortingen

< betekent: afgeleid van

Symbool	Betekenis	Eenheden
A	(geprojecteerde) oppervlakte	m^2
A	lucht (< air)	-
AOR	aangrenzend onverwarmde ruimte	-
B	breedte	m
B	antivries fluïdum (brijn, < brine)	-
C	compactheid	m
C	effectieve thermische capaciteit	J/K
COP	prestatiecoëfficiënt van een warmtepomp (coefficient of performance)	-
D	diameter	m
E	consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire	MJ
E_w	karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik	-
EEI	energie efficiëntie index	
EER	energie-efficiëntieverhouding van een koelmachine (energy efficiency ratio)	-
F	(reductie)factor	-
H	warmteoverdrachtscoëfficiënt	W/K
I	bezonning	MJ/m^2
I	indicator (voor oververhitting)	Kh
L	diepte	m
Nu	Nusselt getal	-
P	omtrek	m
P	vermogen	W
P	druk	Pa
Pr	Prandtl getal	-
Q	hoeveelheid warmte of energie	MJ
R	warmteweerstand	$m^2.K/W$
Re	Reynolds getal	-
RF	reductiefactor	-
SPF	seizoensprestatiefactor	-
U	spanning	V
U	warmtedoorgangscoëfficiënt	$W/(m^2.K)$
V	volume	m^3
$\dot{V}$	luchtdebiet, ventilatiedebiet	m^3/h
W	hoeveelheid elektriciteit	kWh
W	water	-
a	coëfficiënt, numerieke parameter, gebruiksfactor	-
b	coëfficiënt, numerieke parameter	-
c	correctiefactor	-
c	soortelijke warmte	J/(kg.K)
c	coëfficiënt	-

14	EPW methode 2017	
d	dikte	m
d	dagnummer de karakteristieke dag	-
e	dimensieloze factor	-
f	factor	-
g	zonnetoetredingsfactor	-
h	hoogte	m
l	lengte	m
m	vermenigvuldigingsfactor	-
m	rangnummer van de maand	-
n	ventilatievoud	h^{-1}
p	afstand	m
q	warmtestroomdichtheid	W/m^2
q	volumedebiet	m^3/h
r	reductiefactor, correctiefactor	-
s	vermenigvuldigingsfactor	-
t	tijd, tijdstap	s
w	vermenigvuldigingsfactor	-
z	diepte	m
α	absorptiecoëfficiënt	-
α_h	horizonhoek	graden
$\alpha_v, \alpha_{sL}, \alpha_{sR}$	overstekhoeken	graden
β	zonnehoogtehoek	graden
β	verhouding	-
δ	declinatiehoek	graden
γ	winst-verlies verhouding	-
η	rendement	-
λ	verlies-winst verhouding	-
λ	warmtegeleidingscoëfficiënt	W/(m.K)
ω	uurhoek	graden
θ	temperatuur	°C
θ	hoek	graden
φ	breedteligging	graden
Φ	warmtestroom, vermogen	W
ρ	volumemassa	kg/m^3
τ	tijdconstante	s
Ψ	lijnwarmtedoorgangscoëffiënt	W/(m.K)
χ	invalshoek	graden
χ	puntwarmtedoorgangscoëfficiënt	W/K

3.2 Indices

< betekent: afgeleid van

a	jaar
abs	bij afwezigheid
adj	afstelling (< adjustment)
AHU	luchtbehandelingskast (< air handling unit)
al	luchtlaag
all	alle
amb	omgeving (< ambiant)
ann	jaarlijks (< annual)
annih	vernietiging (< annihilation)
app	toestel (< apparatus)
artif	kunstlicht
artif area	kunstlichtdeel
as	actief zonne-energiesysteem (< active solar)
aux	hulp(-energie)
ave	gemiddeld
b	water in ketel
bath	badkamer
bf	keldervloer
boiler	ketel
bw	keldermuur
c	conventioneel
C	zonnewering
calc	berekend
ch	verwarmd (<chauffé)
char	karakteristiek
circ	circulatie, circulatieleiding
co	condensor
CO2	CO_2-uitstoot
cogen	warmtekracht (koppeling)
comp	compactheid
cons	verbruik
constructions	scheidingsconstructies van het verliesoppervlak
cool	koeling
ct	koeltoren
ctrl	regeling
cw	gordijngevel
d	dagopening
D	diameter
D	naar buitenlucht en water
D	deur
day	dag
dayl	daglicht
dayl area	daglichtdeel
def	bij ontstentenis
demand	energievraag
depth	diepte
design	ontwerp
dh	externe warmtelevering (< district heating)
dif	diffuus
dir	direct
distr	verdeling
duct	luchtkanaal
e	buiten, extern
eb	basis buitentemperatuur
eff	effectief
elec	elektrisch
electr	elektronisch
em	afgifte (< emission)
en	energie
env obst	obstakels uit de omgeving
EPR	EPW-eenheid (< energy performance of residential buildings)
eq	equivalent
ev	verdamper
evap	verdamping (< evaporation)
exc	uitzondering (< exception)
excess	overtollig
exh	afvoeropening
extr	afvoer
f	vloer (< floor)
f	raamprofiel (<frame)
f	benutting (< utilisation)
fct	functie

fans	ventilator(en)
final	eindverbruik
fitting	armatuur
flow	debiet
fl.h	vloerverwarming
free	manueel openen van opengaande delen
free	free-chilling
g	beglazing (< glazing)
g	(warmte)winst (< gain)
g	grond
GCV	bovenste verbrandingswaarde (< gross caloric value)
gen	opwekking
go	beglazing in opengaand deel
gross	bruto
h	hemisferische instraling
h	vocht
heat	(ruimte-)verwarming
hr	warmteterugwinning (< heat recovery)
hor	horizontaal
HP	warmtepomp (< heat pump)
horshad	beschaduwing door horizon (< horizon shading)
hum	bevochtiging
hyg	hygiënisch
i	intern
i	ranggetal
i	opaak deel
in	in, ingaand
in/exfilt	in/exfiltratie
instal	geïnstalleerd
int	binnen
int	tussentijdse temperatuurverlaging (EPN)
insul	isolatie (< insulation)
j	ranggetal
January	januari
junctions	bouwknopen
k	ranggetal
kitchen	keuken
L	lengte
L	warmteverlies (transmissie + ventilatie) (< loss)
l	lineair
lam	laminaire stroming
leak	lek, ondichtheid
light	verlichting
m	getal, aantal
m	maandelijks (op maandbasis)
max	maximaal
meas	gemeten
mech	mechanisch
min	minimaal
mod	modulerend
n	getal, aantal
nat	natuurlijk
ncalc	niet (in) berekende eenheid
NCV	onderste verbrandingswaarde (< net calorific value)
net	netto
netw	warmteverdelingsnet (< network)
night	nacht
nom	nominaal
norm	genormaliseerd
npref	niet-preferent
nres	niet-residentieel
obst from build	obstakels die vastzitten aan het gebouw
occ	(periode van) bezetting (< occupied)
on	aan
oper	tijdens bedrijf
operation	rekening houdend met beperkingen op werkingscondities
out	uit
over	overventilatie
overh	oververhitting (< overheating)
p	paneel
p	primair
pilot	waakvlam
po	paneel in opengaand deel
precool	voorkoeling

pref	preferent
preh	voorverwarming
pres	aanwezig
princ	fundamenteel (< principal)
prim	primair
ps	passief zonne-energiesysteem
pumps	pompen
pv	fotovoltaïsch (< photovoltaic)
r	getal, aantal
r	straling
rad	radiator
real	reëel
rec	recuperatie
red	reductie
reduc	reductie
ref	referentie
refl	reflectie
req	vereist
res	residentieel
return	retour
rm	(per) ruimte
ro	rooster in opengaand deel
RTO	regelbare toevoeropening
s	zon, bezonning
s	via de bodem (< soil)
se	constructie uitgaande warmtestroom
sec	energiesector
setpoint	instelpunt
sh+wh	ruimte- en waterverwarming (< space heating + water heating)
shad	beschaduwd (< shaded)
si	constructie ingaande warmtestroom
sink	aanrecht
sizing	geen beperkingen op de werkingscondities
spec	specifiek
stack	afvoerkanaal
stor	opslag
soil	aarde
supply	toevoer
switch	schakel
sys	(installatie-)systeem
T	transmissie
t	transparant
tap	kraanwerkelement (< tap)
te	van oppervlak tot buitenomgeving
test	onder testvoorwaarden
th	thermisch
thresh	drempelwaarde (< threshold)
throttle	gasklep
tot	totaal
tr	transparant
tube	buis
tubing	tapleidingen
turb	turbulente stroming
U	aangrenzende onverwarmde ruimte (< unheated)
unit	wooneenheid
unocc	(periode van) niet-bezetting (< unoccupied)
unshad	onbeschaduwd (< unshaded)
usable	bruikbaar
util	benutting
V	ventilatie
vent	ventilatie
vert	verticaal
vrf	variabel koelmiddel debiet (< variable refrigerant flow)
w	venster (< window)
W	water
wall	gevel
wall.h	muurverwarming
water	warm tapwater
wC	met zonnewering (< with curtain)
well	bron
win	opengaande vensters
woC	zonder zonnewering (< without curtain)
ws	combinatie venster & luik
wt	aarde-water warmtewisselaar

18	EPW methode 2017

x	kruipruimte of kelder
z	ranggetal
zone	ventilatiezone

4 Opbouw van de methode

De bepaling van het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik en het peil van primair energieverbruik (E_w-peil) gebeurt in een aantal stappen.

In een eerste stap worden de maandelijkse netto energiebehoeften voor ruimteverwarming en warm tapwater berekend. Daarin komen de transmissieverliezen, de ventilatieverliezen, de zonnewinsten, de interne warmtewinsten en het verbruik van warm tapwater tussen. Los daarvan wordt een inschatting gemaakt van het risico op oververhitting.

In een tweede stap worden de maandelijkse netto energiebehoeften voor ruimteverwarming en warm tapwater omgezet in maandelijkse bruto energiebehoeften. Dit gebeurt door de netto behoeften te delen door het systeemrendement van de installatie voor ruimteverwarming, respectievelijk warm tapwater.

In een derde stap wordt het maandelijkse (eind)energieverbruik voor ruimteverwarming en warm tapwater bepaald. Daarbij trekt men, indien van toepassing, de maandelijkse energiebijdrage van een thermisch zonne-energiesysteem af van de bruto energiebehoefte voor verwarming en warm tapwater. Het zo bekomen verschil wordt gedeeld door het opwekkingsrendement van de warmteopwekkingsinstallatie. Daarnaast berekent men ook het maandelijks (eind)energieverbruik voor hulpfuncties en bepaalt men het equivalente maandelijkse (eind)energieverbruik voor koeling. Indien er in het gebouw elektriciteit wordt geproduceerd d.m.v. een fotovoltaïsch zonne-energiesysteem of d.m.v. warmtekrachtkoppeling, wordt de karakteristieke maandelijkse elektriciteitsproductie berekend.

In een vierde stap wordt het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik berekend. Hiertoe wordt eerst elk van de maandelijkse eindenergieverbruiken (voor ruimteverwarming, voor warm tapwater en voor hulpfuncties) vermenigvuldigd met de omrekenfactor voor primaire energie van de betreffende energiedrager om de maandelijkse primaire energieverbruiken te bekomen. Voor zelfgeproduceerde elektriciteit wordt de primaire energiebesparing gerealiseerd in de elektrische centrales berekend door vermenigvuldiging met de van toepassing zijnde omrekenfactor. Vervolgens worden de karakteristieke maandelijkse primaire energieverbruiken, verminderd met de karakteristieke maandelijkse primaire energiebesparing ingevolge zelfgeproduceerde elektriciteit, gesommeerd over de 12 maanden van het jaar.

In een vijfde stap wordt, uitgaande van het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik, het beschermde volume, de totale oppervlakte van de verwarmde of gekoelde vloer (A_{ch}) en de oppervlakte waardoorheen transmissieverliezen optreden ($A_{T,E}$), het peil van primair energieverbruik (E_w-peil) berekend.

Bij diverse rekenstappen bestaat de keuze tussen een 'eenvoudige benadering' en een 'meer gedetailleerde berekening'. De eenvoudige benadering steunt op waarden bij ontstentenis. De gedetailleerde berekening vraagt bijkomende invoergegevens en de aanlevering van informatie door het bedrijfsleven.

5 Schematisering van het gebouw

5.1 Principe

De energieprestatie heeft vaak betrekking op een deelvolume van een gebouw, afhankelijk van bijvoorbeeld het al dan niet verwarmd (en/of gekoeld) zijn van ruimten, de bestemming van verschillende delen en het eventueel aanwezig zijn van verschillende wooneenheden. Voor de bepaling van de energieprestatie wordt het gebouw daarom op conventionele manier opgesplitst in verschillende delen. Elk deelvolume dat op zich aan een energieprestatie-eis voor een woongebouw moet voldoen, wordt een EPW-eenheid genoemd. Indien nodig gebeurt een verdere opsplitsing in ventilatiezones en energiesectoren om verschillende types installaties correct te kunnen inrekenen.

Opmerking:

De opsplitsing van het volledig gebouw die beschouwd wordt voor de bepaling van de energieprestatie kan verschillen van de opdeling die eventueel gemaakt dient te worden voor de eis(en) van globale warmte-isolatie (industriële of niet-industriële bestemming van verschillende gebouwgedeelten). We moeten bepalen waarom een (of) K-volume(s), gedefinieerd als het gedeelte van het beschermde volume van een opsomming van de bestemmingen aan dezelfde algemene thermische isolatie eis (K-peil).

Bij het ontwerp van de ventilatievoorzieningen (zie bijlagen C.2 en C.3 bij dit besluit) kan nog een andere indeling van toepassing zijn: er dient desgevallend onderscheid gemaakt te worden tussen gebouwdelen met enerzijds een residentiële en anderzijds een niet-residentiële bestemming.

5.2 Opdeling van het gebouw

Beschouw het volledige gebouw of de volledige uitbreiding (van een bestaand gebouw) en maak achtereenvolgens de volgende opdelingen:

- Definieer het beschermd volume. Het beschermd volume moet minstens alle ruimten van het beschouwde gebouw of van de beschouwde uitbreiding omvatten die voorzien zijn van warmteafgifte- en/of koudeafgifte-elementen (radiatoren, vloerverwarming, warme lucht inblaasmonden, ventiloconvectoren, enzovoort).
- Deel het beschermd volume naar gelang het geval op in een of meer delen met elk één van de volgende bestemmingen:
  - tot bewoning bestemd gebouwgedeelte: hierop zijn de energieprestatie-eisen voor woongebouwen van toepassing;
  - utiliteitsbestemmingen waarvoor energieprestatie-eisen van toepassing zijn (zie bijlage A.2 bij dit besluit);
  - andere gebouwbestemmingen.
- Beschouw dat deel van het beschermd volume dat tot bewoning bestemd is.
  - Ingeval dit deel in zijn geheel voor individuele dient, wordt dit volledig deel verder als EPW-eenheid omschreven. Dit EPW-eenheid moet voldoen aan de energieprestatie-eis die aan woongebouwen gesteld wordt.
  - Ingeval er zich in dit deel meer dan een individuele wooneenheid bevindt (bv. individuele appartementen in een flatgebouw), vormt elke wooneenheid op zich een EPW-eenheid dat elk op zich moet voldoen aan de energieprestatie-eis die aan woongebouwen gesteld wordt. Collectieve delen van een dergelijk gebouw (bv. gemeenschappelijke traphal en gangen) worden niet in beschouwing genomen bij de energieprestatiebepaling en dienen niet aan een energieprestatie-eis te voldoen. (Wel kunnen er andere eisen op

deze collectieve delen van toepassing zijn, bv. maximale U-waarden en bijdrage tot het K-peil van het gebouw in zijn geheel).

- Enkel het energieverbruik van een EPW-eenheid wordt beschouwd in de onderhavige bepalingsmethode. Verdeel dit volume indien nodig of indien gewenst in meerdere ventilatiezones en energiesectoren zoals beschreven in § 5.3.

Opmerking:

Ruimten van het beschouwde gebouw of van de beschouwde uitbreiding die niet in het beschermd volume opgenomen zijn, zijn dus per definitie niet verwarmd.

BELANGRIJK:

Aangrenzende verwarmde ruimten

In het kader van deze regelgeving mag men er steeds van uitgaan dat alle ruimten in aanpalende bestaande gebouwen verwarmde ruimten zijn (ook al is dit fysisch niet noodzakelijk zo).

Bij de bepaling van de energieprestatie wordt aangenomen dat er geen warmtestromen optreden doorheen de scheidingsconstructies naar aangrenzende verwarmde ruimten.

Afgezien van deze scheidingsconstructies met aangrenzende verwarmde ruimten, worden bij de bepaling van de energieprestatie verder wel de transmissiestromen in rekening gebracht doorheen alle andere scheidingsconstructies van het beschermd volume, ook al geven deze schildelen uit op een belendend perceel.

5.3 Opdeling van de EPW-eenheid in ventilatiezones en energiesectoren

5.3.1 Principe

Het beschermd volume van de EPW-eenheid wordt in ventilatiezones en energiesectoren verdeeld a.d.h.v. de bovenvermelde definities, en volgens de regels hieronder.

5.3.2 Verdeling in ventilatiezones en energiesectoren

Meestal is er in de EPW-eenheid slechts één ventilatie-installatie aanwezig, worden alle individuele ruimten op dezelfde manier verwarmd en zorgt één enkel centraal opwekkingstoestel voor de warmte. In deze gevallen is geen verdere opdeling van de EPW-eenheid in ventilatiezones en energiesectoren nodig: het ganse EPW-eenheid vormt in dat geval de enige ventilatiezone en enige energiesector.

Slechts indien er wel verschillende types installaties aanwezig zijn (hetgeen veel minder gebruikelijk is) dient een opsplitsing in ventilatiezones en/of energiesectoren te gebeuren zoals hieronder beschreven.

Ventilatiesystemen worden opgedeeld in vier verschillende types (zie ook bijlagen C.2 en C.3 bij dit besluit):

- systeem A: natuurlijke ventilatie,
- systeem B: mechanische toevoerventilatie,
- systeem C: mechanische afvoerventilatie,
- systeem D: mechanische toe- en afvoerventilatie.

Indien in verschillende afgesloten delen van de EPW-eenheid onafhankelijke ventilatie-installaties voorkomen, van een verschillend type volgens de indeling hierboven, dan vormt elk dergelijk deel een ventilatiezone. Een energiesector kan zich niet over verschillende ventilatiezones uitstrekken. Er zijn dus steeds minstens even veel energiesectoren als ventilatiezones.

Indien in een ruimte plaatselijke verwarming toegepast wordt (bv. lokale elektrische weerstandsverwarming) en er ook warmteafgifte-elementen van een centraal verwarmingssysteem aanwezig zouden zijn, dan wordt bij de bepaling van de energieprestatie het centrale verwarmingssysteem in deze ruimte buiten beschouwing gelaten: er wordt enkel gekeken naar de kenmerken van het plaatselijk systeem. Voor open haarden en houtkachels, is het echter toch het centrale verwarmingssysteem dat beschouwd wordt.

Indien verschillende ruimten van de ventilatiezone op verschillende manieren verwarmd worden (na toepassing van bovenstaande conventie i.v.m. gecombineerde centrale en plaatselijke verwarming) zodanig dat de verschillende systemen in een andere categorie vallen in Tabel [6], geeft dit aanleiding tot een verdere opdeling in energiesectoren. In geval van centrale verwarming is deze opdeling echter niet verplicht. In dat geval mag in de ganse energiesector met het slechtste afgifterendement uit Tabel [6] gerekend worden en kan niet meer voor de gedetailleerde rekenmethode volgens Bijlage D van deze tekst geopteerd worden.

Indien ten slotte meerdere centrale warmteopwekkers verschillende delen van de ventilatiezone apart van warmte voorzien, leidt dit in principe tot een verdere opsplitsing in energiesectoren. Deze opsplitsing is echter niet nodig indien de warmteopwekkers (rekenkundig) hetzelfde opwekkingsrendement hebben (bv. in geval van het gebruik van twee identieke verwarmingsketels voor verschillende delen van de ventilatiezone).

(Dezelfde opsplitsingsregels gelden evenzeer wanneer elk deel van de ventilatiezone door een combinatie van parallel geschakelde centrale warmteopwekkers verwarmd wordt, i.p.v. door één enkel toestel.)

Het verder opdelen van de EPW-eenheid in nog meer energiesectoren is toegelaten, maar is niet verplicht. Een groter aantal energiesectoren geeft gewoonlijk aanleiding tot meer rekenwerk (extra invoergegevens nodig), maar beïnvloedt het berekend karakteristiek jaarlijks energieverbruik weinig of niet.

Indien in de EPW-eenheid ruimten voorkomen die niet van een warmteafgiftesysteem voorzien zijn (bv. wc's, gangen, bergruimten, ruimten die niet onmiddellijk in gebruik genomen worden zoals slaapkamers, ...), dienen deze aan een energiesector toegewezen te worden van een aangrenzende ruimte op dezelfde verdieping. Indien in de onverwarmde ruimte in kwestie geen voorzieningen voor de toevoer van verse buitenlucht aanwezig zijn maar er wel doorstroomopeningen vanuit aanpalende ruimten zijn (het betreft bv. een doorstroom- of afvoerruimte, of bv. een bergruimte), wijs de ruimte dan toe aan (een van) de aangrenzende energiesector(en) van waaruit de ruimte in kwestie toevoerlucht betrekt.

Bepaal het karakteristiek en referentie jaarlijks primair energieverbruik van de EPW-eenheid volgens de onderhavige bepalingsmethode.

5.3.3 Volume en oppervlakten van scheidingsconstructies van een energiesector

Bij de bepaling van het volume $V_{sec\ i}$ en van de oppervlakten van scheidingsconstructies (beiden op basis van de buitenafmetingen) wordt de

afbakening tussen twee energiesectoren gevormd door de hartlijn van de tussenliggende scheidingsconstructie.

5.3.4 Afwezigheid van een verwarmingssysteem

Indien de EPW-eenheid niet verwarmd wordt, d.w.z. in het ganse EPW-eenheid is geen enkele ruimte voorzien van een warmteafgiftesysteem, dan moet bij conventie het volgende als verwarmingssysteem beschouwd worden: plaatselijke elektrische convectoren met elektronische regeling in elke ruimte.

6 Indicatoren van primair energieverbruik

6.1 Het peil van primair energieverbruik

Het peil van primair energieverbruik van de EPW-eenheid wordt gegeven door de verhouding tussen het karakteristieke jaarlijkse primaire energieverbruik van de EPW-eenheid en een referentiewaarde, vermenigvuldigd met 100:

Eq. 5 $$E_w = 100 \frac{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}}{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,w}} \quad (-)$$

waarin:

E_w het peil van primair energieverbruik van de EPW-eenheid, (-);

$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}$ het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik van de EPW-eenheid, berekend volgens § 13.2, in MJ;

$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,w}$ de referentiewaarde voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik, in MJ.

Het resultaat dient naar boven te worden afgerond tot op 1 eenheid.

De referentiewaarde voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik wordt gegeven door:

Eq. 6 $$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,w} = (E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,heat} + E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,water} + E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,aux}) \cdot A_{ch} \quad (MJ)$$

waarbij:

Eq. 7 $$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,heat} = Be_{ref}/0,728 \quad (MJ/m^2)$$

de jaarlijkse karakteristieke primaire referentie-energieverbruik voor de verwarming voorstelt.

waarbij:

Eq. 8 $$Q_{heat,net,ann,ref} = Q_{L,heat,ann,ref} - 4500/A_{ch} - 100 \quad (MJ/m^2)$$

wat de jaarlijkse netto referentiebehoeften voor de verwarming in MJ/m² oplevert.

waarbij:

A_{ch} de totale verwarmde of gekoelde vloeroppervlakte van de EPW-eenheid in m²is.

$Q_{L,heat,ann,ref}$ geeft de jaarlijkse netto energiebehoefte te wijten aan verliezen door transmissie en ventilatie en wordt berekend in functie van de compactheid $\left(V_{EPR}/A_{T,E}\right)$ door de volgende verhoudingen:

Eq. 9 Indien $V_{EPR}/A_{T,E} \leq 1$: $Q_{L,heat,ann,ref} = 407/(V_{EPR}/A_{T,E}) + 248.\beta_{hyg,ref}$

Indien $1 < V_{EPR}/A_{T,E} \leq 4$: $Q_{L,heat,ann,ref} = 298/(V_{EPR}/A_{T,E}) + 109 + 248.\beta_{hyg,ref}$

Indien $V_{EPR}/A_{T,E} > 4$: $Q_{L,heat,ann,ref} = 735/(V_{EPR}/A_{T,E}) + 248.\beta_{hyg,ref}$ (MJ/m²)

met:

$A_{T,E}$ de totale oppervlakte van alle scheidingsconstructies die de schil van de EPW-eenheid omvatten en doorheen dewelke verliezen door transmissie worden beschouwd bij het bepalen van de energieprestatie[1] (zie ook § 5.2), in m²;

V_{EPR} het totale volume van de EPW-eenheid, in m³;

$\beta_{hyg,ref}$ de hygiënisch referentieventilatievoud in het EPW-eenheid, in h^{-1}.

Er geldt:

Eq. 10 $V_{EPR} = \sum_i V_{seci}$ (m³)

en:

Eq. 11 $\beta_{dedic,ref} = 1,5\left[0,2 + 0,5.\exp(-A_{ch}/167)\right]$ [h^{-1}]

waarbij:

$V_{sec\ i}$ het volume van de energiesector i, in m³.

In de vergelijking voor V_{EPR}, dient er gesommeerd te worden over alle energiesectoren i van de EPW-eenheid.

Eq. 12 $E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,water} = Max\left[9793,36/A_{ch};3324,5/A_{ch} + 100,95\right]$ (MJ/m²)

vertegenwoordigt het karakteristiek jaarlijks primair referentie-energieverbruik voor warm tapwater.

Eq. 13 $E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref,aux} = 53$ (MJ/m²)

vertegenwoordigt het karakteristiek jaarlijks primair referentie-energieverbruik voor hulpfuncties.

[1] Bijgevolg worden enkel constructies die de scheiding vormen tussen de EPW-eenheid en aangrenzende verwarmde ruimten niet opgenomen in de berekeningen voor de bepaling van $A_{T,E}$.

6.2 Specifieke jaarlijks primair energieverbruik

Het specifieke jaarlijks primair energieverbruik van het EPW-eenheid wordt gegeven door de verhouding van het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik van deze EPW-eenheid en de totale verwarmde of gekoelde vloeroppervlakte van deze EPW-eenheid:

Eq. 14 $$E_{spec} = \frac{1}{3{,}6} \cdot \frac{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}}{A_{ch}}$$ [kWh/m²]

met:

E_{spec} het specifieke jaarlijks primair energieverbruik van het EPW-eenheid, in kWh/m² per jaar;

$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}$ het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik van de EPW-eenheid, berekend volgens § 13.2, in MJ;

A_{ch} de totale verwarmde of gekoelde vloeroppervlakte van de EPW-eenheid in m²is.

7 Netto energiebehoefte voor ruimteverwarming en warm tapwater

7.1 Principe

De netto energiebehoefte voor ruimteverwarming wordt per energiesector voor alle maanden van het jaar berekend. Hiertoe worden telkenmale de totale maandverliezen door transmissie en ventilatie bij een conventioneel vastgelegde temperatuur bepaald, evenals de totale maandwinsten door interne warmtewinsten en bezonning. Met behulp van de benuttingsfactor voor de warmtewinsten wordt dan de maandelijkse energiebalans opgesteld.

De maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater wordt forfaitair berekend in functie van de EPW-eenheid. Daarbij kan in voorkomend geval rekening gehouden worden met warmteterugwinning. Enkel de volgende verbruikspunten worden beschouwd:

- de tappunten in de keuken(s)
- de douche(s) en/of het bad (of baden) in de badkamer(s)

Alle andere tappunten in de EPW-eenheid (dus ook lavabo('s) in de badkamer) worden niet in beschouwing genomen.

7.2 Maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming per energiesector

Bepaal de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming per energiesector met:

Eq. 15 als $\gamma_{heat,sec\ i,m}$ groter of gelijk aan 2,5 is:

$$Q_{heat,net,sec\ i,m} = 0$$

als $\gamma_{heat,sec\ i,m}$ kleiner dan 2,5 is:

$$Q_{heat,net,sec\ i,m} = Q_{L,heat,sec\ i,m} - \eta_{util,heat,sec\ i,m} \cdot Q_{g,heat,sec\ i,m} \quad \text{(MJ)}$$

met:

$\gamma_{heat,sec\ i,m}$ de verhouding tussen de maandelijkse warmtewinsten en de maandelijkse warmteverliezen van energiesector i, bepaald volgens § 7.6, (-);

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, in MJ;

$Q_{L,heat,sec\ i,m}$ het maandelijks warmteverlies door transmissie en ventilatie van energiesector i, in MJ, bepaald volgens § 7.4;

$\eta_{util,heat,sec\ i,m}$ de maandelijkse benuttingsfactor van de warmtewinsten van energiesector i, bepaald volgens § 7.6, (-);

$Q_{g,heat,sec\ i,m}$ de maandelijkse warmtewinst door bezonning en interne warmteproductie in energiesector i, in MJ, bepaald volgens § 7.5.

7.3 Maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater

De maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van een douche of bad i wordt gegeven door:

Eq. 16 $$Q_{water,bath\ i,net,m} = r_{water,bath\ i,net} \cdot f_{bath\ i} \cdot \max\left[64;\ 64 + 0{,}220 \cdot \left(V_{EPR} - 192\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

De maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van een aanrecht i in een keuken[2] wordt gegeven door:

Eq. 17 $$Q_{water,sink\ i,net,m} = r_{water,sink\ i,net} \cdot f_{sink\ i} \cdot \max\left[16;\ 16 + 0{,}055 \cdot \left(V_{EPR} - 192\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

met:

$Q_{water,bath\ i,net,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van douche of bad i, in MJ;

$Q_{water,sink\ i,net,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van keukenaanrecht i, in MJ;

$r_{water,bath\ i,net}$ een reductiefactor voor het effect van de voorverwarming van de koudwatertoevoer naar douche of bad i d.m.v. warmteterugwinning uit de afloop, te berekenen volgens vooraf door de minister bepaalde regels, (-);

$r_{water,sink\ i,net}$ een reductiefactor voor het effect van de voorverwarming van de koudwatertoevoer naar keukenaanrecht i d.m.v. warmteterugwinning uit de afloop, te berekenen volgens vooraf door de minister bepaalde regels, (-);

$f_{bath\ i}$ het aandeel van douche of bad i in de totale netto energiebehoefte voor warm tapwater van alle douches en baden in de EPW-eenheid, zoals hieronder bepaald, (-);

$f_{sink\ i}$ het aandeel van keukenaanrecht i in de totale netto energiebehoefte voor warm tapwater in de/alle keuken(s) van de EPW-eenheid, zoals hieronder bepaald, (-);

V_{EPR} het totaal volume van de EPW-eenheid, bepaald volgens § 6, in m³;

t_m de lengte van de betreffende maand in Ms.

Indien in de EPW-eenheid geen enkele douche of bad aanwezig zou zijn[3], dan wordt er hiervoor geen warm tapwater verbruik beschouwd. Analoog, indien in de EPW-eenheid geen enkel keukenaanrecht aanwezig zou zijn[3], dan wordt er ook hiervoor geen warm tapwater verbruik beschouwd.

De aandelen van de diverse tappunten worden als volgt bepaald:

Eq. 18 $$f_{bath\ i} = 1 / N_{bath} \quad \text{en} \quad f_{sink\ i} = 1 / N_{sink} \quad \text{(-)}$$

met:

N_{bath} het totaal aantal douches en baden in de EPW-eenheid, (-);

N_{sink} het totaal aantal keukenaanrechten in de EPW-eenheid, (-).

[2] Eventuele andere warm water tappunten (bv. voor (vaat)wasmachine) worden buiten beschouwing gelaten. In voorkomend geval worden meerdere aanrechten in een keuken apart beschouwd.

[3] Bv. ingeval van een uitbreiding waaraan een energieprestatie-eis gesteld wordt.

Tabel [1]: Het dagnummer de karakteristieke dag, de maandlengte, de gemiddelde buitentemperatuur en de gemiddelde totale en diffuse bezonning op een niet beschaduwd horizontaal vlak

Maand	Karak-teristieke dag	Lengte van de maand t_m (Ms)	Maand-gemiddelde buiten-temperatuur $\theta_{e,m}$ (°C)	$I_{s,tot,hor,m}$ (MJ/m²)	$I_{s,dif,hor,m}$ (MJ/m²)
Januari	15	2,6784	3,2	71,4	51,3
Februari	46	2,4192	3,9	127,0	82,7
Maart	74	2,6784	5,9	245,5	155,1
April	105	2,5920	9,2	371,5	219,2
Mei	135	2,6784	13,3	510,0	293,5
Juni	166	2,5920	16,2	532,4	298,1
Juli	196	2,6784	17,6	517,8	305,8
Augustus	227	2,6784	17,6	456,4	266,7
September	258	2,5920	15,2	326,2	183,6
Oktober	288	2,6784	11,2	194,2	118,3
November	319	2,5920	6,3	89,6	60,5
December	349	2,6784	3,5	54,7	40,2

7.4 Maandelijkse warmteverliezen door transmissie en ventilatie

7.4.1 Principe

De maandelijkse warmteverliezen door transmissie in een energiesector worden verkregen door de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie te vermenigvuldigen met de lengte van de betreffende maand en met het verschil tussen de gemiddelde binnentemperatuur en de maandgemiddelde buitentemperatuur.

De berekening van de maandelijkse warmteverliezen door ventilatie gebeurt op analoge manier.

7.4.2 Rekenregel

Bepaal het maandelijks warmteverlies door transmissie en ventilatie als:

Eq. 19 $$Q_{L,heat,sec\ i,m} = Q_{T,heat,sec\ i,m} + Q_{V,heat,sec\ i,m} \quad \text{(MJ)}$$

met:

Eq. 20 $$Q_{T,heat,sec\ i,m} = H_{T,heat,sec\ i} \cdot \left(18 - \theta_{e,m}\right) \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 21 $Q_{V,heat,sec\ i,m} = H_{V,heat,sec\ i} \cdot (18 - \theta_{e,m}) \cdot t_m$ (MJ)

waarin:

$Q_{T,heat,sec\ i,m}$	het maandelijks warmteverlies door transmissie van energiesector i, in MJ;
$Q_{V,heat,sec\ i,m}$	het maandelijks warmteverlies door ventilatie van energiesector i, in MJ;
$H_{T,heat,sec\ i}$	de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie van energiesector i, in W/K, bepaald volgens § 7.7;
$H_{V,heat,sec\ i}$	de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie van energiesector i, in W/K, bepaald volgens § 7.8;
18	de door deze bijlage opgelegde rekenwaarde voor de binnentemperatuur, in °C;
$\theta_{e,m}$	de maandgemiddelde buitentemperatuur, in °C, bepaald volgens Tabel [1];
t_m	de lengte van de betreffende maand, in Ms, bepaald volgens Tabel [1].

7.5 Maandelijkse warmtewinsten door bezonning en interne warmteproductie

Bepaal de maandelijkse warmtewinsten door bezonning en interne warmteproductie van energiesector i als:

Eq. 22 $Q_{g,heat,sec\ i,m} = Q_{i,sec\ i,m} + Q_{s,heat,sec\ i,m}$ (MJ)

met:

$Q_{i,sec\ i,\ m}$	de maandelijkse warmtewinst door interne warmteproductie in energiesector i, in MJ, bepaald volgens § 7.9;
$Q_{s,heat,sec\ i,\ m}$	de maandelijkse warmtewinst door bezonning in energiesector i, in MJ, bepaald volgens § 7.10.

7.6 Benuttingsfactor van de maandelijkse warmtewinsten

Bepaal de benuttingsfactor van de maandelijkse warmtewinsten per energiesector als:

Eq. 23 $\eta_{util,heat,sec\ i,m} = a/(a+1)$ voor $\gamma_{heat,sec\ i,m} = 1$

$$\eta_{util,heat,sec\ i,m} = \frac{1 - (\gamma_{heat,sec\ i,m})^a}{1 - (\gamma_{heat,sec\ i,m})^{a+1}} \quad \text{in alle andre gevallen} \qquad (-)$$

met:

Eq. 24 $\gamma_{heat,sec\ i,m} = Q_{g,heat,sec\ i,m} / Q_{L,heat,sec\ i,m}$ (-)

Eq. 25 $$a = 1 + \frac{\tau_{heat,sec\ i}}{54000} \qquad (-)$$

waarbij:

$\gamma_{heat,sec\ i,m}$	de verhouding tussen de maandelijkse warmtewinsten en de maandelijkse warmteverliezen van energiesector i, (-);
$Q_{g,heat,sec\ i,m}$	de maandelijkse warmtewinsten door bezonning en interne warmteproductie van energiesector i, in MJ, bepaald volgens § 7.5;
$Q_{L,heat,sec\ i,m}$	de maandelijkse warmteverliezen door transmissie en ventilatie van energiesector i, in MJ, bepaald volgens § 7.4;
a	een numerieke parameter, (-);
$\tau_{heat,sec\ i}$	de tijdconstante van energiesector i, in s.

Stel de tijdconstante van de energiesector i gelijk aan:

Eq. 26 $$\tau_{heat,sec\ i} = \frac{C_{sec\ i}}{H_{T,heat,sec\ i} + H_{V,heat,sec\ i}} \quad (s)$$

met:

$C_{sec\ i}$	de effectieve thermische capaciteit van energiesector i, in J/K;
$H_{T,heat,sec\ i}$	de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie van energiesector i, in W/K, bepaald volgens § 7.7;
$H_{V,heat,sec\ i}$	de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie van energiesector i, in W/K, bepaald volgens § 7.8.

Neem voor de effectieve thermische capaciteit van energiesector i de waarden van Tabel [2].

- De term 'zwaar' in deze tabel geldt voor energiesectoren waarvan minstens 90% van de oppervlakte van de horizontale, hellende en verticale constructiedelen massief is.
- De term 'halfzwaar' geldt voor energiesectoren waarvan minstens 90% van de horizontale constructiedelen massief is zonder afscherming door binnenisolatie, of energiesectoren waarvan minstens 90% van de verticale en hellende constructiedelen massief zijn.
- De term 'matig zwaar' geldt voor energiesectoren waarvan 50 tot 90% van de horizontale constructiedelen massief zijn zonder afscherming door binnenisolatie, of energiesectoren waarvan 50 tot 90% van de verticale en hellende constructiedelen massief zijn.
- De term 'licht' geldt voor alle overige energiesectoren.

Een constructiedeel wordt hier beschouwd:

- als horizontaal indien zijn helling gelijk is aan 0°;
- als hellend indien zijn helling groter is dan 0° en kleiner is dan 60°;
- als verticaal indien zijn helling groter dan of gelijk aan 60° is;
- als massief indien zijn massa minstens 100 kg/m² bedraagt, bepaald vertrekkende van binnenuit tot aan een luchtspouw of een laag met thermische geleidbaarheid kleiner dan 0,20 W/(m.K).

Tabel [2]: Waarde van de effectieve thermische capaciteit $C_{sec\ i}$ van energiesector i

Type constructie	$C_{sec\ i}$ (J/K)
Zwaar	217 000 $V_{sec\ i}$
Halfzwaar	117 000 $V_{sec\ i}$
Matig zwaar	67 000 $V_{sec\ i}$
Licht	27 000 $V_{sec\ i}$

met:

$V_{sec\ i}$ het volume van energiesector i, in m^3.

7.7 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie

7.7.1 Principe

De warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie ontwikkelt zich zoals de gebouwgeometrie driedimensionaal. Het zou dan ook driedimensionaal berekend moeten worden, zie de normen NBN EN ISO 13789 en NBN EN ISO 10211. Dergelijke driedimensionale berekening geldt als referentie.

De driedimensionale referentieberekening wordt in deze bijlage vervangen door een vereenvoudigde berekening. Die gaat ervan uit dat:

- de hoofdcomponent van de transmissieverliezen ééndimensionaal is,
- het oppervlak rond het beschermd volume continu is tenzij ter plaatse van de scheidingsconstructies met aangrenzende verwarmde ruimten,
- en de scheidingsconstructies vlak zijn.

Elke vlakke scheidingsconstructie met oppervlakte A wordt gekenmerkt door een warmtedoorgangscoëfficiënt U. Alle lineaire bouwknopen met lengte l tussen twee scheidingscontructies krijgen een lijnwarmtedoorgangscoëfficiënt Ψ en alle puntbouwknopen een puntwarmtedoorgangscoëfficiënt χ. Lijn- en puntbouwknopen die eigen zijn aan een scheidingsconstructie en over het oppervlak ervan verdeeld zijn, worden opgenomen in de warmtedoorgangscoëfficiënt van die scheidingsconstructie.

De warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie wordt bepaald voor alle scheidingsconstructies tussen de energiesector en de buitenomgeving (lucht of water), de energiesector en de bodem en de energiesector en de aangrenzende onverwarmde ruimten. Ook indien dergelijke scheidingsconstructies uitgeven op een belendend perceel, dienen ze meebeschouwd te worden bij de bepaling van de warmteoverdrachtscoëfficiënt, zie ook § 5.2.

7.7.2 Rekenregel

Bepaal de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie per energiesector als:

Eq. 27 $$H_{T,heat,sec\ i} = H_{T,sec\ i}^{constructions} + H_{T,h\ sec\ i}^{junctions} \quad (W/K)$$

met:

$H_{T,sec\ i}^{constructions}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de scheidingsconstructies van het verliesoppervlak van energiesector i, in W/K;

$H_{T,h\ sec\ i}^{junctions}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de bouwknopen van het verliesoppervlak van energiesector i, in W/K.

Voor nadere toelichting bij de verschillende mogelijkheden om de invloed van bouwknopen (zowel lijnvormige als puntvormige) in rekening te brengen, wordt verwezen naar bijlage B.2 bij dit besluit.

Bepaal de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de scheidingsconstructies van energiesector i als:

Eq. 28 $$H_{T,sec\ i}^{constructions} = H_{D,sec\ i}^{constructions} + H_{g,sec\ i}^{constructions} + H_{U,sec\ i}^{constructions} \quad (W/K)$$

met:

$H_{T,sec\ i}^{constructions}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de scheidingsconstructies van energiesector i, in W/K;

$H_{D,sec\ i}^{constructions}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen alle scheidingsconstructies tussen energiesector i en de buitenlucht en tussen energiesector i en water, in W/K;

$H_{g,sec\ i}^{constructions}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen alle scheidingsconstructies tussen energiesector i en de bodem, in W/K;

$H_{U,sec\ i}^{constructions}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen alle inwendige scheidingsconstructies tussen energiesector i en de aangrenzende onverwarmde ruimten, in W/K.

De verschillende termen worden berekend volgens nadere specificaties vanwege bijlage B.1 bij dit besluit.

Voor componenten waarvan de thermische eigenschappen niet gekend zijn of bepaald kunnen worden (bv. complex gestructureerde lagen in wandelementen, enz.), mag steeds aangenomen worden dat de eigen warmteweerstand van de laag of de component gelijk is aan nul. De totale warmtedoorgangscoëfficiënt wordt dan volledig bepaald door de oppervlakteweerstanden met de binnen- en buitenomgeving (rekening houdend met de ontwikkelde oppervlakte) en eventueel door de warmteweerstanden van de andere lagen van de component.

Hou geen rekening met leidingdoorvoeren (water, gas, elektriciteit, riolering, enz.) en daarmee vergelijkbare elementen in de uitwendige scheidingsconstructies, voor zover de totale oppervlakte ervan niet meer bedraagt dan 0,25% van de totale oppervlakte ($A_{T,E}$) van het betrokken EPW-eenheid waardoorheen transmissieverliezen optreden (dus met uitzondering van scheidingsconstructies met aangrenzende verwarmde ruimten). Genoemde elementen krijgen in dit geval dezelfde U-waarde als de scheidingsconstructies waarin ze zitten.

Voor luiken dient bij conventie aangenomen te worden dat ze 8 uren per etmaal dicht zijn[4].

7.8 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie

7.8.1 Principe

De warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie wordt bepaald door de voelbare warmtecapaciteit van 1 m^3 lucht te vermenigvuldigen met de som van volgende luchtdebieten:

- het gemiddeld luchtdebiet ingevolge de in- en exfiltratie;
- het gemiddeld luchtdebiet ingevolge de hygiënische ventilatie, rekening houdend met een eventuele reductiefactor voor voorverwarming of met een vermenigvuldigingsfactor voor voorkoeling;
- desgevallend het gemiddeld luchtdebiet ingevolge overventilatie bij toepassing van een warmtepomp op de afgevoerde ventilatielucht voor de bereiding van warm tapwater;
- en, voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, het gemiddeld luchtdebiet ingevolge de ventilatie door het manueel openen van opengaande delen.

Een mechanische afvoer, die tijdens het koken de waterdamp afvoert, wordt genegeerd. Hetzelfde geldt voor een mechanische afvoer in een toilet of badkamer, wanneer die tijdelijk zorgt voor een hogere afvoer maar niet nodig is om aan de ventilatie-eisen van bijlagen C.2 of C.3 bij dit besluit te voldoen. Voor het energieverbruik van de ventilatoren bij mechanische systemen wordt verwezen naar § 11.2.

7.8.2 Rekenregel

Bepaal de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie van energiesector i met:

- voor de verwarmingsberekeningen:

Eq. 29 $$H_{V,heat,sec\,i} = H_{V,inf/\,exfilt,heat,sec\,i} + H_{V,hyg,heat,sec\,i} + H_{V,over,heat,sec\,i} \quad (W/K)$$

- voor de koelberekeningen:

Eq. 30 $$H_{V,cool,sec\,i,m} = H_{V,inf/\,exfilt,cool,sec\,i} + H_{V,hyg,cool,sec\,i,m} + H_{V,over,cool,sec\,i} \quad (W/K)$$

- voor de evaluatie van het oververhittingsrisico:

Eq. 31 $$H_{V,overh,seci,m} = H_{V,inf/exfilt,overh,seci} + H_{V,hyg,overh,seci,m} + H_{V,over,overh,seci} + H_{V,free,nat,overh,seci} \quad (W/K)$$

[4] Indien de luiken niet van binnenuit bediend kunnen worden, is er geen reductie van toepassing.

met:

$H_{V,heat,seci}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie van energiesector i voor de verwarmingsberekeningen, in W/K;

$H_{V,cool,seci,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie van energiesector i voor de koelberekeningen, in W/K;

$H_{V,overh,seci,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie van energiesector i voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, in W/K;

$H_{V,in/exfilt,heat,seci}$, $H_{V,in/exfilt,cool,seci}$ en $H_{V,in/exfilt,overh,seci}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie voor respectievelijk de verwarmings- en de koelberekeningen en voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, bepaald volgens § 7.8.3, in W/K;

$H_{V,hyg,heat,seci}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie voor respectievelijk de verwarmingsberekeningen, bepaald volgens § 7.8.5, in W/K;

$H_{V,hyg,cool,seci,m}$ en $H_{V,hyg,overh,seci,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie voor de koelberekeningen en voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, bepaald volgens § 7.8.5, in W/K;

$H_{V,over,heat,seci}$, $H_{V,over,cool,seci}$ en $H_{V,over,overh,seci}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door overventilatie voor respectievelijk de verwarmings- en de koelberekeningen en voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, bepaald volgens § 7.8.7, in W/K;

$H_{V,free,nat,overh,seci}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie door het manueel openen van opengaande delen voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, bepaald volgens § 7.8.8, in W/K.

7.8.3 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie

De uitdrukkingen voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie van energiesector i worden gegeven door:

- voor de verwarmingsberekeningen:

Eq. 32 $$H_{V,in/exfilt,heat,sec\,i} = 0{,}34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,heat,sec\,i} \quad (W/K)$$

- voor de koelberekeningen:

Eq. 33 $$H_{V,in/exfilt,cool,sec\,i} = 0{,}34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,cool,sec\,i} \quad (W/K)$$

- voor de evaluatie van het oververhittingsrisico:

Eq. 34 $$H_{V,in/exfilt,overh,sec\,i} = 0{,}34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,overh,sec\,i} \quad (W/K)$$

met:

$\dot{V}_{in/exfilt,heat,seci}$, $\dot{V}_{in/exfilt,cool,seci}$ en $\dot{V}_{in/exfilt,over,seci}$ het in/exfiltratiedebiet doorheen de ondichte gebouwschil in energiesector i, voor respectievelijk de verwarmings- en de koelberekeningen en voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, zoals hieronder bepaald, in m^3/h.

7.8.4 In- en exfiltratiedebiet

Het gemiddeld toe te passen in/exfiltratiedebiet in energiesector i, in m³/h, is op conventionele wijze gegeven door:

- voor de verwarmingsberekeningen:

Eq. 35 $\dot{V}_{in/exfilt,heat,sec\,i} = 0{,}04 \cdot \dot{v}_{50,heat} \cdot A_{T,E,sec\,i}$ (m³/h)

- voor de koelberekeningen:

Eq. 36 $\dot{V}_{in/exfilt,cool,sec\,i} = 0{,}04 \cdot \dot{v}_{50,cool} \cdot A_{T,E,sec\,i}$ (m³/h)

- voor de evaluatie van het oververhittingsrisico:

Eq. 37 als $H_{V,free,nat,overh,sec\,i} = 0$: $\dot{V}_{in/exfilt,overh,sec\,i} = 0{,}04 \cdot \dot{v}_{50,overh} \cdot A_{T,E,sec\,i}$

als $H_{V,free,nat,overh,sec\,i} > 0$: $\dot{V}_{in/exfilt,overh,sec\,i} = 0$ (m³/h)

met:

$\dot{V}_{50,heat}$, $\dot{V}_{50,cool}$ en $\dot{V}_{50,overh}$ het lekdebiet bij 50 Pa per eenheid oppervlakte, voor respectievelijk de verwarmings- en de koelberekeningen en voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, zoals hieronder bepaald, in m³/(h.m²);

$A_{T,E,sec\,i}$ de totale oppervlakte van alle scheidingsconstructies die energiesector i omhullen en waardoorheen transmissieverliezen beschouwd worden bij de bepaling van de energieprestatie[5] (zie ook § 5.2 en § 7.7), in m².

Indien een luchtdichtheidsmeting van het volledige EPW-eenheid(of desgevallend van een groter deel van het beschermd volume) uitgevoerd wordt, geldt voor het lekdebiet bij 50 Pa per eenheid oppervlakte, $\dot{v}_{50,heat}$ en $\dot{v}_{50,cool}$, in m³/(h.m²):

Eq. 38 $\dot{v}_{50,heat} = \dot{v}_{50,cool} = \dot{v}_{50,overh} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_{test}}$ (m³/(h.m²)

met:

A_{test} de totale oppervlakte (op basis van uitwendige afmetingen) van de scheidingsconstructies die het volume, dat in de luchtdichtheidstest gemeten werd, omhullen, met uitzondering van de scheidingsconstructies naar aangrenzende verwarmde ruimten, in m²;

$\dot{V}_{50}$ het lekdebiet bij 50 Pa van de uitwendige schil, in m³/h, afgeleid uit de luchtdichtheidstest gemeten conform methode A van de norm NBN EN 13829 en conform nadere regels bepaald door de minister.

[5] Dus enkel constructies die de scheiding vormen tussen de energiesector en aangrenzende verwarmde ruimten, worden niet meegerekend bij de bepaling van $A_{T,E,sec\,i}$.

Zoniet zijn de volgende ontstenteniswaarden van toepassing, in $m^3/(h.m^2)$:

- voor de verwarmingsberekeningen: $\dot{V}_{50,heat} = 12$;
- voor de koelberekeningen: $\dot{V}_{50,cool} = 0$
- voor de evaluatie van het oververhittingsrisico: $\dot{V}_{50,overh} = 0$

De minister kan nadere specificaties bepalen met betrekking tot de luchtdichtheidsmeting.

7.8.5 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie

De uitdrukkingen voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie van energiesector i worden gegeven door:

- voor de verwarmingsberekeningen:

Eq. 39 $H_{V,hyg,heat,sec\ i} = 0{,}34\ r_{preh,heat,sec\ i}\ \dot{V}_{hyg,heat,sec\ i}$ (W/K)

- voor de koelberekeningen:

Eq. 40 $H_{V,hyg,cool,sec\ i,m} = 0{,}34\ r_{preh,cool,sec\ i}\ r_{precool,sec\ i,m}\dot{V}_{hyg,cool,sec\ i}$ (W/K)

- voor de evaluatie van het oververhittingsrisico:

Eq. 41 $H_{V,hyg,overh,sec\ i,m} = 0{,}34\ r_{preh,overh,sec\ i}\ r_{precool,sec\ i,m}\dot{V}_{hyg,overh,sec\ i}$ (W/K)

met:

$r_{preh,heat,sec\ i}$, $r_{preh,cool,sec\ i}$ en $r_{preh,overh,sec\ i}$ de waarde van de reductiefactor voor het effect van voorverwarming op de netto energiebehoefte voor respectievelijk de verwarmings- en de koelberekeningen en voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, bepaald volgens Bijlage B van deze tekst, (-);

$\dot{V}_{hyg,heat,sec\ i}$, $\dot{V}_{hyg,cool,sec\ i}$ en $\dot{V}_{hyg,overh,sec\ i}$ het hygiënisch ventilatiedebiet van energiesector i, voor respectievelijk de verwarmings- en de koelberekeningen en voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, zoals hieronder bepaald, in m^3/h;

$r_{precool,seci,m}$ een maandelijkse vermenigvuldigingsfactor voor het effect van voorkoeling van de ventilatielucht voor de koelberekeningen en voor de bepaling van de oververhittingsindicator, bepaald volgens Bijlage B van deze tekst, (-).

7.8.6 Hygiënisch ventilatiedebiet

Bepaal het hygiënisch ventilatiedebiet van energiesector i als:

Eq. 42 $\dot{V}_{hyg,heat,seci} = \left[0{,}2 + 0{,}5 \cdot e^{\left(\frac{-V_{EPR}}{500}\right)}\right] \cdot f_{reduc,vent,heat,seci} \cdot m_{heat,seci} \cdot V_{seci}$ (m^3/h)

Eq. 43 $$\dot{V}_{hyg,cool,seci} = \left[0,2 + 0,5 \cdot e^{\left(\frac{-V_{EPR}}{500}\right)}\right] \cdot f_{reduc,vent,cool,seci} \cdot m_{cool,seci} \cdot V_{seci} \quad (m^3/h)$$

Eq. 44 $$\dot{V}_{hyg,overh,seci} = \left[0,2 + 0,5 \cdot e^{\left(\frac{-V_{EPR}}{500}\right)}\right] \cdot f_{reduc,vent,overh,seci} \cdot m_{overh,seci} \cdot V_{seci} \quad (m^3/h)$$

met:

V_{EPR} het totaal volume van de EPW-eenheid, bepaald volgens § 6, in m^3;

$f_{reduc,vent,heat,seci}$, $f_{reduc,vent,cool,seci}$ en $f_{reduc,vent,overh,seci}$ een reductiefactor voor ventilatie in energiesector i voor respectievelijk de verwarmings- en de koelberekeningen en voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, zoals hieronder bepaald, (-);

$m_{heat,sec\ i}$, $m_{cool,sec\ i}$ en $m_{overh,sec\ i}$ een vermenigvuldigingsfactor die functie is van het ventilatiesysteem in energiesector i en de kwaliteit van de uitvoering ervan, voor respectievelijk de verwarmings- en de koelberekeningen en voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, zoals hieronder bepaald, (-);

$V_{sec\ i}$ het volume van energiesector i, in m^3.

De waarde bij ontstentenis voor $f_{reduc,vent,heat,seci}$, $f_{reduc,vent,cool,seci}$ en $f_{reduc,vent,overh,seci}$ is 1. Gunstigere waarden zijn te bepalen volgens vooraf door de minister bepaalde regels, of bij gebrek daaraan op basis van een gelijkwaardigheidsaanvraag.

De waarde van de vermenigvuldigingsfactor $m_{heat,sec\ i}$, $m_{cool,sec\ i}$ en $m_{overh,sec\ i}$ kan minimaal 1,0 bedragen. De waarde bij ontstentenis van $m_{heat,sec\ i}$ is 1,5. De waarde bij ontstentenis van $m_{cool,sec\ i}$ en $m_{overh,sec\ i}$ is 1,0. De prestaties van de ventilatievoorzieningen worden bepaald volgens vooraf door de minister bepaalde regels. Als de prestaties niet volgens die regels zijn bepaald, moet de waarde bij ontstentenis worden beschouwd. Voor het bepalen van gunstigere waarden wordt verwezen naar Bijlage B van deze tekst.

7.8.7 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door overventilatie

De afgevoerde lucht van ventilatiesystemen met mechanische afvoer wordt soms gebruikt als warmtebron van een warmtepomp voor de bereiding van warm tapwater.

In dat geval is overventilatie een feit indien de hoeveelheid afvoerlucht, die voor de goede werking van de warmtepomp op een bepaald ogenblik nodig is, boven het hygiënisch ventilatiedebiet op dat ogenblik ligt.

De uitdrukkingen voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door overventilatie van energiesector i worden gegeven door:

Eq. 45 $$H_{V,over,heat,sec\ i} = H_{V,over,cool,sec\ i} = H_{V,over,overh,sec\ i} = 0,34 \cdot \dot{V}_{over,sec\ i} \quad (W/K)$$

met:

$\dot{V}_{over,seci}$ het bijkomend debiet als gevolg van overventilatie in de energiesector i, in het geval van systemen met mechanische afvoer, waarbij een warmtepomp de afgevoerde lucht gebruikt als warmtebron voor de bereiding van warm tapwater, zoals hieronder bepaald, in m^3/h.

Het effect van overventilatie wordt nog niet in rekening gebracht en er geldt: $\dot{V}_{over,sec\,i} = 0$

7.8.8 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door manueel openen van opengaande delen

De uitdrukkingen voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door opengaande delen van energiesector i worden gegeven door:

Eq. 46 $H_{V,free,nat,overh,sec\,i} = 0{,}34 \cdot \dot{V}_{free,nat,overh,sec\,i}$ (m³/h)

met:

$\dot{V}_{free,nat,overh,sec\,i}$ het gecorrigeerd ventilatiedebiet om rekening te houden met de duur en de temperatuur gebruikt voor de bepaling van de oververhittingsindicator in het geval van ventilatie door het manueel openen van opengaande delen, zoals hieronder bepaald, in m³/h.

7.8.9 Gecorrigeerd ventilatiedebiet voor het manueel openen van opengaande delen

Eq. 47 $\dot{V}_{free,nat,overh,sec\,i} = 45{,}3 \cdot A_{wo,sec\,i}$ (m³/h)

met:

$A_{wo,sec\,i}$ de totale netto oppervlakte van de opengaande delen van energiesector i, die deel uitmaken van de uitwendige schil, in contact met de buitenomgeving, in m².

waar:

Eq. 48 $A_{wo,sec\,i} = \sum_{j} r_{win,overh,j} \cdot A_{wo,j}$ (m²)

met:

$A_{wo,j}$ de netto oppervlakte van de beschouwde opengaande delen van venster j, zoals hieronder bepaald, in m²;

$r_{win,overh,j}$ een factor om het inbraakrisico in rekening te brengen, zoals hieronder bepaald, (-).

Er dient gesommeerd te worden over alle vensters j van energiesector i.

Netto oppervlakte $A_{wo,j}$ van de opengaande delen van venster

Enkel de oppervlakte van de beglazing A_{go}, van het vulpaneel A_{po} en van het ventilatierooster A_{ro} van de opengaande delen van het venster worden in aanmerking genomen voor de berekening van de netto oppervlakte van de opengaande delen $A_{wo,j}$ (deze oppervlaktes worden gemeten en berekend zoals de oppervlakten A_g, A_p et A_r gedefinieerd volgens § 8 van bijlage B.1 bij dit besluit):

Eq. 49 $A_{wo,j} = \sum_{k} \left(A_{go,k} + A_{po,k} + A_{ro,k} \right)$ (m²)

met:

$A_{go,k}$ de beglaasde oppervlakte van het opengaand deel k, in m²;

$A_{po,k}$ de oppervlakte van het ondoorschijnend vulpaneel van het opengaand deel k, in m²;

$A_{ro,k}$ de oppervlakte van het ventilatierooster van het opengaand deel k, in m².

Er dient gesommeerd te worden over alle opengaande delen k van venster j.

Inbraakrisico

De bepaling van de factor om het inbraakrisico in rekening te brengen $r_{win,overh,j}$ gebeurt als volgt:

Tabel [25]: Factor rekening houdend met het inbraakrisico $r_{win,overh}$

Type opening	reëel inbraakrisico	gering inbraakrisico	geen inbraakrisico
element met enkel kipstand	0	1/3	1/3
element met draai-kipstand	0	1/3	1
element met enkel draaistand	0	0	1

Als de opengaande elementen van éénzelfde venster tot verschillende types openingen behoren volgens bovenstaande categoriën, wordt het meest ongunstige geval beschouwd (laagste waarde voor $r_{win,overh,j}$) voor het geheel van elementen van het venster.

De minister kan nadere specificaties bepalen voor het bepalen van het inbraakrisico (reëel, gering of geen).

7.9 Maandelijkse interne warmtewinsten

7.9.1 Principe

Interne warmtewinsten worden gevormd door alle warmte die in een energiesector geproduceerd wordt door interne bronnen, met uitzondering van het ruimteverwarmingssysteem: bv. de warmteafgifte door personen, verlichting en apparatuur. In het kader van de regelgeving wordt de waarde ervan op een forfaitaire manier vastgelegd. In aangrenzende onverwarmde ruimten worden de interne warmtewinsten gelijk gesteld aan nul.

7.9.2 Rekenregel

Bepaal de interne warmtewinsten in een energiesector i gedurende een bepaalde maand als:

Eq. 50

als $V_{EPR} \leq 192\ m^3$: $Q_{i,seci,m} = (1,41 . V_{EPR} + 78) . \frac{V_{seci}}{V_{EPR}} . t_m$

als $V_{EPR} > 192\ m^3$: $Q_{i,seci,m} = (0,67 . V_{EPR} + 220) . \frac{V_{seci}}{V_{EPR}} . t_m$ (MJ)

met:

V_{EPR} het totaal volume van de EPW-eenheid, bepaald volgens § 6, in m^3;

$V_{sec\ i}$ het volume van energiesector i, in m^3;

t_m de lengte van de betreffende maand, in Ms, zie Tabel [1].

7.10 Maandelijkse zonnewinsten

7.10.1 Principe

De zonnewinsten voor een bepaalde maand bestaan uit de som van 3 termen:

- zonnewinsten door de vensters,
- zonnewinsten door de ongeventileerde passieve zonne-energiesystemen,
- zonnewinsten ingevolge aangrenzende onverwarmde ruimten.

Met buiten- of binnenlucht geventileerde passieve zonne-energiesystemen dienen op basis van vooraf door de minister bepaalde regels, of bij gebrek daaraan op basis van een gelijkwaardigheidsaanvraag behandeld te worden en volgens bijlage F van NBN EN 13790.

7.10.2 Rekenregel

Bepaal de zonnewinsten in een energiesector i gedurende een bepaalde maand als:

Eq. 51
$$Q_{s,heat,sec\ i,m} = \sum_{j=1}^{m} Q_{s,heat,w,m,j} + \sum_{k=1}^{n} Q_{s,heat,ps,m,k} + \sum_{l=1}^{p} Q_{s,heat,sec\ i,U,m,l} \quad \text{(MJ)}$$

met:

$Q_{s,heat,w,m,j}$ de zonnewinst door venster j gedurende de beschouwde maand, in MJ, bepaald volgens § 7.10.3;

$Q_{s,heat,ps,m,k}$ de zonnewinst door ongeventileerd passief zonne-energiesysteem k gedurende de beschouwde maand, in MJ, bepaald volgens § 7.10.4;

$Q_{s,heat,sec\ i,U,m,l}$ het deel van de zonnewinst van de aangrenzende onverwarmde ruimte l gedurende de beschouwde maand dat indirect de energiesector i ten goede komt, in MJ, bepaald volgens Bijlage A en Bijlage C van deze tekst.

Hierbij dient gesommeerd te worden over alle vensters j, alle niet-geventileerde passieve zonne-energiesystemen k en alle aangrenzende onverwarmde ruimten l van de energiesector i. Voor de behandeling van aangrenzende onverwarmde ruimten wordt verwezen naar Bijlage A van deze tekst.

De index 'heat' (d.w.z. de waarde gebruikt voor de bepaling van de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming) wordt vervangen door de index 'cool' voor de bepaling van de netto energiebehoefte voor ruimtekoeling en door de index 'overh' voor de bepaling van de oververhittingsindicator.

7.10.3 Zonnewinsten door een venster

7.10.3.1 Definities

Een venster is een scheidingsconstructie die (gedeeltelijk) transparant is. Het raamprofiel, de eventuele vulpanelen en eventuele roosters vormen het opake deel. Van glas voorziene deuren worden als vensters behandeld. De grootte van de zonnewinsten door een venster hangt af van de afscherming door gebouwvreemde en gebouwgebonden omgevingselementen, door vaste zonneweringen en door beweegbare zonneweringen. De afscherming door omgevingselementen wordt in rekening gebracht bij de berekening van de invallende bezonning; de afscherming door een zonnewering via aanpassing van de zonnetoetredingsfactor g.

7.10.3.2 Rekenregel

Bepaal de zonnewinsten door venster j als:

Eq. 52 $$Q_{s,heat,w,m,j} = 0,95 \cdot g_{m,j} \cdot A_{g,j} \cdot I_{s,m,j,shad} \quad \text{(MJ)}$$

met:

0,95	de reductiefactor voor vervuiling;
$g_{m,j}$	de maandelijkse zonnetoetredingsfactor van venster j, bepaald volgens § 7.10.3.3, (-);
$A_{g,j}$	de beglaasde oppervlakte van venster j, in m²;
$I_{s,m,j,shad}$	de bezonning op venster j voor de beschouwde maand rekening houdend met de beschaduwing van vaste obstakels, in MJ/m², bepaald volgens Bijlage C van deze tekst, in MJ/m².

Indien de U-waarde van venster j bepaald wordt met de vereenvoudigde methode, neem dan steeds:

Eq. 53 als $U_g \leq U_f$: $A_{g,j} = 0,7\ A_{w,d,j}$

als $U_g > U_f$: $A_{g,j} = 0,8\ A_{w,d,j}$ (m²)

met:

$A_{w,d,j}$	de oppervlakte van de dagopening van venster j, in m².

7.10.3.3 Maandelijkse zonnetoetredingsfactor $g_{m,j}$ van een venster

7.10.3.3.1 Principe

De maandelijkse zonnetoetredingsfactor van een venster ($g_{m,j}$) wordt bepaald door de zonnetoetredingsfactor van het transparante deel ervan en de aard van de zonnewering. Daarbij dient een onderscheid gemaakt tussen binnenzonnewering, buitenzonnewering en tussenzonnewering. Binnenzonnewering bevindt zich aan de binnenkant van het venster, buitenzonnewering aan de buitenkant en tussenzonnewering tussen de glasschijven, die samen het transparante deel vormen. Buitenzonneweringen kunnen in het vlak en buiten het vlak van het venster staan. Luiken, rolluiken, blinden en jaloezieën zijn voorbeelden van zonneweringen in het vlak. Markiezen, uitvalschermen en knikarmschermen zijn voorbeelden van zonneweringen buiten het vlak. Een zonnewering, die uitsluitend uit bouwkundige afschermingen bestaat, wordt behandeld als een gebouwgebonden omgevingselement. Verder kunnen zonneweringen vast, handbediend of automatisch zijn (belangrijk voor de bepaling van de gebruiksfactor $a_{C,m,j}$). Bij een vaste zonnewering is de positie onveranderlijk; handbediende en automatische zonneweringen kennen minstens twee standen. Automatische bediening vereist een automatische gestuurde activator (bv. motor) en minstens 1 zonnesensor per geveloriëntatie of een afwezigheidssensor die de zonnewering sluit bij afwezigheid. Voor een tussenzonnewering waarbij de tussenruimte met binnen- of

buitenlucht geventileerd wordt, dient de zonnetoetredingsfactor bepaald te worden via de gelijkwaardigheidsaanvraag.

7.10.3.3.2 Rekenregel

Bepaal de gemiddelde zonnetoetredingsfactor van een venster als:

Eq. 54 $g_{m,j} = 0,9 \cdot (a_{c,m} F_c + (1 - a_{c,m})) \cdot g_{g,\perp}$ (-)

met:

0,9	een vaste waarde voor de invalshoekcorrectie, (-);
F_c	de reductiefactor voor zonnewering, bepaald volgens § 7.10.3.4, (-);
$a_{c,m}$	de maandelijkse gebruiksfactor van de zonnewering, bepaald volgens § 7.10.3.5, (-);
$g_{g,\perp}$	de zonnetoetredingsfactor van de beglazing bij normale inval, bepaald volgens NBN EN 410, (-).

Indien een venster met meerdere beweegbare zonneweringssystemen (bv. binnen- en buitenzonnewering) uitgerust is, dient voor de verwarmingsberekeningen het systeem met de hoogste F_c waarde beschouwd te worden. Voor de bepaling van de oververhittingsindicator en van de netto energiebehoefte voor ruimtekoeling dient het systeem met de laagste F_c waarde beschouwd te worden.

7.10.3.4 Reductiefactor F_c voor zonnewering

7.10.3.4.1 Zonnewering in het vlak van het venster

De reductiefactor voor een zonnewering in het vlak van het venster wordt gegeven door de verhouding tussen de zonnetoetredingsfactor bij normale inval van de combinatie van transparante deel en zonnewering en de zonnetoetredingsfactor bij normale inval van enkel het transparante deel:

Eq. 55 $$F_c = \frac{g_{g+c,\perp}}{g_{g,\perp}}$$ (-)

met:

$g_{g+c,\perp}$	de zonnetoetredingsfactor bij normale inval van de combinatie transparant deel en zonnewering, bepaald volgens nBN EN 13363-1, NBN EN 13363-2 of ISO 15099. NBN EN 13363-1 mag enkel toegepast worden indien voldaan is aan alle voorwaarden die in de norm gesteld worden, (-);
$g_{g,\perp}$	de zonnetoetredingsfactor bij normale inval voor het transparante deel van het venster, bepaald volgens de norm NBN EN 410, (-).

Indien $g_{g+c,\perp}$ niet opgegeven wordt, dienen de waarden bij ontstentenis van Tabel [3] gebruikt te worden. Deze waarden zijn onafhankelijk van de zonnetoetredingsfactor van het transparante deel en blijven constant over het jaar.

Tabel [3]: Waarden bij ontstentenis voor de reductiefactor F_C voor zonnewering in het vlak van het venster

Zonneweringssysteem	F_C
Buitenzonnewering	0,50
Ongeventileerde tussenzonnewering	0,60
Binnenzonnewering	0,90
Alle andere gevallen	1,00

7.10.3.4.2 Zonnewering niet in het vlak van het venster

Enkel zonneweringen met een (oppervlaktegemiddelde) zonnetransmissiefactor $\tau_{e,dir,h}$ (loodrechte inval, hemisferische transmissie) van minder dan 30% worden in beschouwing genomen. Zonneweringen die niet aan dit criterium voldoen worden genegeerd.

De maandgemiddelde reductiefactor F_C voor zonnewering niet in het vlak van het venster wordt gegeven door de verhouding tussen de maandelijkse zonne-instraling op het door de zonnewering beschaduwde venster en de maandelijkse zonne-instraling op het onbeschaduwde venster:

Eq. 56 $$F_C = \frac{I_{s,m,j,shad,wC}}{I_{s,m,j,shad,woC}} \quad (-)$$

met:

$I_{s,m,j,shad,wC}$ de bezonning op venster j voor de beschouwde maand rekening houdend met de beschaduwing van zowel de vaste obstakels als de zonnewering, in MJ/m², bepaald volgens Bijlage C van deze tekst. Dit vergt de bepaling van de verticale overstekhoek α_v. De zonnewering wordt daarbij als opaak behandeld;

$I_{s,m,j,shad,woC}$ de bezonning op venster j voor de beschouwde maand enkel rekening houdend met de beschaduwing van vaste obstakels, in MJ/m², bepaald volgens Bijlage C van deze tekst.

7.10.3.5 Maandelijkse gebruiksfactor $a_{C,m}$

De maandelijkse gebruiksfactor $a_{C,m}$ dient bepaald te worden per venster, in functie van het type bediening (manueel of automatisch) en in functie van de oriëntatie φ_j en de helling θ_j van de beglaasde oppervlakte j.

Stel bij een vaste zonnewering $a_{C,m}$ steeds gelijk aan 1.

Ontleen in geval van een mobiele zonnewering $a_{C,m}$ aan

Tabel [4]. De tabellen C1 en C2 zijn opgenomen in Bijlage C van deze tekst. De waarde varieert al naar gelang het gaat om de bepaling van de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming of ruimtekoeling, of van het risico op oververhitting.

Tabel [4]: De gemiddelde gebruiksfactor $a_{C,m}$, afhankelijk van het type berekening

Berekening / Bediening	ruimteverwarming	ruimtekoeling	oververhitting
handbediend	0,0	0,2	Tabellen C1
automatisch	0,0	MAX(0,0;Tabellen C2-0,1)	Tabellen C2

7.10.4 Zonnewinsten door een ongeventileerd passief zonne-energiesysteem

7.10.4.1 Definities

- Een ongeventileerd passief zonne-energiesysteem is een constructie die bestaat uit een transparant buitendeel en een opaak binnendeel, waarbij in de (eventueel) aanwezige luchtspouw(en) geen stroming van buiten- of van binnenlucht optreedt. Voorbeelden zijn (massieve) wanden met voorzetbeglazing, al dan niet in combinatie met extra transparante isolatie.

7.10.4.2 Rekenregel

Bepaal de zonnewinst van ongeventileerd passief zonne-energiesysteem k gedurende de beschouwde maand als:

Eq. 57 $$Q_{s,heat,ps,m,k} = g_{eff,t,m,k} \cdot A_{ps,g,k} \cdot I_{s,m,k,shad} \quad (MJ)$$

met:

$g_{eff,t,m,k}$ de effectieve zonnetoetredingsfactor van het systeem k, zoals hieronder bepaald, (-);

$A_{ps,g,k}$ de transparante oppervlakte van het passief zonne-energiesysteem k, in m^2;

$I_{s,m,k,shad}$ de bezonning op het systeem k voor de beschouwde maand rekening houdend met de beschaduwing van vaste obstakels, in MJ/m^2, bepaald volgens Bijlage C van deze tekst.

Bepaal $g_{eff,t,m,k}$ met:

- voor voorzetconstructies met een niet verwaarloosbare transmissie voor zonne-energie, is de effectieve waarde evenredig met de absorptie van het opake deel:

Eq. 58 $$g_{eff,t,m,k} = \alpha \cdot \left(g_{t,h} - c_{m,k} \cdot g_{t,\perp}\right) \frac{U}{U_{te}} \quad (-)$$

- voor voorzetconstructies met een verwaarloosbare transmissie voor zonne-energie (bv. constructies waarin een absorber geïntegreerd is), wordt de waarde die op basis van metingen bepaald is, aangepast om rekening te houden met de thermische weerstand van de (ongeventileerde) luchtspouw tussen de voorzetconstructie en het opake deel:

Eq. 59 $g_{eff,t,m,k} = (R_{se} + R_t) . (g_{t,h} - c_{m,k} . g_{t,\perp}) . U$ (-)

met:

Eq. 60 $U = 1 / (R_{se} + R_t + R_{al} + R_i + R_{si})$ (W/m².K)

Eq. 61 $U_{te} = 1 / (R_{se} + R_t + R_{al})$ (W/m².K)

waarin:

α de absorptiecoëfficiënt van het opake deel, (-);

$g_{t,h}$ de zonnetoetredingsfactor van de voorzetconstructie bij diffuse, hemisferische instraling, (-);

$c_{m,k}$ een coëfficiënt ontleend aan Tabel [5], (-);

$g_{t,\perp}$ de zonnetoetredingsfactor van de voorzetconstructie onder normale invalshoek, (-);

U de warmtedoorgangscoëfficiënt van het constructiedeel, van binnen tot buiten, in W/m².K;

U_{te} de externe warmtedoorgangscoëfficiënt van het constructiedeel, vanaf het oppervlak dat grenst aan de voorzetconstructie tot de buitenomgeving, in W/m².K;

R_{se} de externe thermische oppervlakteweerstand, in m².K/W;

R_t de thermische weerstand van de voorzetconstructie, in m².K/W;

R_{si} de interne thermische oppervlakteweerstand, in m².K/W;

R_{al} de thermische weerstand van de (ongeventileerde) luchtlaag tussen het opake deel en de voorzetconstructie, in m².K/W;

R_i de thermische weerstand van het opake bouwdeel achter de voorzetconstructie, in m².K/W.

Tabel [5]: coëfficiënten $c_{m,k}$ voor de berekening van de effectieve zonnetoetredingsfactor van transparante isolatie uitgaande van de gemeten waarden voor loodrechte en hemisferische inval (voor verticale muren)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
Z	-0,105	-0,067	-0,023	0,042	0,073	0,089	0,094	0,062	0,005	-0,054	-0,093	-0,105
ZW/ZO	-0,034	-0,027	-0,010	0,002	0,022	0,037	0,036	0,013	-0,015	-0,025	-0,034	-0,026
W/O	0,054	0,033	0,016	-0,012	-0,005	-0,002	-0,012	-0,007	-0,001	0,024	0,049	0,052
NW/NO	0,002	0,008	0,016	0,030	0,018	0,013	0,013	0,024	0,033	0,014	0,004	0,000
N	0,000	0,000	0,000	0,011	0,021	0,031	0,042	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000

8 Oververhitting en koeling

8.1 Principe

In een koel klimaat zoals in België blijft bij een juiste combinatie van bouwkundige en bewoningsingrepen de kans op zomerse oververhitting in woongebouwen klein genoeg om het zonder actieve koeling te kunnen stellen. Het volstaat de oppervlakte van de vensters niet te groot te nemen, indien nodig buitenzonnewering te voorzien, de binnenwanden, plafonds en vloeren een voldoende hoge, toegankelijke thermische massa mee te geven en 's nachts extra te ventileren.

Komen er toch klachten, dan zijn die doorgaans kamergebonden. De zonnewinsten per kamer, de interne warmtewinsten, de toegankelijke thermische massa, de ventilatiemogelijkheden en de gewenste temperatuur (die bv. anders is in een badkamer dan in een slaapkamer) bepalen mee de kans op oververhitting in die kamer en de eventuele beslissing om toch actieve koeling te voorzien. Een evaluatie van het oververhittingsrisico zou bijgevolg op kamerniveau moeten gebeuren. In het kader van deze bijlage wordt een sterk vereenvoudigde methode gebruikt, die oververhitting per energiesector raamt en niet per ruimte.

De berekening gebeurt in 3 stappen.

In een eerste stap wordt per energiesector een conventionele inschatting gemaakt van het risico op oververhitting. Als indicator voor het oververhittingsrisico worden de genormaliseerde overtollige warmtewinsten beschouwd.

Het feit dat de oververhittingsindicator onder de toegelaten maximale waarde (dit is de grens van het aanvaardbare) blijft, biedt op zich echter nog helemaal geen absolute garantie dat er achteraf geen oververhittingsproblemen zullen optreden. Wanneer de indicator niet veel onder de maximale waarde ligt, blijft er een reëel gevaar bestaan. In geval er achteraf toch oververhittingsproblemen optreden, is de kans reëel dat er dan alsnog een installatie voor actieve koeling geplaatst wordt, met het geassocieerde energieverbruik van dien. Om tijdens het ontwerp en de bouw al op een evenwichtige manier met de invloed van dit energieverbruik op de energieprestatie van het gebouw rekening te kunnen houden, wordt het begrip fictieve koeling ingevoerd.

Op die manier wordt op conventionele wijze geanticipeerd op een eventueel later koelverbruik.

In een tweede stap wordt daarom in functie van de oververhittingsindicator een soort conventionele waarschijnlijkheid gedefinieerd dat er achteraf alsnog actieve koeling geplaatst wordt.

- Indien reeds van in het begin een koelinstallatie aanwezig is, wordt de koelbehoefte vanzelfsprekend volledig ingerekend. De waarschijnlijkheid op plaatsing bedraagt dan natuurlijk altijd 1, ongeacht de grootte van de oververhittingsindicator.
- Indien er tijdens de bouw geen actieve koeling voorzien wordt, wordt er een drempelwaarde voor de oververhittingsindicator beschouwd. Beneden deze drempel wordt het gevaar op oververhitting zo klein geacht dat de conventionele waarschijnlijkheid op plaatsing van koeling achteraf gelijk genomen wordt aan nul. Tussen de drempelwaarde en de toegelaten maximale waarde wordt conventioneel een lineaire toename van de waarschijnlijkheid tussen 0 en 1 aangenomen.

In geval de conventionele waarschijnlijkheid verschillend is van nul, wordt in een 3e stap de netto energiebehoefte voor koeling berekend aan de hand van de overtollige warmtewinsten boven de instelwaarde voor koeling, waarvoor bij conventie de rekenwaarde van 23°C wordt aangenomen. In geval het comfort

verwezenlijkt wordt d.m.v. actieve koeling, zullen de bewoners minder gebruik maken van eventuele zonnewering of de mogelijkheden tot intensieve (nachtelijke) ventilatie. Deze voorzieningen worden daarom anders beoordeeld dan bij de evaluatie van het risico op oververhitting.

8.2 Bepaling van de oververhittingsindicator

De eis voor het risico op oververhitting moet behaald worden op niveau van de EPW-eenheid. Onderstaande berekening van de oververhittingsindicator geldt per energiesector. De berekening van de oververhittingsindicator voor het ganse EPW-eenheid gebeurt op exact dezelfde wijze als voor een energiesector. Het volstaat om in onderstaande formules de index "seci" te vervangen door "EPR".

Stel de indicator voor oververhitting van energiesector i gelijk aan de jaarlijkse genormaliseerde overtollige warmtewinsten van energiesector i t.o.v. de insteltemperatuur voor koeling. Deze vormen de som van de overeenkomstige maandelijkse waarden:

Eq. 62 $$I_{overh,sec\ i} = Q_{excess\ norm,sec\ i,a} = \sum_{m=1}^{12} Q_{excess\ norm,sec\ i,m} \quad (Kh)$$

met:

Eq. 63 $$Q_{excess\ norm,sec\ i,m} = \frac{\left(1 - \eta_{util,overh,sec\ i,m}\right) \cdot Q_{g,overh,sec\ i,m}}{H_{T,overh,sec\ i,m} + H_{V,overh,sec\ i,m}} \cdot \frac{1000}{3,6} \quad (Kh)$$

waarin:

Eq. 64 $$Q_{g,overh,sec\ i,m} = Q_{i,sec\ i,m} + Q_{s,overh,sec\ i,m} \quad (MJ)$$

Eq. 65 $$\eta_{util,overh,sec\ i,m} = a_m/\left(a_m + 1\right) \text{ voor } \gamma_{overh,sec\ i,m} = 1$$

$$\eta_{util,overh,sec\ i,m} = \frac{1 - \left(\gamma_{overh,sec\ i,m}\right)^{a_m}}{1 - \left(\gamma_{overh,sec\ i,m}\right)^{a_m+1}} \text{ voor de alle andere gevallen } (-)$$

met:

Eq. 66 $$\gamma_{overh,sec\ i,m} = Q_{g,overh,sec\ i,m}/Q_{L,overh,sec\ i,m} \quad (-)$$

Eq. 67 $$a = 1 + \frac{\tau_{overh,sec\ i,m}}{54000} \quad (-)$$

Eq. 68 $$Q_{L,overh,sec\ i,m} = Q_{T,overh,sec\ i,m} + Q_{V,overh,sec\ i,m} \quad (MJ)$$

Eq. 69 $$Q_{T,overh,sec\ i,m} = H_{T,overh,sec\ i,m}.\left(23 - \left(\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m}\right)\right).t_m \quad (MJ)$$

Eq. 70 $$Q_{V,overh,sec\ i,m} = H_{V,overh,sec\ i,m} \cdot \left(23 - \left(\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m}\right)\right) \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 71 $$\tau_{overh,sec\ i,m} = \frac{C_{sec\ i}}{H_{T,overh,sec\ i,m} + H_{V,overh,sec\ i,m}} \quad \text{(s)}$$

met:

$\eta_{util,overh,sec\ i,m}$ de benuttingsfactor van de maandelijkse warmtewinsten van energiesector i, voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, (-);

$Q_{g,overh,sec\ i,m}$ de maandelijkse warmtewinsten door bezonning en interne warmteproductie in energiesector i voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, in MJ;

$Q_{i,sec\ i,m}$ de maandelijkse warmtewinst door interne warmteproductie in energiesector i, in MJ, bepaald volgens § 7.9.2;

$Q_{s,overh,sec\ i,m}$ de maandelijkse warmtewinst door bezonning in energiesector i voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, in MJ, bepaald volgens § 7.10;

$\gamma_{overh,sec\ i,m}$ de verhouding tussen de maandelijkse warmtewinsten en de maandelijkse warmteverliezen in energiesector i voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, (-);

$Q_{L,overh,sec\ i,m}$ de maandelijkse warmteverliezen van energiesector i door transmissie en ventilatie voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, in MJ;

a_m een numerieke parameter, (-);

$Q_{T,overh,sec\ i,m}$ de maandelijkse warmteverliezen door transmissie van energiesector i voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, in MJ;

$Q_{V,overh,sec\ i,m}$ de maandelijkse warmteverliezen door ventilatie van energiesector i voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, in MJ;

$\theta_{e,m}$ de maandgemiddelde buitentemperatuur, in °C, zie Tabel [1];

$\Delta\theta_{e,m}$ een verhoging van de maandgemiddelde buitentemperatuur voor de berekening van de netto energiebehoefte voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, gelijk te nemen aan 1°C;

$H_{T,overh,sec\ i}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt van energiesector i door transmissie voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, in W/K, zoals hieronder bepaald;

$H_{V,overh,sec\ i,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt van energiesector i door ventilatie voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, in W/K, bepaald volgens § 7.8.2;

$\tau_{overh,sec\ i,m}$ de maandelijkse tijdconstante van energiesector i voor de evaluatie van het oververhittingsrisico, in s;

$C_{sec\ i}$ de effectieve thermische capaciteit van energiesector i, in J/K, bepaald volgens § 7.6;

t_m de lengte van de betreffende maand, in Ms, zie Tabel [1].

$H_{T,overh,sec\ i}$ wordt bepaald volgens § 7.7.2. Indien echter de invloed van bouwknopen op forfaitaire manier ingerekend worden (volgens § optie C van bijlage B.2 bij dit besluit), wordt deze forfaitaire toeslag buiten beschouwing gelaten bij de evaluatie van het oververhittingsrisico.

8.3 Conventionele waarschijnlijkheid op de plaatsing van actieve koeling

Bij de bepaling van de energieprestatie wordt als waarschijnlijkheid op de plaatsing van actieve koeling bij conventie de volgende waarde gehanteerd (zie § 8.1 voor toelichting):

- indien actieve koeling geplaatst is in energiesector i, geldt:

$$p_{cool,sec\ i} = 1 \quad (-)$$

- indien geen actieve koeling geplaatst is in energiesector i, geldt:

Eq. 72
$$p_{cool,sec\ i} = \max\left\{0; \min\left(\frac{I_{overh,sec\ i} - I_{overh,thresh}}{I_{overh,max} - I_{overh,thresh}}; 1\right)\right\} \quad (-)$$

met:

$I_{overh,thresh}$ de drempelwaarde waarboven bij de bepaling van de energieprestatie moet rekening gehouden worden met een risico op plaatsing achteraf van actieve koeling. Neem deze waarde gelijk aan 1000 Kh;

$I_{overh,max}$ de maximaal toegelaten waarde voor de indicator voor oververhitting, neem deze waarde gelijk aan 6500 Kh.

8.4 Lege paragraaf

Deze paragraaf is bewust leeg gelaten.

8.5 Koeling

Bepaal de netto energiebehoefte voor koeling per maand en per energiesector i als het product van de conventionele waarschijnlijkheid dat actieve koeling geplaatst wordt en de fundamentele netto energiebehoeften voor koeling:

Eq. 73
$$Q_{cool,net,seci,m} = p_{cool,seci} \cdot Q_{cool,net,princ,seci,m} \quad (MJ)$$

met:

$p_{cool,sec\ i}$ de conventionele waarschijnlijkheid op plaatsing van actieve koeling, bepaald volgens § 8.3, (-);

$Q_{cool,net,princ,sec\ i,m}$ de fundamentele netto energiebehoeften voor koeling, in MJ, zoals hieronder bepaald.

Bepaal de fundamentele netto energiebehoeften voor koeling, $Q_{cool,net,princ,sec\ i,m}$, als volgt:

Eq. 74 indien $\lambda_{cool,sec\ i,m}$ groter of gelijk is aan 2,5:

$$Q_{cool,net,princ,sec\ i,m} = 0$$

indien $\lambda_{cool,sec\ i,m}$ kleiner is als 2,5:

$$Q_{cool,net,princ,sec\ i,m} = Q_{g,cool,sec\ i,m} - \eta_{util,cool,sec\ i,m} \cdot Q_{L,cool,sec\ i,m} \quad (MJ)$$

met:

Eq. 75 $Q_{g,cool,seci,m} = Q_{i,seci,m} + Q_{s,cool,seci,m}$ (MJ)

Eq. 76 $\eta_{util,cool,sec\ i,m} = a_m/(1 + a_m)$ pour $\lambda_{cool,sec\ i,m} = 1$

$$\eta_{util,cool,seci,m} = \frac{1 - (\lambda_{cool,seci,m})^{a_m}}{1 - (\lambda_{cool,seci,m})^{a_m+1}}$$ voor de overige gevallen (-)

en:

Eq. 77 $\lambda_{cool,seci,m} = Q_{L,cool,seci,m}/Q_{g,cool,seci,m}$ (-)

Eq. 78 $a_m = 1 + \frac{\tau_{cool,seci,m}}{54000}$ (-)

Eq. 79 $Q_{L,cool,seci,m} = Q_{T,cool,seci,m} + Q_{V,cool,seci,m}$ (MJ)

Eq. 80 $Q_{T,cool,seci,m} = H_{T,cool,seci} \cdot [23 - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})] \cdot t_m$ (MJ)

Eq. 81 $Q_{V,cool,seci,m} = H_{V,cool,seci,m} \cdot [23 - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})] \cdot t_m$ (MJ)

Eq. 82 $\tau_{cool,seci,m} = \frac{C_{seci}}{H_{T,cool,seci} + H_{V,cool,seci,m}}$ (s)

met:

$\eta_{util,cool,sec\ i,m}$ de benuttingsfactor van de maandelijkse warmtewinsten van energiesector i, voor de bepaling van de koelbehoefte, (-);

$Q_{g,cool,sec\ i,m}$ de maandelijkse warmtewinsten door bezonning en interne warmteproductie in energiesector i voor de bepaling van de koelbehoefte, in MJ;

$Q_{i,sec\ i,m}$ de maandelijkse warmtewinst door interne warmteproductie in energiesector i, in MJ, bepaald volgens § 7.9.2;

$Q_{s,cool,sec\ i,m}$ de maandelijkse warmtewinst door bezonning in energiesector i voor de bepaling van de koelbehoefte, in MJ, bepaald volgens § 7.10;

$\lambda_{cool,sec\ i,m}$ de verhouding tussen de maandelijkse warmteverliezen en de maandelijkse warmtewinsten in energiesector i voor de bepaling van de koelbehoefte, (-);

$Q_{L,cool,sec\ i,m}$ de maandelijkse warmteverliezen van energiesector i door transmissie en ventilatie voor de bepaling van de koelbehoefte, in MJ;

a_m een numerieke parameter, (-);

$Q_{T,cool,sec\ i,m}$ de maandelijkse warmteverliezen van energiesector i door transmissie voor de bepaling van de koelbehoefte, in MJ;

$Q_{V,cool,sec\ i,m}$ de maandelijkse warmteverliezen van energiesector i door ventilatie voor de bepaling van de koelbehoefte, in MJ;

$\theta_{e,m}$ de maandgemiddelde buitentemperatuur, in °C, zie Tabel [1];

$\Delta\theta_{e,m}$	een verhoging van de maandgemiddelde buitentemperatuur voor de berekening van de netto energiebehoefte voor koeling, gelijk te nemen aan 1°C;
$H_{T,cool,sec\ i}$	de warmteoverdrachtscoëfficiënt van energiesector i door transmissie voor de bepaling van de koelbehoefte, in W/K. Neem deze waarde gelijk aan $H_{T,overh,sec\ i}$ zoals bepaald in § 8.2;
$H_{V,cool,sec\ i,m}$	de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt van energiesector i door ventilatie voor de bepaling van de koelbehoefte, in W/K, bepaald volgens § 7.8;
$\tau_{cool,sec\ i,m}$	de maandelijkse tijdconstante van energiesector i voor de bepaling van de koelbehoefte, in s;
$C_{sec\ i}$	de effectieve thermische capaciteit van energiesector i, in J/K, bepaald volgens § 7.6;
23	de binnentemperatuur door deze bijlage opgelegd voor de bepaling van de koelbehoefte, in °C;
t_m	de lengte van de betreffende maand, in Ms, zie Tabel [1].

Opmerking:

De koelbehoefte in het Belgisch klimaat hangt sterk af van de actuele weersomstandigheden. De koelbehoefte van een gemiddeld meteorologisch jaar is niet gelijk aan de gemiddelde koelbehoefte over verschillende jaren omdat warme jaren relatief zwaarder doorwegen. Bij de berekeningen wordt met dit verschijnsel rekening gehouden door de temperaturen en bezonning wat hoger te nemen dan het langjarig gemiddelde.

9 Bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming en warm tapwater

9.1 Vooraf

Met de bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming en warm tapwater worden de systemen voor warmteopslag, warmteverdeling, warmteafgifte en regeling bij ruimteverwarming en warm tapwater in de beoordeling betrokken. De bruto energiebehoefte stelt de energie voor, die door de warmteopwekkingsinstallaties aan het systeem van warmteverdeling (of warmteopslag) voor ruimteverwarming en aan het verdeelsysteem van warm tapwater wordt overgedragen.

Een installatie voor ruimteverwarming bestaat uit:

- Een warmteopwekkingsinstallatie. Bij centrale verwarming zijn dat (water)ketels, (warme lucht) generatoren, warmtepompen of WKK-installaties. Bij plaatselijke verwarming gebeurt de warmteopwekking in de systemen van warmteafgifte zelf;
- Eventueel een warmteopslagsysteem;
- Een systeem van warmteverdeling. Bij een hydraulische centrale verwarming zijn dat leidingen, bij luchtverwarming kanalen. Plaatselijke verwarming heeft geen systeem van warmteverdeling;
- Een systeem van warmteafgifte. Radiatoren, convectoren, vloerleidingen, plafondleidingen, muurleidingen of roosters bij centrale verwarming, kachels, stralers of convectoren bij plaatselijke verwarming;
- De regeling van elk van deze systemen.

De bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming omvat de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming en alle verliezen die bij de warmteopslag, de warmteverdeling, de warmteafgifte en de regeling van elk van deze systemen optreden. Deze verliezen worden via het systeemrendement ingerekend.

Indien in een energiesector meerdere waarden van een bepaald deelrendement van toepassing zouden zijn (bv. In Tabel [6]), dan dient voor de ganse energiesector met de meest negatieve waarde gerekend te worden. (Desgewenst mag de energiesector natuurlijk wel opgesplitst worden in meerdere kleinere energiesectoren.)

Een installatie voor warm tapwater bestaat uit:

- Een warmteopwekkingsinstallatie, waarbij onderscheid gemaakt kan worden tussen 2 types: installaties met ogenblikkelijke opwarming van het warm tapwater en installaties met warmteopslag. In beide gevallen kan het warmteopwekkingstoestel voor ruimteverwarming de warmte leveren ofwel hebben ruimteverwarming en warm tapwater elk een eigen warmteopwekkingstoestel;
- Een warmteverdeling.

De bruto energiebehoefte voor warm tapwater omvat de netto energiebehoefte voor warm tapwater en alle verliezen, die bij de verdeling ervan optreden. Deze verliezen worden via het systeemrendement ingerekend. Ingeval meer dan één warmteopwekkingsinstallatie voor de opwekking van warm tapwater instaat, wordt elk gekoppeld aan de tappunten die ze bedient.

9.2 Maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming

9.2.1 Principe

De maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van een energiesector i wordt bekomen door de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming te delen door het maandgemiddeld systeemrendement voor ruimteverwarming. Dit maandgemiddeld systeemrendement stelt de verhouding voor tussen de nuttige warmte die het warmteafgiftesysteem maandelijks aan de energiesector afgeeft en de warmte die de bijbehorende warmteopwekkingsinstallatie maandelijks aan het systeem van warmteverdeling (en eventueel warmteopslag) overdraagt. Het verschil tussen beide wordt o.a. door volgende verliesstromen bepaald:

- De niet gerecupereerde opslag- en verdeelverliezen;
- Een bijkomende verliesstroom doorheen de uitwendige scheidingsconstructies achter, onder of boven het verwarmingselement;
- Een bijkomende verliesstroom als gevolg van temperatuurstratificatie, waardoor op referentiehoogte de resulterende temperatuur lager ligt dan op plafondhoogte;
- Een bijkomende verliesstroom door het feit dat in de wat lage, maar constante binnentemperatuur van 18°C nachtelijke temperatuurverlaging en gedifferentieerde dagtemperaturen verrekend zitten en de regeling niet zomaar in staat is de gewenste differentiatie te realiseren;
- Een bijkomende verliesstroom doordat de gebouwgebruikers de instelwaarde minus de differentie als gewenste temperatuur zien.

De maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming wordt berekend als:

Eq. 83 $$Q_{heat,gross,sec\ i,m} = \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{\eta_{sys,heat,sec\ i,m}} \quad (MJ)$$

met:

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, in MJ;

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, in MJ, bepaald volgens § 7.2;

$\eta_{sys,heat,sec\ i,m}$ het maandgemiddeld systeemrendement voor ruimteverwarming van energiesector i, bepaald volgens § 9.2.2, (-).

9.2.2 Maandgemiddeld systeemrendement

9.2.2.1Principe

Het boven gedefinieerd maandgemiddeld systeemrendement bestaat op zijn beurt uit een product van het maandgemiddeld afgifte-, het maandgemiddeld verdeel- en het maandgemiddeld opslagrendement:

Eq. 84 $$\eta_{sys,heat,sec\ i,m} = \eta_{em,heat,sec\ i,m} \cdot \eta_{distr,heat,sec\ i,m} \cdot \eta_{stor,heat,sec\ i,m} \quad (-)$$

met:

$\eta_{em,heat,sec\ i,m}$ het maandgemiddeld afgifterendement van energiesector i, bepaald volgens § 9.2.2.2, (-);

$\eta_{distr,heat,sec\ i,m}$ het maandgemiddeld verdeelrendement van energiesector i, bepaald volgens § 9.2.2.3, (-);

$\eta_{stor,heat,sec\ i,m}$ het maandgemiddeld opslagrendement van energiesector i, bepaald volgens § 9.2.2.4, (-).

Het maandgemiddeld afgifterendement stelt de verhouding voor tussen de nuttige warmte die de verwarmingselementen maandelijks aan de energiesector afgeven en de totale warmte die ze maandelijks afgeven. Hierin zitten zowel de onnuttige warmteverliezen van deze elementen als de verliezen door onvolmaakte regeling.

Het maandgemiddeld verdeelrendement stelt de verhouding voor tussen de warmte die de verwarmingselementen maandelijks aan de energiesector afgeven en de warmte die de warmteopwekkingsinstallatie(s) en/of opslagvat(en) maandelijks aan het systeem van warmteverdeling overdragen.

Ingeval van opslag van thermische energie in een buffervat stelt het maandgemiddeld opslagrendement de verhouding voor tussen de warmte die maandelijks aan het verdeelsysteem afgegeven wordt en de warmte die de warmteopwekkingsinstallatie(s) maandelijks aan het (de) opslagvat(en) overdraagt (overdragen).

Het maandelijks gemiddeld systeemrendement voor een systeem "Combilus" wordt bepaald volgens vooraf door de minister bepaalde regels. Onder Combilus wordt een gemeenschappelijke (in de zin dat meerdere EPB-eenheden bediend worden door dezelfde combilus of als de combilus een collectieve wooneenheid bedient) circulatieleiding verstaan die zowel voor warm tapwater als voor ruimteverwarming dienst doet.

9.2.2.2Afgifterendement

Neem als eenvoudige benadering de waarden van Tabel [6]. Voor een detailberekening wordt verwezen naar Bijlage D van deze tekst.

Indien er in geval van centrale verwarming meer dan 1 afgiftesysteem in de energiesector aanwezig is, beschouw dan het systeem met het slechtste afgifterendement uit Tabel [6]. Gebruik van Bijlage D van deze tekst is in dat geval niet meer mogelijk.

Indien er in een energiesector meerdere types plaatselijke verwarming aanwezig zouden zijn, is een verdere opdeling in energiesectoren verplicht, zodat er in elke energiesector slechts één type aanwezig blijft: zie ook § 5.3.

Tabel [6]: Rekenwaarden voor het afgifterendement

Centrale verwarming		
regeling van de binnentemperatuur	regeling van de vertrektemperatuur van het kringwater of van de lucht	
	constante instelwaarde	variabele instelwaarde
temperatuurgestuurd per ruimte	0,87 (1)	0,89 (1)
andere	0,85 (1)	0,87 (1)
Plaatselijke verwarming		
houtkachel		0,82
kolenkachel		0,82
oliekachel		0,87
gaskachel		0,87
elektrisch stralingstoestel of convector, zonder elektronische regeling (bv. met bimetaal)		0,90
elektrisch stralingstoestel of convector, met elektronische regeling		0,96
elektrische accumulatieverwarming, zonder buitenvoeler (bv. manueel in te stellen)		0,85
elektrische accumulatieverwarming, met buitenvoeler		0,92
elektrische weerstandsverwarming ingebed in vloer, muur of plafond		0,87
Gemeenschappelijke verwarming		
Indien meerdere wooneenheden over een gemeenschappelijke warmteopwekkingsinstallatie beschikken dienen de bovenstaande waarden (voor centrale verwarming) als volgt verminderd te worden: • indien er per wooneenheid een individuele warmtekostenafrekening gebeurt op basis van een individuele meting van het reële verbruik: vermenigvuldig de van toepassing zijnde bovenstaande waarde met de factor 0,95; • indien er geen dergelijke geïndividualiseerde reële warmtekostenafrekening gebeurt: vermenigvuldig de van toepassing zijnde bovenstaande waarde met de factor 0,85. Opmerking: de aanwezigheid of afwezigheid van een individuele warmtekostenafrekening moet afzonderlijk voor elke EPW-eenheid worden geëvalueerd.		

(1) Indien 1 of meerdere warmteafgifte-elementen in de energiesector (gedeeltelijk) voor beglazing opgesteld staan, wordt het rendement verlaagd met 0,08.

Bij centrale verwarmingssystemen dient een onderscheid gemaakt te worden al naar gelang de regeling van de vertrektemperatuur in het verdeelsysteem[6]:

- ofwel is de instelwaarde constant;
- ofwel verandert de instelwaarde automatisch, bv. samen met de buitentemperatuur.

Een regeling behoort tot de categorie 'temperatuurgestuurd per ruimte' indien in alle ruimten van de betreffende energiesector de warmteafgifte zo geregeld is dat de warmtetoevoer automatisch afgesloten wordt van zodra de instelwaarde van de binnentemperatuur bereikt is. Dit kan bv. door thermostatische kranen op alle afgifte-elementen en/of door een thermostaatregeling in elke ruimte. Eenvoudige afsluitkranen op radiatoren vallen niet in de categorie 'temperatuurgestuurd'.

9.2.2.3 Verdeelrendement

Neem als eenvoudige benadering voor het maandelijks verdeelrendement de constante waarden van Tabel [7]. Voor een detailberekening wordt verwezen naar Bijlage E van deze tekst.

Tabel [7]: Verdeelrendement

Verwarmingsinstallatie	$\eta_{distr,heat,sec\ i,m}$
Plaatselijke verwarming	1,00
Centrale verwarming met warm water of lucht, gemeenschappelijke verwarming	
• Alle leidingen of kanalen binnen de isolatielaag van het beschermd volume	1,00
• Een deel van de leidingen of kanalen buiten de isolatielaag van het beschermd volume	0,95

9.2.2.4 Opslagrendement

Neem als eenvoudige benadering voor het maandelijks opslagrendement de constante waarden van

[6] Een variabele instelwaarde kan bijvoorbeeld verwezenlijkt worden m.b.v. een glijdende keteltemperatuursregeling, of m.b.v. een driewegsmengkraan onmiddellijk na de ketel mits die voorzien is van een automatische regeling met variabel setpoint.

Tabel [8].

Tabel [8]: Opslagrendement

Opslag van warmte voor ruimteverwarming in een (of meerdere) buffervat(en)	**$\eta_{stor,heat,sec\ i,m}$**
Niet aanwezig	1,00
Wel aanwezig	
• binnen het beschermd volume	1,00
• buiten het beschermd volume	0,97

9.3 Maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater

9.3.1 Principe

De maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater wordt bekomen door de netto energiebehoefte te delen door het bijbehorend maandgemiddeld systeemrendement:

Eq. 85 $$Q_{water,bath\ i,gross,m} = r_{water,bath\ i,gross} \cdot \frac{Q_{water,bath\ i,net,m}}{\eta_{sys,bath\ i,m}} \quad (W/K)$$

Eq. 86 $$Q_{water,sink\ i,gross,m} = r_{water,sink\ i,gross} \cdot \frac{Q_{water,sink\ i,net,m}}{\eta_{sys,sink\ i,m}} \quad (MJ)$$

met:

$Q_{water,bath\ i,net,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van douche of bad i, in MJ, bepaald volgens § 7.3;

$Q_{water,sink\ i,net,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van keukenaanrecht i, in MJ, bepaald volgens § 7.3;

$\eta_{sys,bath\ i,m}$ het maandgemiddeld systeemrendement voor het warm tapwater van douche of bad i, bepaald volgens § 9.3.2.2, (-);

$\eta_{sys,sink\ i,m}$ het maandgemiddeld systeemrendement voor het warm tapwater van keukenaanrecht i, bepaald volgens § 9.3.2.2, (-);

$r_{water,bath\ i,gross}$ een reductiefactor voor het effect van de voorverwarming van de koudwatertoevoer naar de warmteopwekker(s) voor de bereiding van het warm tapwater voor douche of bad i d.m.v. warmteterugwinning uit de afloop, te bepalen volgens vooraf door de minister bepaalde regels, (-);

$r_{water,sink\ i,gross}$ een reductiefactor voor het effect van de voorverwarming van de koudwatertoevoer naar de warmteopwekker(s) voor de bereiding van het warm tapwater voor keukenaanrecht i d.m.v. warmteterugwinning uit de afloop, te bepalen volgens vooraf door de minister bepaalde regels, (-).

De reductiefactoren $r_{water,gross}$ kunnen niet toegepast worden in geval het warm tapwater voor de douche, het bad of het aanrecht uit een circulatieleiding betrokken wordt. In dit geval dient beroep gedaan te worden op gelijkwaardigheid.

9.3.2 Systeemrendement voor warm tapwater

9.3.2.1Principe

Het systeemrendement voor warm tapwater hangt af van de wijze van verdelen van het warm tapwater en van het aftappatroon. Bij elke afname wordt in de intussen afgekoelde tapleidingen koud water verdrongen door warm water. Ook na de initiële doorspoeling blijft het warme water afkoelen bij zijn doorgang doorheen de tapleidingen. Bij installaties met circulatieleiding is er warmteverlies, evenredig met de lengte van deze leiding. De circulatieleiding kan zowel betrekking hebben op 1 EPW-eenheid (bv. een eengezinswoning) als op meerdere EPB-eenheden (bv. de verschillende wooneenheden in een appartementsgebouw met gemeenschappelijke, centrale warm tapwater opwekking).

Het systeemrendement voor een systeem "Combilus" wordt bepaald volgens vooraf door de minister bepaalde regels.

9.3.2.2Rekenregel

Bepaal het systeemrendement bij badkamers en keukens als:

- zonder circulatieleiding:

Eq. 87
$$\eta_{sys,bath\ i,m} = \eta_{tubing,bath\ i}$$
$$\eta_{sys,sink\ i,m} = \eta_{tubing,sink\ i} \quad (-)$$

- met circulatieleiding:

Eq. 88
$$\eta_{sys,bath\ i,m} = \eta_{tubing,bath\ i} \cdot \eta_{water,circk,m}$$
$$\eta_{sys,sink\ i,m} = \eta_{tubing,sink\ i} \cdot \eta_{water,circk,m} \quad (-)$$

met:

$\eta_{tubing,bath\ i}$ de bijdrage aan het systeemrendement van de tapleidingen naar douche of bad i, zoals hieronder bepaald, (-);

$\eta_{tubing,sink\ i}$ de bijdrage aan het systeemrendement van de tapleidingen naar keukenaanrecht i, zoals hieronder bepaald, (-);

$\eta_{water,circ\ k,m}$ de bijdrage aan het systeemrendement van de maandelijkse verliezen van de circulatieleiding k, zoals hieronder bepaald (-).

Bepaal de bijdrage van de tapleidingen als:

Eq. 284
$$\eta_{tubing,bath\ i} = \frac{100}{100 + l_{tubing,bath\ i}/r_{water,bath\ i,net}} \quad (-)$$

Eq. 285
$$\eta_{tubing,sink\ i} = \frac{20}{20 + l_{tubing,sink\ i}/r_{water,sink\ i,net}} \quad (-)$$

met:

$l_{tubing,bath\ i}$ de lengte van de leidingen naar douche of bad i, in m. Indien er geen circulatieleiding is: neem dan deze lengte gelijk aan de som van de kortste afstanden horizontaal en verticaal tussen het aansluitpunt van de betreffende warmteopwekker(s) voor

warm tapwater en het vloermidden van de betreffende badkamer. Alternatief mag ook de reële leidinglengte genomen worden. Indien er wel een circulatieleiding is: neem dan deze lengte gelijk aan de som van de kortste afstanden horizontaal en verticaal tussen het betreffende aftakpunt van de circulatieleiding en het vloermidden van de betreffende badkamer. Alternatief mag ook de reële leidinglengte genomen worden;

$r_{water,bath\ i,net}$ een reductiefactor voor het effect van de voorverwarming van de koudwatertoevoer naar douche of bad i d.m.v. warmteterugwinning uit de afloop, te bepalen volgens vooraf door de minister bepaalde regels, (-);

$l_{tubing,sink\ i}$ de lengte van de leidingen naar keukenaanrecht i, in m. Indien er geen circulatieleiding is: neem dan deze lengte gelijk aan de som van de kortste afstanden horizontaal en verticaal tussen de betreffende warmteopwekker(s) voor warm tapwater en het vloermidden van de betreffende keuken. Alternatief mag ook de reële leidinglengte genomen worden. Indien er wel een circulatieleiding is: neem dan deze lengte gelijk aan de som van de kortste afstanden horizontaal en verticaal tussen het betreffende aftakpunt van de circulatieleiding en het vloermidden van de betreffende keuken. Alternatief mag ook de reële leidinglengte genomen worden;

$r_{water,sink\ i,net}$ een reductiefactor voor het effect van de voorverwarming van de koudwatertoevoer naar keukenaanrecht i d.m.v. warmteterugwinning uit de afloop, te bepalen volgens vooraf door de minister bepaalde regels, (-).

Als waarden bij ontstentenis gelden:

- $l_{tubing,bath\ i}$ = 10 m
- $l_{tubing,sink\ i}$ = 20 m

Bepaal de bijdrage van de circulatieleiding k als:

Eq. 286

$$\eta_{water,circ\ k,m} = \frac{Q_{water\ out,circ\ k,m}}{Q_{water\ out,circ\ k,m} + t_m . f_{insul,circ\ k} . \sum_j \frac{l_{circ\ k,j} . \left(60 - \theta_{amb,m,j}\right)}{R_{l,j}}} \quad (-)$$

met:

Eq. 287

$$Q_{water\ out,circ\ k,m} = \sum_i \frac{Q_{water,bath\ i,net,m}}{\eta_{tubing,bath\ i}} + \sum_i \frac{Q_{water,sink\ i,net,m}}{\eta_{tubing,sink\ i}} + \sum_i \frac{Q_{water,other\ i,net,m}}{\eta_{tubing,other\ i}} + \sum_l Q_{water,ncalc,res,unit\ l,gross,m} + \sum_m Q_{water,ncalc,nres,bath\ m,gross,m} + \sum_n Q_{water,ncalc,nres,sink\ n,gross,m} \quad (MJ)$$

en:

t_m de lengte van de betreffende maand in Ms, zie Tabel [1];

$f_{insul,circ\ k}$ correctiefactor om rekening te houden met de impact van koudebruggen op de warmteweerstand van de segmenten van circulatieleiding k, zoals hieronder bepaald in functie van de eigenschappen van de circulatieleiding, (-);

$l_{circ\ k,j}$ de lengte van segment j van circulatieleiding k, in m;

$\theta_{amb,m,j}$ de maandgemiddelde omgevingstemperatuur van leidingsegment j, in °C:

- indien het leidingsegment binnen het beschermde volume ligt, geldt: $\theta_{amb,m,j} = 18$;
- indien het leidingsegment in een aangrenzende onverwarmde ruimte ligt, geldt: $\theta_{amb,m,j} = 11 + 0,4.\theta_{e,m}$;
- indien het leidingsegment buiten ligt, geldt: $\theta_{amb,m,j} = \theta_{e,m}$;

waarin: $\theta_{e,m}$ de maandgemiddelde buitentemperatuur, in °C, volgens Tabel [1];

$R_{l,j}$ de lineaire warmteweerstand van leidingsegment j, in m.K/W, bepaald volgens § E.3;

$Q_{water,bath\ i,net,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van douche of bad i, in MJ, bepaald volgens § 7.3 van deze bijlage voor EPW-eenheden en volgens § 5.10 van bijlage A.2 bij dit besluit voor EPN-eenheden;

$Q_{water,sink\ i,net,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van keukenaanrecht i, in MJ, bepaald volgens § 7.3 van deze bijlage voor EPW-eenheden en volgens § 5.10 van bijlage A.2 bij dit besluit voor EPN-eenheden;

$Q_{water,other\ i,net,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van ander tappunt i voor warm tapwater, in MJ, bepaald volgens § 5.10 van bijlage A.2 bij dit besluit;

$\eta_{tubing,other\ i}$ de bijdrage aan het systeemrendement van de tapleidingen naar ander tappunt i voor warm tapwater, (-), bepaald volgens § 6.5 van bijlage A.2 bij dit besluit;

$Q_{water,ncalc,res,unit\ l,gross,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater van wooneenheid l die geen EPW-eenheid is, in MJ, zoals hieronder bepaald;

$Q_{water,ncalc,nres,bath\ m,gross,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater van bad of douche m die zich in een gebouw met niet-residentiële en niet-industriële bestemming bevindt en geen deel uitmaakt van een EPN-eenheid, in MJ, zoals hieronder bepaald;

$Q_{water,ncalc,nres,sink\ n,gross,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater van keukenaanrecht n dat zich in een gebouw met niet-residentiële en niet-industriële bestemming bevindt en geen deel uitmaakt van een EPN-eenheid, in MJ, zoals hieronder bepaald.

Voor de bepaling van $\eta_{water,circ\ k,m}$ moet gesommeerd worden over alle segmenten j van circulatieleiding k.

Voor de bepaling van $Q_{water\ out,circ\ k,m}$ moet gesommeerd worden over:

- alle douches, baden en keukenaanrechten i, gelegen in EPW- of EPN-eenheden en aangesloten op circulatieleiding k;
- alle andere tappunten i voor warm tapwater, gelegen in EPN-eenheden en aangesloten op circulatieleiding k;
- alle wooneenheden l, die geen EPW-eenheid zijn en aangesloten zijn op circulatieleiding k;
- alle douches en baden m en keukenaanrechten n, die zich in een gebouw met niet-residentiële en niet-industriële bestemming bevinden, geen deel uitmaken van een EPN-eenheid en aangesloten zijn op circulatieleiding k.

De correctiefactor $f_{insul,circ\ k}$ hangt af van de eigenschappen van de circulatieleiding en appendages. Drie gevallen worden onderscheiden.

Geval 1

Indien de circulatieleiding en appendages aan elk van volgende voorwaarden voldoen, dan is $f_{insul,circ\ k} = 1,1$.

- De isolatie van elke bocht (*) is van hetzelfde materiaal en heeft dezelfde dikte als de isolatie van de aangrenzende rechte leidingsstukken en is zo aangebracht dat de isolatie nergens onderbroken wordt.
- Geen enkele beugel ter bevestiging van de leiding onderbreekt de isolatie.
- De isolatie van de hoofdleiding wordt ter hoogte van geen enkele aftakking (*) onderbroken en de thermische isolatie van elke aftakleiding, indien van toepassing, sluit aan op deze van de hoofdleiding.
- Elk kraanwerkelement (**) heeft een equivalente warmteweerstand, waarvoor geldt:

Eq. 288 $$R_{eq,tap} \geq \max\left(R_{l,j}\right) \quad \text{(m.K/W)}$$

met:

$R_{eq,tap}$ de equivalente warmteweerstand van het isolatiemateriaal van het kraanwerkelement, zoals hieronder bepaald, in m.K/W;

$R_{l,j}$ de lineaire warmteweerstand van leidingsegment j waarop het kraanwerkelement wordt aangesloten, zoals bepaald in § E.3, in m.K/W.

Het maximum moet bepaald worden over alle segmenten j die aangesloten zijn op het kraanwerkelement.

- Elk pomphuis is thermisch geïsoleerd met een isolatiemateriaal met warmtegeleidingscoëfficiënt $\lambda_{insul,pumps}$ en minimale isolatiedikte $d_{insul,pumps}$ waarvoor geldt:

Eq. 289 $$\frac{d_{insul,pumps}}{\lambda_{insul,pumps}} \geq 0,5$$

met:

$d_{insul,pumps}$ de kleinste afstand tussen het binnen- en buitenoppervlak van de omhullende isolatie rond de pomp, waarbij bedieningsstukken, afleesinterfaces en delen die specifiek bedoeld zijn om de pompelektronica tegen oververhitting te beschermen (koelvinnen) buiten beschouwing worden gelaten, in m;

$\lambda_{insul,pumps}$ de warmtegeleidingscoëfficiënt van de warmte-isolatie rond de pomp, in W/(m.K).

NOTA (*) Voor de volledige circulatieleiding mag voor n_{exc} bochten of aftakkingen afgeweken worden van bovenstaande eisen, waarbij n_{exc} wordt bepaald zoals hieronder beschreven.

NOTA (**) Kraanwerkelement: volgende onderdelen worden in deze bijlage als (te isoleren) kraanwerkelement beschouwd: collector, afsluitkraan, regelkraan, purgeerkraan, terugslagklep, slibafscheider en evenwichtsfles.

Geval 2

Indien geval 1 niet van toepassing is maar de circulatieleiding en appendages aan elk van volgende voorwaarden voldoen, dan is $f_{insul,circ\ k} = 1,3$.

- De isolatie van elke bocht (*) is van hetzelfde materiaal en heeft dezelfde dikte als de isolatie van de aangrenzende rechte leidingsstukken en is zo aangebracht dat de isolatie nergens onderbroken wordt.
- Geen enkele beugel ter bevestiging van de leiding onderbreekt de isolatie.
- De isolatie van de hoofdleiding wordt ter hoogte van geen enkele aftakking (*) onderbroken en de thermische isolatie van elke aftakleiding, indien van toepassing, sluit aan op deze van de hoofdleiding.

NOTA (*) Voor de volledige circulatieleiding mag voor n_{exc} bochten of aftakkingen afgeweken worden van bovenstaande eisen, waarbij n_{exc} wordt bepaald zoals hieronder beschreven.

Geval 3

In alle andere gevallen, geldt: $f_{insul,circ\ k} = 2$. Dit is tevens de waarde bij ontstentenis.

De equivalente warmteweerstand van een kraanwerkelement, $R_{eq,tap}$, wordt bepaald als volgt:

Eq. 290 $$R_{eq,tap} = \frac{1}{2.\pi.\lambda_{insul,\ tap}} \ln\left(\frac{D_{e,\ eq,tap}}{D_{i,\ eq,tap}}\right) + \frac{1}{h_{se,\ tap}.\pi.D_{e,\ eq,tap}} \quad (m.K/W)$$

met:

Eq. 291 $$D_{e,\ eq,tap} = D_{i,\ eq,tap} + 2 \cdot d_{insul,tap} \quad (m)$$

Eq. 292 $$D_{i,\ eq,tap} = \max(D_{i,\ j}) \quad (m)$$

en:

$\lambda_{insul,tap}$ de warmtegeleidingscoëfficiënt van de warmte-isolatie rond het kraanwerkelement, in W/(m.K);

$D_{e,eq,tap}$ de equivalente buitendiameter van de isolatie rond het kraanwerkelement, in m;

$D_{i,eq,tap}$ de equivalente buitendiameter van het ongeïsoleerde kraanwerkelement, in m;

$d_{insul,tap}$ de kleinste afstand tussen het binnen- en buitenoppervlak van de omhullende isolatie rond het kraanwerkelement, waarbij de bedieningsorganen buiten beschouwing worden gelaten, in m;

$D_{i,j}$ de buitendiameter van het ongeïsoleerde leidingsegment j waarop het kraanwerkelement wordt aangesloten, in m;

$h_{se,tap}$ de totale (convectieve + radiatieve) externe warmteoverdrachtscoëfficiënt van het kraanwerkelement, in W/(m².K), gelijk te nemen aan:
- binnen het beschermd volume: $h_{se,tap} = 8$;
- in aangrenzende onverwarmde ruimte: $h_{se,tap} = 10$;
- buiten: $h_{se,tap} = 25$.

Het maximum moet bepaald worden over alle segmenten j die aangesloten zijn op het kraanwerkelement.

Het aantal bochten of aftakkingen waarvoor mag worden afgeweken van de isolatie-eisen, n_{exc}, wordt bepaald als volgt:

Eq. 293 $$n_{exc} = \frac{\sum_j l_{circ\ k,\ j}}{100} \quad (-)$$

met:

$l_{circ\ k,j}$ de lengte van segment j van circulatieleiding k, in m.

Er moet gesommeerd worden over alle segmenten j van circulatieleiding k. Het resultaat moet naar boven afgerond worden tot op één eenheid.

Bepaal de maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater van wooneenheid l die geen EPW-eenheid is, $Q_{water,ncalc,res,unit\ l,gross,m}$, als volgt:

Eq. 294 $$Q_{water,ncalc,res,unit\ l,gross,m} = \frac{\max\left[64;\ 64 + 0{,}220 \cdot \left(V_{unit\ l} - 192\right)\right] \cdot t_m}{\eta_{tubing,ncalc,res,unit\ l}} \quad (MJ)$$

met:

$V_{unit\ l}$ het totaal volume van wooneenheid l, in m³;

t_m de lengte van de betreffende maand in Ms, zie Tabel [1];

$\eta_{tubing,ncalc,res,unit\ l}$ de bijdrage aan het systeemrendement van de tapleidingen in wooneenheid l, bepaald zoals $\eta_{tubing,bath\ i}$ waarbij conventioneel wordt aangenomen dat:
- $r_{water,bath\ i,net} = 1$ en
- $l_{tubing,bath\ i} = 5$ m.

Als waarde bij ontstentenis geldt: $V_{unit\ l} = 0$.

Bepaal de maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater van bad of douche m die zich in een gebouw met niet-residentiële en niet-industriële bestemming bevinden en geen deel uitmaken van een EPN-eenheid, $Q_{water,ncalc,nres,bath\ m,gross,m}$, als volgt:

Eq. 295 $$Q_{water,ncalc,nres,bath\ m,gross,m} = \frac{213 \cdot t_m}{\eta_{tubing,ncalc,nres,bath\ m}} \quad (MJ)$$

met:

t_m de lengte van de betreffende maand, in Ms, zie Tabel [1];

$\eta_{tubing,ncalc,nres,bath\ m}$ de bijdrage aan het systeemrendement van de tapleidingen naar bad of douche m, bepaald zoals $\eta_{tubing,bath\ i}$ waarbij conventioneel wordt aangenomen dat:
- $r_{water,bath\ i,net} = 1$ en
- $l_{tubing,bath\ i} = 5$ m.

Bepaal de maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater van keukenaanrecht n dat zich in een gebouw met niet-residentiële en niet-industriële bestemming bevindt en geen deel uitmaakt van een EPN-eenheid, $Q_{water,ncalc,nres,sink\ n,gross,m}$, als volgt:

Eq. 296 $$Q_{water,ncalc,nres,sink\ n,gross,m} = \frac{A_{f,sink} \cdot 30,53 \cdot t_m}{\eta_{tubing,ncalc,nres,sink\ n}} \quad \text{(MJ)}$$

met:

$A_{f,sink}$ de gebruiksoppervlakte van de ruimten nodig voor de bereiding van maaltijden van de keuken waarin keukenaanrecht n zich bevindt, in m², bepaald volgens § 5.10.2 van bijlage A.2 bij dit besluit;

t_m de lengte van de betreffende maand, in Ms, zie Tabel [1];

$\eta_{tubing,ncalc,nres,sink\ n}$ de bijdrage aan het systeemrendement van de tapleidingen naar keukenaanrecht n, bepaald zoals $\eta_{tubing,sink\ i}$ waarbij conventioneel wordt aangenomen dat:
- $r_{water,sink\ i,net} = 1$ en
- $l_{tubing,sink\ i} = 5$ m.

10 Eindenergieverbruik voor ruimteverwarming, warm tapwater en koeling

10.1 Vooraf

Met het eindenergieverbruik verschijnen de warmteopwekkingstoestellen in de beoordeling. Dat gebeurt in het algemeen via het opwekkingsrendement en bij warmtepompen via de seizoensprestatiefactor (SPF). In voorkomend geval wordt gelijktijdig rekening gehouden met de nuttige bijdrage van thermische zonne-energiesystemen. Voor koeling geldt een specifieke procedure.

Bij uitbreiding van een gebouw kunnen zich volgende gevallen voordoen:

- Indien de uitbreiding verwarmd wordt met nieuwe warmteopwekkingstoestellen die onafhankelijk van de bestaande toestellen werken, wordt onderstaande procedure onverminderd toegepast.
- Indien er nieuwe warmteopwekkingstoestellen geplaatst worden die in combinatie met de bestaande toestellen werken, dan dient onderstaande procedure toegepast te worden waarbij de bestaande toestellen buiten beschouwing blijven.
- Indien er geen bijkomende toestellen geplaatst worden, maar enkel gebruik gemaakt wordt van bestaande toestellen, dan wordt onderstaande procedure toegepast op de bestaande toestellen. Als niet alle benodigde informatie beschikbaar is, kan men rekenen met een waarde bij ontstentenis.

10.2 Maandelijks eindenergieverbruik voor ruimteverwarming

10.2.1 Principe

De energie nodig om een energiesector te verwarmen kan door één enkel opwekkingstoestel geleverd worden, of door een combinatie van parallel geschakelde opwekkers. Omwille van dit laatste geval wordt het formalisme ingevoerd van een preferent toestel enerzijds, en niet-preferent geschakelde opwekker(s) anderzijds. In het (meest gebruikelijke) geval dat er geen parallelle opwekkers zijn, komt dit overeen met een preferent aandeel van 100%. Onderstaande uitdrukkingen geven dan als resultaat een nulverbruik voor de niet-preferente warmteopwekker(s).

Dit principe is ook geldig voor warmtepompen met een ingebouwde elektrische weerstandsverwarming, waarbij de warmtepomp en de elektrische weerstandsverwarming als parallel geschakelde toestellen worden beschouwd. De minister kan nadere en/of afwijkende specificaties bepalen voor de berekening van warmtepompen met een ingebouwde elektrische weerstandsverwarming.

10.2.2 Rekenregel

Het eindenergieverbruik voor ruimteverwarming, zonder de hulpenergie mee te tellen, wordt per maand en per energiesector gegeven door:

Eq. 93
$$Q_{heat,final,sec\ i,m,pref} = \frac{f_{heat,m,pref} \cdot (1 - f_{as,heat,sec\ i,m}) \cdot Q_{heat,gross,sec\ i,m}}{\eta_{gen,heat,pref}} \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 297
$$Q_{heat,final,sec\ i,m,npref} = \sum_{k} \frac{f_{heat,m,npref\ k} \cdot (1 - f_{as,heat,sec\ i,m}) \cdot Q_{heat,gross,sec\ i,m}}{\eta_{gen,heat,npref\ k}} \quad \text{(MJ)}$$

waarin:

$f_{heat,m,pref}$ de maandelijkse fractie van de totale hoeveelheid warmte die door de preferent geschakelde warmteopwekker(s) wordt geleverd, zoals hieronder bepaald, (-);

$f_{heat,m,npref\ k}$ de maandelijkse fractie van de totale warmtelevering die door de niet-preferente warmteopwekker(s) k wordt geleverd, zoals hieronder bepaald, (-);

$f_{as,heat,sec\ i,m}$ het aandeel van de totale warmtebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i dat door het thermisch zonne-energiesysteem gedekt wordt, bepaald volgens § 10.4, (-);

$Q_{heat,gross,seci,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, bepaald volgens § 9.2, in MJ;

$\eta_{gen,heat,pref}$ het opwekkingsrendement van de preferente warmteopwekker(s), bepaald volgens § 10.2.3, (-);

$\eta_{gen,heat,npref\ k}$ het opwekkingsrendement van de niet-preferente warmteopwekker(s) k, bepaald volgens § 10.2.3, (-).

Voor de groepering van toestellen en de opdeling in preferente en niet-preferente warmteopwekkers gelden dezelfde regels als gespecificeerd in § 7.1 en § 7.2.1 van bijlage A.2 bij dit besluit.

Bepaal de maandelijkse fractie van de totale hoeveelheid warmte die door de preferent geschakelde warmteopwekker(s) wordt geleverd, als volgt:

- Indien er slechts één type toestel is, geldt: $f_{heat,m,pref} = 1$.
- Zoniet:
  - indien het preferente toestel geen gebouwgebonden WKK-installatie of warmtepomp met buitenlucht als warmtebron is, ontleen dan de waarden voor $f_{heat,m,pref}$ aan Tabel [34]. Bij toepassing van Tabel [34] wordt voor tussenliggende waarden van x_m lineair geïnterpoleerd;
  - indien het preferente toestel een gebouwgebonden WKK-installatie is, ontleen dan de waarde voor $f_{heat,m,pref}$ aan Tabel [10];
  - indien het preferente toestel een warmtepomp met buitenlucht als warmtebron is, ontleen dan de waarden voor $f_{heat,m,pref}$ aan Tabel [35]. Bij toepassing van Tabel [35] wordt voor tussenliggende waarden van x_m lineair geïnterpoleerd.

De regeling van het preferente en de niet-preferente toestellen geldt als "piekvermogenaanvulregeling" indien de niet-preferente toestellen enkel aanvullend in werking treden tijdens periodes waarin de vermogensvraag groter is dan kan geleverd worden door het preferente toestel, en indien bovendien tijdens die periodes het preferent toestel op maximaal vermogen in werking blijft. Indien het preferente toestel in die periodes wordt uitgeschakeld, en in alle andere gevallen, geldt de "piekvermogenschakelregeling".

Een preferent toestel geldt als toestel met beperkte moduleermogelijkheden indien het vermogen niet kan gemoduleerd worden onder de 80% van het nominaal vermogen, in respons op variërende warmtevraag. Zoniet geldt het toestel als modulerend preferent toestel.

De waarden voor $f_{heat,m,pref}$ worden steeds uitgedrukt in functie van hulpvariabele x_m. Bepaal deze hulpvariabele x_m zoals in § 7.3.1 van bijlage A.2 bij dit besluit.

Tabel [34]: De maandelijkse fractie van de totale warmte die door de preferent geschakelde warmteopwekker(s), $f_{heat,m,pref}$, wordt geleverd – preferente opwekker is geen gebouwgebonden WKK of warmtepomp met buitenlucht als warmtebron

Hulpvariable x_m	Modulerend preferent toestel		Preferent toestel met beperkte moduleermogelijkheden	
	Piekvermogen-schakelregeling	Piekvermogen-aanvulregeling	Piekvermogen-schakelregeling	Piekvermogen-aanvulregeling
$x_m = 0$	1,00	1,00	0	0
$x_m = 0,05$	0,99	1,00	0	0
$x_m = 0,15$	0,97	0,99	0,04	0,06
$x_m = 0,25$	0,93	0,99	0,08	0,14
$x_m = 0,35$	0,87	0,97	0,15	0,25
$x_m = 0,45$	0,78	0,96	0,20	0,38
$x_m = 0,55$	0,62	0,92	0,19	0,49
$x_m = 0,65$	0,48	0,86	0,16	0,55
$x_m = 0,75$	0,35	0,79	0,13	0,56
$x_m = 0,85$	0,28	0,74	0,11	0,57
$x_m = 0,95$	0,25	0,71	0,10	0,56
$x_m = 1,05$	0,16	0,63	0,06	0,53
$x_m = 1,15$	0,15	0,61	0,06	0,52
$x_m = 1,25$	0,14	0,59	0,06	0,52
$x_m = 1,35$	0,09	0,51	0	0,45
$x_m = 1,45$	0,08	0,47	0	0,41
$x_m = 1,55$	0,07	0,46	0	0,41
$x_m = 1,65$	0,07	0,46	0	0,40
$x_m = 1,75$	0,06	0,44	0	0,40
$x_m = 1,85$	0,05	0,44	0	0,37
$x_m = 1,95$	0	0,39	0	0,33
$x_m = 2,05$	0	0,36	0	0,32
$x_m = 2,15$	0	0,35	0	0,31
$x_m = 2,25$	0	0,34	0	0,29
$x_m = 2,35$	0	0,31	0	0,28
$x_m = 2,45$	0	0,30	0	0,28
$x_m = 2,55$	0	0,30	0	0,28
$x_m = 2,65$	0	0,30	0	0,27
$x_m = 2,75$	0	0,28	0	0,26
$x_m = 2,85$	0	0,28	0	0,26
$x_m = 2,95$	0	0,27	0	0,26
$x_m = 3,00$	0	0,25	0	0,24
$3,00 < x_m$	0	0,25	0	0,24

Tabel [10]: De maandelijkse fractie van de totale warmte die door de preferent geschakelde warmteopwekker(s), $f_{heat,m,pref}$, wordt geleverd – preferente opwekker is gebouwgebonden WKK

Geval		Maandelijkse fractie
$V_{stor,cogen} < V_{stor,30\ min}$	$0 \leq x_m < 0,3$	0
	$0,3 \leq x_m < 0,9$	$\frac{2}{3} \cdot x_m - 0,2$
	$0,9 \leq x_m < 1,3$	$0,43 \cdot x_m + 0,013$
	$1,3 \leq x_m < 8,9$	$\frac{1,05 \cdot x_m - 0,245}{(x_m + 0,1)^2}$
	$8,9 \leq x_m$	$\frac{1}{x_m}$
$V_{stor,cogen} \geq V_{stor,30\ min}$	$0 \leq x_m < 0,05$	0
	$0,05 \leq x_m < 0,35$	$1,66 \cdot x_m - 0,083$
	$0,35 \leq x_m < 0,9$	$0,36 \cdot x_m + 0,376$
	$0,9 \leq x_m < 8,9$	$\frac{1,05 \cdot x_m - 0,245}{(x_m + 0,1)^2}$
	$8,9 \leq x_m$	$\frac{1}{x_m}$

De symbolen in de tabel zijn als volgt gedefinieerd:

$V_{stor,cogen}$ de waterinhoud van het buffervat, dat dient voor opslag van de warmte die geleverd wordt door de WKK-installatie, in m³;

$V_{stor,30\ min}$ de minimale waterinhoud van een buffervat om 30 minuten warmteproductie van de gebouwgebonden WKK-installatie op vol vermogen op te slaan, in m³, zoals bepaald in § A.6 van bijlage A.2 bij dit besluit, in m³.

Tabel [35]: De maandelijkse fractie van de totale warmte die door de preferent geschakelde warmteopwekker(s), $f_{heat,m,pref}$, wordt geleverd - preferente opwekker is warmtepomp met buitenlucht als warmtebron

Regeling	Piekvermogenschakelregeling						Piekvermogenaanvulregeling					
$f_{\theta,heat} \cdot COP_{test}$	<2,25	<2,50	<2,75	<3,00	<3,50	≥3,50	<2,25	<2,50	<2,75	<3,00	<3,50	≥3,50
$x_m = 0$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$x_m = 0,05$	0,73	0,82	0,91	0,97	0,99	0,99	0,73	0,82	0,91	0,97	1,00	1,00
$x_m = 0,15$	0,65	0,79	0,89	0,94	0,97	0,97	0,65	0,80	0,90	0,96	0,99	0,99
$x_m = 0,25$	0,53	0,68	0,79	0,85	0,93	0,93	0,53	0,70	0,81	0,89	0,98	0,99
$x_m = 0,35$	0,40	0,54	0,66	0,73	0,83	0,84	0,41	0,56	0,69	0,79	0,92	0,96
$x_m = 0,45$	0,33	0,45	0,56	0,64	0,73	0,75	0,34	0,48	0,61	0,72	0,88	0,93
$x_m = 0,55$	0,30	0,41	0,50	0,56	0,62	0,63	0,33	0,46	0,59	0,70	0,84	0,89
$x_m = 0,65$	0,27	0,35	0,42	0,46	0,51	0,52	0,31	0,44	0,56	0,66	0,80	0,84
$x_m = 0,75$	0,23	0,28	0,33	0,37	0,40	0,41	0,31	0,42	0,54	0,63	0,74	0,78
$x_m = 0,85$	0,20	0,25	0,29	0,31	0,34	0,34	0,31	0,42	0,53	0,61	0,71	0,74
$x_m = 0,95$	0,17	0,21	0,24	0,27	0,29	0,30	0,30	0,40	0,49	0,57	0,67	0,71
$x_m = 1,05$	0,13	0,15	0,18	0,20	0,21	0,21	0,28	0,38	0,46	0,53	0,62	0,64
$x_m = 1,15$	0,12	0,15	0,17	0,18	0,20	0,20	0,26	0,36	0,45	0,51	0,60	0,62
$x_m = 1,25$	0,11	0,13	0,15	0,17	0,18	0,18	0,25	0,33	0,41	0,48	0,57	0,60
$x_m = 1,35$	0,07	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,25	0,33	0,40	0,45	0,52	0,53
$x_m = 1,45$	0,05	0,06	0,08	0,09	0,09	0,10	0,20	0,27	0,34	0,40	0,47	0,49
$x_m = 1,55$	0	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,17	0,24	0,30	0,36	0,44	0,47
$x_m = 1,65$	0	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,17	0,24	0,30	0,36	0,44	0,47
$x_m = 1,75$	0	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,17	0,24	0,30	0,36	0,44	0,47
$x_m = 1,85$	0	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,17	0,24	0,30	0,36	0,44	0,47
$x_m = 1,95$	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,36	0,40	0,40
$x_m = 2,05$	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,36	0,40	0,40
$x_m = 2,15$	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,30	0,36	0,40
$x_m = 2,25$	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,30	0,36	0,36
$x_m = 2,35$	0	0	0	0	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,30	0,32	0,32
$x_m = 2,45$	0	0	0	0	0	0	0,17	0,24	0,30	0,30	0,30	0,32
$x_m = 2,55$	0	0	0	0	0	0	0,17	0,24	0,30	0,30	0,30	0,32
$x_m = 2,65$	0	0	0	0	0	0	0,17	0,24	0,30	0,30	0,30	0,32
$x_m = 2,75$	0	0	0	0	0	0	0,10	0,16	0,20	0,24	0,27	0,30
$x_m = 2,80$	0	0	0	0	0	0	0,10	0,14	0,18	0,20	0,25	0,25
$2,80 < x_m$	0	0	0	0	0	0	0,10	0,14	0,18	0,20	0,25	0,25

De symbolen in de tabel zijn als volgt gedefinieerd:

COP_{test} de prestatiecoëfficiënt (coefficient of performance) van de warmtepomp, zoals bepaald in § 10.2.3.3, (-);

$f_{\theta,heat}$ een correctiefactor voor het verschil tussen de ontwerpvertrektemperatuur naar het systeem van warmteafgifte (of

desgevallend warmteopslag) en de uitlaattemperatuur van de condensor, zoals bepaald in § 10.2.3.3, (-).

Indien er voor de beschouwde energiesector één niet-preferent warmteopwekkingstoestel is, of alle niet-preferente warmteopwekkingstoestellen volgens § 10.2.3 hetzelfde opwekkingsrendement hebben (en van dezelfde energievector gebruik maken), dan geldt voor de maandelijkse fractie voor verwarming voor de niet-preferente opwekker(s) k:

Eq. 298 $f_{heat,m,npref\ k} = 1 - f_{heat,m,pref}$ (-)

Indien er meerdere niet-preferente warmteopwekkingstoestellen met verschillende opwekkingsrendementen volgens § 10.2.3 (en/of van verschillende energievectoren gebruik maken), dan worden de maandelijkse fracties voor verwarming van de niet-preferente opwekker(s) k bepaald volgens:

Eq. 299 $f_{heat,m,npref,k} = (1 - f_{heat,m,pref}) \cdot \frac{P_{gen,heat,npref\ k}}{\sum_k P_{gen,heat,npref\ k}}$ (-)

waarin:

$f_{heat,m,npref\ k}$ de maandelijkse fractie van de totale warmtelevering die door de niet-preferente warmteopwekker(s) k wordt geleverd, (-);

$f_{heat,m,pref}$ de maandelijkse fractie van de totale warmtelevering die door de preferente warmteopwekker(s) wordt geleverd, (-);

$P_{gen,heat,npref\ k}$ het totale nominale vermogen van de niet-preferente warmteopwekker(s) k, in kW.

Er moet gesommeerd worden over alle niet-preferente warmteopwekkers k.

NOTA 1 Het nominale vermogen bij ketels is het nominale vermogen zoals bedoeld in de Europese ketelrichtlijn.

NOTA 2 Het thermisch vermogen van warmtepompen wordt bepaald volgens NBN EN 14511, bij de testomstandigheden vastgelegd in § 10.2.3.3.

NOTA 3 Het thermisch vermogen van een gebouwgebonden WKK-installatie wordt bepaald overeenkomstig de methode voor gastoestellen.

10.2.3 Opwekkingsrendement voor ruimteverwarming en bevochtiging

10.2.3.1 Principe

Het opwekkingsrendement voor ruimteverwarming wordt gedefinieerd als de verhouding tussen de warmtelevering door de warmteopwekkingsinstallatie aan het systeem voor warmteverdeling en de energie nodig om die warmte te genereren. Elektrisch hulpenergieverbruik voor waterketels en warme lucht generatoren wordt ingerekend in § 11.

De bepaling van het opwekkingsrendement, vermeld in dit hoofdstuk, is ook van toepassing voor de warmteopwekking ten behoeve van bevochting, zie § 7.4.1 van bijlage A.2 bij dit besluit.

10.2.3.2 Opwekkingsrendement van verwarmingstoestellen die geen elektrische warmtepomp zijn

Ontleen het opwekkingsrendement aan Tabel [11]. Voor de meeste toesteltypes wordt de waarde bij ontstentenis vermeld in de derde kolom van de tabel.

Tabel [11]: Opwekkingsrendement voor ruimteverwarming (met uitzondering van elektrische warmtepompen)

Warmteopwekkingstoestel	**Opwekkingsrendement $\eta_{gen,heat}$**	
Centrale verwarming	Detailberekening	Waarde bij ontstentenis
condenserende waterketel (1)(2)	$f_{NCV/GCV}[\eta_{30\%} + 0,003(\theta_{30\%} - \theta_{ave,boiler})]$	0,73
niet-condenserende waterketel (1)(2)	$f_{NCV/GCV}\ \eta_{30\%}$	0,73
warme lucht generator (1)	$f_{NCV/GCV}\ \eta_{30\%}$	0,73
gebouwgebonden WKK	$\varepsilon_{cogen,th}$	-[7]
externe warmtelevering	$\eta_{heat,dh}$	0,97
elektrische weerstandsverwarming (1)	1,00	1,00
Plaatselijke verwarming (3)		
kolenkachel	$f_{NCV/GCV}$ 0,77	
houtkachel	$f_{NCV/GCV}$ 0,77	
oliekachel	$f_{NCV/GCV}$ 0,80	
gaskachel	$f_{NCV/GCV}$ 0,83	
elektrische weerstandsverwarming	1,00	
Speciale gevallen	gelijkwaardigheid (4)	

(1) Indien het toestel buiten het beschermd volume opgesteld is, dient het bekomen rendement verminderd te worden met 0,02.

(2) Indien de ketel uitgerust is met een regeling die de ketel permanent, dus ook gedurende periodes zonder warmtevraag, warm houdt[8] (d.w.z.: tussen 2 branderbeurten kan de ketel niet onbeperkt afkoelen, uiteindelijk tot op omgevingstemperatuur), dient het bekomen rendement verminderd te worden met 0,05. Als men niet weet hoe de ketel precies wordt geregeld, wordt verondersteld dat een dergelijke regeling aanwezig is (en dat de ketel niet kan afkoelen).

[7] Het thermisch omzettingsrendement van WKK wordt bepaald volgens § A.2 van bijlage A.2 bij dit besluit. Aangezien voor WKK wordt gerekend met vaste rendementen in functie van het elektrisch vermogen, wordt hier geen waarde bij ontstentenis opgegeven. Eventueel is voor de bepaling van het elektrisch vermogen in § A.2.1 van bijlage A.2 bij dit besluit een vereenvoudigde methode beschikbaar.

[8] Ongeacht of de keteltemperatuur constant blijft, of toch beperkt kan dalen tot een lager temperatuursniveau (maar niet helemaal tot op omgevingstemperatuur).

(3) Indien de fabrikant voor het opwekkingsrendement van een plaatselijk verwarmingstoestel een waarde kan voorleggen die bepaald werd volgens vooraf door de minister bepaalde regels, mag in plaats van de waarde bij ontstentenis hierboven, deze waarde worden gebruikt.

(4) Afwijkingen t.o.v. bovenstaande categorieën dienen o.b.v. gelijkwaardigheid behandeld te worden, als er geen vooraf door de minister bepaalde regels bestaan. Als het systeem niet op basis van gelijkwaardigheid behandeld is, kan teruggevallen worden op een waarde bij ontstentenis van 0,73.

De symbolen in de tabel zijn als volgt gedefinieerd:

$f_{NCV/GCV}$	is een vermenigvuldigingsfactor gelijk aan de verhouding van de onderste tot de bovenste verbrandingswaarde van de gebruikte brandstof, ontleend aan bijlage F van deze tekst;
$\eta_{30\%}$	het deellastrendement bij een belasting van 30%. Bij luchtverwarmers waarvoor het rendement bij 30% belasting niet gemeten kan worden, mag de waarde bij 100% belasting gehanteerd worden;
$\theta_{30\%}$	de ketelinlaattemperatuur waarbij het 30% deellastrendement bepaald is, in °C;
$\theta_{ave,boiler}$	de te hanteren seizoensgemiddelde ketelwatertemperatuur, zoals hieronder bepaald, in °C;
$\varepsilon_{cogen,th}$	het thermisch omzettingsrendement voor gebouwgebonden warmtekrachtkoppeling, zoals bepaald in § A.2 van bijlage A.2 bij dit besluit;
$\eta_{heat,dh}$	het rendement voor externe warmtelevering, te bepalen volgens vooraf door de minister bepaalde regels.

Bepaal voor condenserende ketels de seizoensgemiddelde ketelwatertemperatuur met:

Eq. 95 $\theta_{ave,boiler} = 6,4 + 0,63 \times \theta_{return,design}$ (°C)

waarin:

$\theta_{ave,boiler}$	de te hanteren seizoensgemiddelde ketelwatertemperatuur, in °C;
$\theta_{return,design}$	de ontwerpretourtemperatuur van het warmteafgiftesysteem, in °C.

De waarde bij ontstentenis voor de ontwerpretourtemperatuur is 45°C voor oppervlakteverwarmingssystemen (vloer-, muur- of plafondverwarming) en 70°C voor alle andere warmteafgiftesystemen. Als in één energiesector beide types systemen voorkomen, moet het systeem met de hoogste ontwerpretourtemperatuur beschouwd worden[9].

Betere waarden kunnen ingebracht worden overeenkomstig vooraf door de minister bepaalde regels, of bij gebrek daaraan op basis van een gelijkwaardigheidsaanvraag.

Het opwekkingsrendement voor een systeem "Combilus" wordt bepaald volgens vooraf door de minister bepaalde regels.

[9] Het is steeds toegestaan de energiesector op te delen in verschillende kleinere energiesectoren en voor elke sector apart het van toepassing zijnde warmteafgiftesysteem te beschouwen.

10.2.3.3 Elektrische warmtepompen

Bij elektrische warmtepompen wordt het opwekkingsrendement gelijkgesteld aan de gemiddelde seizoensprestatiefactor (SPF). De gemiddelde seizoensprestatiefactor geeft de verhouding weer tussen de warmte die de warmtepomp in de loop van het verwarmingsseizoen aflevert en de energie die daartoe nodig is. De gemiddelde seizoensprestatiefactor hangt af van de gemiddelde temperatuur van de verdamper en de gemiddelde temperatuur van de condensor tijdens de beschouwde periode en van de energie, die nodig is om tijdens die periode de warmte aan de bron te onttrekken en de verdamper te ontdooien. De gemiddelde seizoensprestatiefactor verschilt naargelang de bron waaruit de warmtepomp warmte haalt:

- Bodem. De warmtepomp pompt een warmtetransporterend fluïdum (meestal een anti-vries oplossing, bv. een water-glycol mengsel) door een ingegraven verticale of een horizontale warmtewisselaar. De warmte die dit medium aan de bodem onttrekt, wordt afgestaan aan de verdamper. Alternatief kan het werkfluïdum van de warmtepomp direct in bodemleidingen circuleren en daar verdampen;
- Grondwater. Grondwater wordt opgepompt, staat zijn warmte af aan de verdamper en wordt terug de bodem ingepompt;
- Buitenlucht. De buitenlucht wordt met behulp van een ventilator over de verdamper geleid en staat er zijn warmte aan af;
- Afvoerlucht. De afvoerlucht van het ventilatiesysteem wordt over de verdamper geleid en staat er zijn warmte aan af.

De minister kan nadere en/of afwijkende specificaties bepalen om de COP_{test} en de SPF te berekenen.

Opmerking:

Onder warmtepompen worden in deze tekst actieve machines verstaan die warmte opnemen vanuit een bron op lage temperatuur en die deze warmte afgeven op een hogere temperatuur voor ruimteverwarming, bevochtiging of de opwekking van warm tapwater. Een dergelijke temperatuursverhoging van de warmte gebeurt noodzakelijkerwijze met toevoeging van (een beperktere hoeveelheid) hoogwaardige energie.

Bij ventilatiesystemen is het ook mogelijk met passieve warmtewisselaars warmte uit de afvoerlucht aan de (koudere) toevoerlucht over te dragen. De warmteoverdracht gebeurt in dit geval op volledig natuurlijke wijze van hoge naar lage temperatuur zonder toevoeging van extra energie (afgezien van een kleine hoeveelheid extra hulpenergie, bv. wat extra verbruik door de ventilatoren om de extra drukval van de warmtewisselaar te overwinnen). Dergelijke toestellen bestaan in verschillende varianten (bv. kruis- of tegenstroom platenwarmtewisselaars, roterende warmtewielen, warmtepijpbatterijen, regeneratieve systemen, enz.) en worden hier aangeduid met de algemene term warmteterugwinapparaat. De energetische evaluatie van warmteterugwinapparaten gebeurt bij de behandeling van de ventilatieverliezen in § 7.4.

Wanneer warmtepompen toegepast worden op de ventilatielucht, worden ze vaak gecombineerd met warmteterugwinapparaten. Normaliter is dit energetisch gunstiger. Om dubbeltellingen te vermijden mag de prestatiecoëfficiënt van de warmtepomp die in dit hoofdstuk gebruikt wordt, enkel betrekking hebben op de warmtepomp zelf zonder het effect van het warmteterugwinapparaat mee te integreren, vermits dit laatste expliciet ingerekend wordt in het hoofdstuk ventilatie. De combinatie van de evaluatie van de warmtepomp in strikte zin in dit hoofdstuk, en van het warmteterugwinapparaat in het hoofdstuk ventilatie, geeft een correcte beoordeling van het gecombineerd systeem in zijn geheel bij de bepaling van het karakteristiek energieverbruik.

De waarde bij ontstentenis voor $\eta_{gen,heat}$ voor warmtepompen met lucht als warmtebron én als warmteafvoerend medium bedraagt 1,25. Voor alle andere types warmtepompen is de waarde bij ontstentenis voor $\eta_{gen,heat}$ gelijk aan 2. Men mag het opwekkingsrendement ook in detail berekenen volgens de onderstaande methode. Stel in dat geval het opwekkingsrendement van warmtepompen gelijk aan de gemiddelde seizoensprestatiefactor, SPF:

Eq. 96 $\eta_{gen,heat} = SPF$ (-)

met:

Eq. 97 $SPF = f_{\theta,heat} . f_{\Delta\theta} . f_{pumps} . f_{AHU} . COP_{test}$ (-)

waarin:

$f_{\theta,heat}$ een correctiefactor voor het verschil tussen de ontwerpvertrektemperatuur naar het systeem van warmteafgifte (of desgevallend warmteopslag) en de uitlaattemperatuur van de condensor in de test volgens NBN EN 14511, in geval van warmtetransport met water, (-);

$f_{\Delta\theta}$ een correctiefactor voor het verschil in temperatuursvariatie van enerzijds het warmteafgiftesysteem bij ontwerpomstandigheden (of desgevallend warmteopslag) en van anderzijds het water over de condensor onder testomstandigheden volgens NBN EN 14511, in geval van warmtetransport met water, (-);

f_{pumps} een correctiefactor voor het energieverbruik van een pomp op het circuit naar de verdamper, (-);

f_{AHU} een correctiefactor voor het verschil in luchtdebiet bij ontwerp en het luchtdebiet bij de test volgens NBN EN 14511. f_{AHU} komt enkel tussen bij de warmtepompen op ventilatielucht, (-);

COP_{test} de prestatiecoëfficiënt (coefficient of performance) van de warmtepomp bepaald volgens NBN EN 14511 bij de volgende testomstandigheden (-):

Tabel [12]: Testomstandigheden voor de bepaling van COP_{test}

warmtebron	warmteafvoer	Testomstandigheden
op basis van tabel 3 in NBN EN 14511-2		
buitenlucht, eventueel in combinatie met afgevoerde lucht	gerecycleerde lucht, eventueel in combinatie met buitenlucht	A2/A20
buitenlucht, eventueel in combinatie met afgevoerde lucht	alleen buitenlucht, zonder gebruik van een warmteterugwinapparaat	A2/A2
alleen buitenlucht	alleen buitenlucht, met gebruik van een warmteterugwinapparaat	A2/A20
alleen afgevoerde lucht, zonder gebruik van een warmteterugwinapparaat	gerecycleerde lucht, eventueel in combinatie met buitenlucht	A20/A20
alleen afgevoerde lucht, zonder gebruik van een warmteterugwinapparaat	alleen buitenlucht, zonder gebruik van een warmteterugwinapparaat	A20/A2
alleen afgevoerde lucht, met gebruik van een warmteterugwinapparaat	gerecycleerde lucht, eventueel in combinatie met buitenlucht	A2/A20
op basis van tabel 5 in NBN EN 14511-2		
bodem met behulp van een intermediair hydraulisch circuit	gerecycleerde lucht, eventueel in combinatie met buitenlucht	B0/A20
bodem met behulp van een intermediair hydraulisch circuit	alleen buitenlucht, zonder gebruik van een warmteterugwinapparaat	B0/A2
bodem met behulp van een intermediair hydraulisch circuit	alleen buitenlucht, met gebruik van een warmteterugwinapparaat	B0/A20
bodem door middel van grondwater	gerecycleerde lucht, eventueel in combinatie met buitenlucht	W10/A20
bodem door middel van grondwater	alleen buitenlucht, zonder gebruik van een warmteterugwinapparaat	W10/A2
bodem door middel van. grondwater	alleen buitenlucht, met gebruik van een warmteterugwinapparaat	W10/A20

op basis van tabel 7 in NBN EN 14511-2		
bodem m.b.v. een intermediair hydraulisch circuit	water	B0/W35
bodem d.m.v. grondwater	water	W10/W35
op basis van tabel 12 in NBN EN 14511-2		
alleen buitenlucht eventueel in combinatie met afgevoerde lucht, zonder gebruik van een warmteterugwinapparaat	water	A2/W35
alleen afgevoerde lucht, zonder gebruik van een warmteterugwinapparaat	water	A20/W35

waarin:

A lucht als medium (air). Het cijfer erna is de droge bol inlaattemperatuur, in °C;

B intermediaire vloeistof met een vriestemperatuur lager dan die van water (brine). Het cijfer erna is de inlaattemperatuur in de verdamper, in °C;

W water als medium (water). Het cijfer erna is de inlaattemperatuur in de verdamper of de uitlaattemperatuur aan de condensor, in °C.

NOTA: sommige testomstandigheden komen overeen met de "standard rating conditions" in NBN EN 14511-2, andere met de "application rating conditions". De meeste testomstandigheden voor de directe opwarming van buitenlucht vormen een toevoeging: die specifieke combinaties of temperatuursomstandigheden komen niet als zodanig voor in de norm.

Correctiefactor $f_{\theta,heat}$

- Lucht als warmteafvoerend fluïdum: $f_{\theta,heat}=1$;
- Water als warmteafvoerend fluïdum:

Eq. 98 $$f_{\theta,heat} = 1 + 0,01 \cdot \left(43 - \theta_{supply,\,design}\right) \quad (-)$$

met:

$\theta_{supply,design}$ de vertrektemperatuur naar het systeem van warmteafgifte in °C bij de ontwerpomstandigheden. Hierbij dient niet enkel rekening gehouden te worden met het afgiftesysteem, maar ook met de dimensionering van een eventueel buffervat (maximale opslagtemperatuur). Als waarde bij ontstentenis mag voor oppervlakteverwarmingssytemen (vloer-, muur- en plafondverwarming) $\theta_{supply,design}$ = 55°C genomen worden en voor alle andere warmteafgiftesystemen $\theta_{supply,design}$ = 90°C.

Indien in één energiesector beide types systemen voorkomen, moet het systeem met de hoogste vertrektemperatuur beschouwd te worden[10].

Betere waarden kunnen ingebracht worden overeenkomstig vooraf door de minister bepaalde regels, of bij gebrek daaraan op basis van een gelijkwaardigheidsaanvraag.

Correctiefactor $f_{\Delta\theta}$

- Lucht als warmteafvoerend fluïdum: $f_{\Delta\theta} = 1$;
- Water als warmteafvoerend fluïdum:

Eq. 99 $$f_{\Delta\theta} = 1 + 0,01 \cdot \left(\Delta\theta_{design} - \Delta\theta_{test}\right) \quad (-)$$

met:

$\Delta\theta_{design}$ het temperatuursverschil in °C tussen vertrek en retour van het afgiftesysteem (of desgevallend de warmteopslag) bij ontwerpomstandigheden en $\Delta\theta_{test}$ de temperatuurstoename van het water over de condensor in °C, bij het testen volgens de norm NBN EN 14511. Als waarde bij ontstentenis mag $f_{\Delta\theta} = 0,93$ genomen worden.

Correctiefactor f_{pumps}

- Geen pomp voor de warmtetoevoer naar de verdamper: $f_{pumps}=1$ (d.w.z. lucht als warmtebron of directe verdamping in de bodem);
- Elektrisch vermogen van de pomp niet gekend: $f_{pumps} = 5/6$;
- Elektrisch vermogen van de pomp (P_{pumps}, in kW) wel gekend:

Eq. 100 $$f_{pumps} = \frac{1}{1 + P_{pumps}/P_{HP}} \quad (-)$$

met:

P_{HP} het elektrisch vermogen (in kW) van de warmtepomp volgens de norm NBN EN 14511 bij dezelfde testomstandigheden als waarbij COP_{test} bepaald is.

Correctiefactor f_{AHU}

Deze factor komt enkel tussen wanneer de ventilatietoevoer en/of de ventilatieafvoer gebruikt worden.

- Afgevoerde ventilatielucht enige warmtebron (zonder voorafgaande menging met buitenlucht), toegevoerde ventilatielucht enig warmteafvoerend fluïdum (zonder recirculatie van ruimtelucht).

Eq. 101 $$f_{AHU} = \frac{0,51 + 0,7 \min\left(\dot{V}_{supply}; \dot{V}_{extr}\right)/\dot{V}_{max}}{0,51 + 0,7\ \dot{V}_{test}/\dot{V}_{max}} \quad (-)$$

Als waarde bij ontstentenis mag genomen worden: $f_{AHU} = 0,51$

[10] Het is steeds toegelaten de energiesector op te delen in verschillende kleinere energiesectoren en voor elke sector apart het van toepassing zijnde warmteafgiftesysteem te beschouwen.

- Afgevoerde ventilatielucht enige warmtebron (zonder voorafgaande menging met buitenlucht), warmteafgifte niet alleen aan de toegevoerde ventilatielucht:

Eq. 102 $$f_{AHU} = \frac{0,75 + 0,35\ \dot{V}_{extr}/\dot{V}_{max}}{0,75 + 0,35\ \dot{V}_{test}/\dot{V}_{max}} \quad (-)$$

Als waarde bij ontstentenis mag genomen worden: $f_{AHU} = 0,75$

- Toegevoerde ventilatielucht enig warmteafvoerend fluïdum (zonder recirculatie van ruimtelucht), afgevoerde ventilatielucht niet de enige warmtebron:

Eq. 103 $$f_{AHU} = \frac{0,75 + 0,35\ \dot{V}_{supply}/\dot{V}_{max}}{0,75 + 0,35\ \dot{V}_{test}/\dot{V}_{max}} \quad (-)$$

Als waarde bij ontstentenis mag genomen worden: $f_{AHU} = 0,75$

- In alle andere gevallen: $f_{AHU}=1$;

met:

$\dot{V}_{max}$	het maximaal luchtdebiet doorheen de installatie in m^3/h, zoals opgegeven door de fabrikant. Geeft de fabrikant een bereik van debieten op, neem dan de grootste waarde;
$\dot{V}_{test}$	het luchtdebiet doorheen de installatie in m^3/h bij de test volgens de norm NBN EN 14511;
$\dot{V}_{extr}$	het ontwerpafvoerdebiet doorheen de installatie, in m^3/h;
$\dot{V}_{supply}$	het ontwerptoevoerdebiet doorheen de installatie, in m^3/h.

10.3 Maandelijks eindenergieverbruik voor warm tapwater

10.3.1 Principe

De energie nodig om warm tapwater te produceren kan door één enkel opwekkingstoestel geleverd worden, of door een combinatie van parallel geschakelde opwekkers. Voor de verschillende tappunten in de badkamer en de keuken kunnen eventueel verschillende opwekkers (of combinatie van opwekkers) gebruikt worden. Omwille van het geval met meerdere parallelle opwekkers wordt, volledig analoog aan ruimteverwarming, het formalisme ingevoerd van een preferent en één of meerdere niet-preferent geschakelde opwekker(s). In het (meest gebruikelijke) geval dat er geen parallelle opwekker is, komt dit overeen met een preferent aandeel van 100%. Onderstaande uitdrukkingen geven dan als resultaat een nulverbruik voor de niet-preferente opwekker(s).

Dit principe is ook geldig voor warmtepompen met een ingebouwde elektrische weerstandsverwarming, waarbij de warmtepomp en de elektrische weerstandsverwarming als parallel geschakelde toestellen worden beschouwd.

Uitzondering: indien het opwekkingsrendement van een elektrische warmtepomp met ingebouwde elektrische weerstandsverwarming wordt bepaald volgens § 10.3.3.4.1 en de elektrische weerstand werd geactiveerd bij de test volgens de betreffende Europese Verordening, dan wordt het toestel toch beschouwd als een enkele opwekker. Indien het opwekkingsrendement van een elektrische warmtepomp met ingebouwde elektrische weerstandsverwarming wordt bepaald volgens § 10.3.3.4.1

en de elektrische weerstand werd niet geactiveerd bij de test volgens de betreffende Europese Verordening, dan geldt deze uitzondering niet en wordt bij toepassing van het formalisme preferent/niet-preferent het opwekkingsrendement van de elektrische weerstand bepaald volgens § 10.3.3.4.2.

10.3.2 Rekenregel

Het eindenergieverbruik voor warm tapwater wordt per maand gegeven door:

Eq. 104 $$Q_{water,bath\ i,final,m,pref} = \frac{f_{water,bath\ i,m,pref} \cdot (1 - f_{as,water,bath\ i,m}) \cdot Q_{water,bath\ i,gross,m}}{\eta_{gen,water,bath\ i,m,pref} \cdot \eta_{stor,water,bath\ i,m,pref}} \quad (MJ)$$

Eq. 300 $$Q_{water,bath\ i,final,m,npref} = \sum_k \frac{f_{water,bath\ i,m,npref\ k} \cdot (1 - f_{as,water,bath\ i,m}) \cdot Q_{water,bath\ i,gross,m}}{\eta_{gen,water,bath\ i,m,npref\ k} \cdot \eta_{stor,water,bath\ i,m,npref\ k}} \quad (MJ)$$

Eq. 106 $$Q_{water,sink\ i,final,m,pref} = \frac{f_{water,sink\ i,m,pref} \cdot (1 - f_{as,water,sink\ i,m}) \cdot Q_{water,sink\ i,gross,m}}{\eta_{gen,water,sink\ i,m,pref} \cdot \eta_{stor,water,sink\ i,m,pref}} \quad (MJ)$$

Eq. 301 $$Q_{water,sink\ i,final,m,npref} = \sum_k \frac{f_{water,sink\ i,m,npref\ k} \cdot (1 - f_{as,water,sink\ i,m}) \cdot Q_{water,sink\ i,gross,m}}{\eta_{gen,water,sink\ i,m,npref\ k} \cdot \eta_{stor,water,sink\ i,m,npref\ k}} \quad (MJ)$$

met:

$f_{water,m,pref}$ de maandelijkse fractie van de totale warmtelevering voor de bereiding van warm tapwater welke door de preferent geschakelde warmteopwekker(s) wordt geleverd, met index 'bath i' of 'sink i' al naar gelang het geval (-):

- indien er slechts één toestel is, geldt: $f_{water,m,pref} = 1$;
- indien er meerdere parallelle warmteopwekkers zijn en deze toestellen ook voor ruimteverwarming instaan, ontleen dan de waarde aan Tabel [34], Tabel [10] of Tabel [35], naargelang het geval;
- indien er meerdere parallelle warmteopwekkers zijn en deze toestellen enkel voor de bereiding van warm tapwater instaan, ontleen dan de waarde van $f_{water,m,pref}$ aan Tabel [36];

$f_{water,m,npref\ k}$ de maandelijkse fractie van de totale warmtelevering voor de bereiding van warm tapwater welke door de niet-preferent geschakelde warmteopwekker(s) k wordt geleverd, met index 'bath i' of 'sink i' al naar gelang het geval (-):

- indien er slechts één niet-preferent toestel is, geldt:

Eq. 302 $$f_{water,m,npref\ k} = 1 - f_{water,m,pref} \quad (-)$$

- indien er meerdere parallelle niet-preferente warmteopwekkers zijn en deze toestellen ook voor ruimteverwarming instaan, geldt de waarde van $f_{water,m,npref\ k}$ zoals bepaald in § 10.2.2;
- indien er meerdere parallelle niet-preferente warmteopwekkers zijn en deze toestellen enkel voor de

84	EPW methode 2017
	bereiding van warm tapwater instaan, bepaal dan de waarde van $f_{water,m,npref\ k}$ zoals hieronder aangegeven;
$f_{as,m}$	het aandeel van de totale warmtebehoefte dat door het thermisch zonne-energiesysteem gedekt wordt, bepaald volgens § 10.4. Met indices 'water,bath i' en 'water,sink i' voor de warm tapwater bereiding van respectievelijk douche of bad i en keukenaanrecht i, (-);
$Q_{water,bath\ i,gross,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater van douche of bad i, bepaald volgens § 9.3.1, in MJ;
$Q_{water,sink\ i,gross,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater van keukenaanrecht i, bepaald volgens § 9.3.1, in MJ;
$\eta_{gen,water,bath\ i,m,pref}$	het maandelijks opwekkingsrendement van de preferente warmteopwekker(s) voor de bereiding van het warm tapwater voor douche of bad i, bepaald volgens § 10.3.3, (-);
$\eta_{gen,water,bath\ i,m,npref\ k}$	het maandelijks opwekkingsrendement van de niet-preferente warmteopwekker(s) k voor de bereiding van het warm tapwater voor douche of bad i, bepaald volgens § 10.3.3, (-);
$\eta_{gen,water,sink\ i,m,pref}$	het maandelijks opwekkingsrendement van de preferente warmteopwekker(s) voor de bereiding van het warm tapwater voor keukenaanrecht i, bepaald volgens § 10.3.3, (-);
$\eta_{gen,water,sink\ i,m,npref\ k}$	het maandelijks opwekkingsrendement van de niet-preferente warmteopwekker(s) k voor de bereiding van het warm tapwater voor keukenaanrecht i, bepaald volgens § 10.3.3, (-);
$\eta_{stor,water,bath\ i,m,pref}$	en $\eta_{stor,water,bath\ i,m,npref\ k}$ het maandelijks opslagrendement van de warmwatertank voor douche of bad i, dat, afhankelijk van de gebruikte index 'pref' of 'npref k' verbonden is met respectievelijk de preferente of niet-preferente warmteopwekker(s) k, bepaald volgens § 10.3.3, (-);
$\eta_{stor,water,sink\ i,m,pref}$	en $\eta_{stor,water,sink\ i,m,npref\ k}$ het maandelijks opslagrendement van de warmwatertank voor keukenaanrecht i, dat, afhankelijk van de gebruikte index 'pref' of 'npref k' verbonden is met respectievelijk de preferente of niet-preferente warmteopwekker(s) k, bepaald volgens § 10.3.3, (-).

In het (meest gebruikelijke) geval dat de warmwatertank verbonden is met zowel de preferente als niet-preferente opwekker(s) k, geldt, met de index 'bath i' of 'sink i' al naar gelang het geval:

Eq. 255 $\eta_{stor,water,m,pref} = \eta_{stor,water,m,npref\ k}$ (-)

De waarden voor $f_{water,m,pref}$ in Tabel [36] worden uitgedrukt in functie van hulpvariabele x_m. Bepaal deze hulpvariabele x_m zoals in § 7.3.1 van bijlage A.2 bij dit besluit.

Tabel [36]: De maandelijkse fractie van de totale warmte die door de preferent geschakelde warmteopwekker(s) voor warm tapwater, $f_{water,m,pref}$, wordt geleverd

Hulpvariabele x_m	Maandelijkse fractie
$x_m = 0$	1,00
$x_m = 0,05$	1,00
$x_m = 0,15$	0,99
$x_m = 0,25$	0,98
$x_m = 0,35$	0,96
$x_m = 0,45$	0,93
$x_m = 0,55$	0,93
$x_m = 0,65$	0,90
$x_m = 0,75$	0,69
$x_m = 0,85$	0,56
$x_m = 0,95$	0,51
$x_m = 1,0$	0,48
$1,0 < x_m$	$0,4765 x_m^{-0.998}$

Indien er meerdere niet-preferente warmteopwekkingstoestellen met verschillende opwekkingsrendementen volgens § 10.2.3 (en/of van verschillende energievectoren gebruik maken) die enkel voor de bereiding van warm tapwater instaan, dan worden de maandelijkse fracties voor de bereiding van warm tapwater van de niet-preferente opwekker(s) k bepaald volgens:

Eq. 303 $$f_{water,m,npref,k} = (1 - f_{water,m,pref}) \cdot \frac{P_{gen,water,npref,k}}{\sum_k P_{gen,water,npref,k}} \quad (-)$$

waarin:

$f_{water,m,npref\ k}$ de maandelijkse fractie van de totale warmtelevering voor de bereiding van warm tapwater die door de niet-preferente warmteopwekker(s) k wordt geleverd, (-);

$f_{water,m,pref}$ de maandelijkse fractie van de totale warmtelevering voor de bereiding van warm tapwater die door de preferente warmteopwekker(s) wordt geleverd, (-);

$P_{gen,water,npref\ k}$ het totale nominale vermogen van de niet-preferente warmteopwekker(s) k voor de bereiding van warm tapwater, in kW.

Er wordt gesommeerd over alle niet-preferente warmteopwekkers k.

NOTA 1 Het nominale vermogen bij ketels is het nominale vermogen zoals bedoeld in de Europese ketelrichtlijn.

NOTA 2 Het thermisch vermogen van warmtepompen wordt bepaald volgens NBN EN 14511, bij de testomstandigheden vastgelegd in § 10.2.3.3.

NOTA 3 Het thermisch vermogen van een gebouwgebonden WKK-installatie wordt bepaald overeenkomstig de methode voor gastoestellen.

10.3.3 Opwekkingsrendement en opslagrendement voor warm tapwater

10.3.3.1 Principe

Het opwekkingsrendement en het opslagrendement voor warm tapwater worden, waar mogelijk, bepaald met behulp van productgegevens die op een geharmoniseerde manier worden bepaald binnen de Europese Unie.

Daarom wordt in deze tekst verwezen naar twee Europese Richtlijnen:

- de Richtlijn 2009/125/EG van 21 oktober 2009, de "Ecodesign Richtlijn", waarin een kader wordt gecreëerd voor het opleggen van voorschriften met betrekking tot ecologisch ontwerp van energiegerelateerde producten;
- de Richtlijn 2010/30/EU van 19 mei 2010 betreffende de vermelding van het energieverbruik en het verbruik van andere hulpbronnen op de etikettering en in de standaardproductinformatie van energiegerelateerde producten;

en in het bijzonder naar de (Gedelegeerde) Verordeningen die deze Richtlijnen aanvullen:

- de Gedelegeerde Verordening (EU) n°811/2013 van de Commissie van 18 februari 2013, ter aanvulling van Richtlijn 2010/30/EU van het Europees Parlement en de Raad wat de energie-etikettering van ruimteverwarmingstoestellen, combinatieverwarmingstoestellen, pakketten van ruimteverwarmingstoestellen, temperatuurregelaars en zonne-energie-installaties en pakketten van combinatieverwarmingstoestellen, temperatuurregelaars en zonne-energie-installaties betreft;
- de Gedelegeerde Verordening (EU) n°812/2013 van de Commissie van 18 februari 2013 ter aanvulling van Richtlijn 2010/30/EU van het Europees Parlement en de Raad wat de energie-etikettering van waterverwarmingstoestellen, warmwatertanks en pakketten van waterverwarmingstoestellen en zonne-energie-installaties betreft;
- de Verordening (EU) n°813/2013 van de Commissie van 2 augustus 2013 tot uitvoering van Richtlijn 2009/125/EG van het Europees Parlement en de Raad wat eisen inzake ecologisch ontwerp voor ruimteverwarmingstoestellen en combinatieverwarmingstoestellen betreft;
- de Verordening (EU) n°814/2013 van de Commissie van 2 augustus 2013 tot uitvoering van Richtlijn 2009/125/EG van het Europees Parlement en de Raad wat eisen inzake ecologisch ontwerp voor waterverwarmingstoestellen en warmwatertanks betreft.

Het mogelijke elektrische hulpenergieverbruik voor warm tapwater is inbegrepen in het opwekkingsrendement.

10.3.3.2 Indeling van warmteopwekkingssystemen voor warm tapwater

Warmteopwekkingssystemen voor warm tapwater kunnen ingedeeld worden in verschillende categorieën:

- systemen die onderworpen zijn aan Gedelegeerde Verordening (EU) n°811/2013, d.w.z. behoudens uitzonderingen in de verordening, alle warmteopwekkingssystemen voor verwarming en voor warm tapwater met een nominaal vermogen niet groter dan 70 kW;
- systemen die onderworpen zijn aan Verordening (EU) n°813/2013, d.w.z. behoudens uitzonderingen in de verordening, alle warmteopwekkingssystemen voor verwarming en voor warm tapwater met een nominaal vermogen niet groter dan 400 kW;
- systemen die onderworpen zijn aan Gedelegeerde Verordening (EU) n°812/2013, d.w.z. behoudens uitzonderingen in de verordening, alle warmteopwekkingssystemen enkel voor warm tapwater met een nominaal vermogen

niet groter dan 70 kW en met een eventueel opslagvolume dat niet groter is dan 500 liter;

- systemen die onderworpen zijn aan Verordening (EU) n°814/2013, d.w.z. behoudens uitzonderingen in de verordening, alle warmteopwekkingssystemen enkel voor warm tapwater met een nominaal vermogen niet groter dan 400 kW en met een eventueel opslagvolume dat niet groter is dan 2000 liter;
- systemen die niet onderworpen zijn aan een van de voornoemde verordeningen. Hieronder bevinden zich bijvoorbeeld warmteopwekkers die specifiek ontworpen zijn voor het gebruik van gasvormige of vloeibare brandstoffen afkomstig van biomassa of van vaste brandstoffen (bv. pellets, kolen), of warmtekrachtkoppeling met een elektrisch vermogen groter dan of gelijk aan 50 kW.

10.3.3.3 Benodigde gegevens voor de berekening van het opwekkingsrendement en opslagrendement voor warm tapwater

De terminologie die cursief staat en onderstreept wordt, wordt vastgelegd in de betreffende verordening (enkel de eerste vermelding wordt in cursief geplaatst en onderstreept).

De klimaatomstandigheden die in beschouwing worden genomen, zijn de *gemiddelde klimaatomstandigheden*, zoals vastgelegd in de betreffende verordeningen.

10.3.3.3.1 Systemen die onderworpen zijn aan Gedelegeerde Verordening (EU) n°811/2013 of aan Gedelegeerde Verordening (EU) n°812/2013

Voor systemen die onderworpen zijn aan de Gedelegeerde Verordening (EU) n°811/2013 of de Gedelegeerde Verordening (EU) n°812/2013, zijn de nodige invoergegevens voor de bepaling van het opwekkingsrendement en het opslagrendement, zoals vastgelegd in de Gedelegeerde Verordening (EU) n°811/2013 en de Gedelegeerde Verordening (EU) n°812/2013:

- de *energie-efficiëntie voor waterverwarming* η_{wh}, in %, of, indien niet beschikbaar, de *energie-efficiëntieklasse voor waterverwarming*;
- het *opgegeven capaciteitsprofiel*;
- in voorkomend geval: het *warmhoudverlies* [van een *warmwatertank*] S, in W.

Deze gegevens kunnen afkomstig zijn van:

- een etiket zoals vastgelegd in bijlage III van de betreffende verordening;
- een productkaart die conform is aan bijlage IV van de betreffende verordening;
- technische documentatie die conform is aan bijlage V van de betreffende verordening;
- "informatie die moet worden verstrekt" in de gevallen die voorzien zijn in bijlage VI van de betreffende verordening.

Voor *een waterverwarmingstoestel op zonne-energie*, is de energie-efficiëntie (of, in voorkomend geval, en energie-efficiëntieklasse) de *energie-efficiëntie voor waterverwarming door het verwarmingstoestel* $\eta_{wh,nonsol}$, zoals vastgelegd in bijlage VIII van de betreffende verordening. De prestaties van de zonnecollectoren worden dan ingerekend volgens § 10.4. Als $\eta_{wh,nonsol}$ niet beschikbaar is, wordt de zonne-energie-installatie ingerekend volgens § 10.3.3.3.3 en 10.3.3.4.2, zelfs als ze onderworpen is aan een van de voornoemde verordeningen.

Voor *combinaties van waterverwarmingstoestel en zonne-energie-installatie*, wordt enkel de energie-efficiëntie (of, in voorkomend geval, de energie-efficiëntieklasse) van het waterverwarmingstoestel beschouwd, zonder rekening te houden met de zonne-energie-installatie. De prestaties van de zonnecollectoren worden dan ingerekend volgens § 10.4.

Indien de energie-efficiëntie voor waterverwarming η_{wh} niet gekend is, maar wel de energie-efficiëntieklasse, mag als waarde voor η_{wh} de minimale energie-efficiëntie van de energie-efficiëntieklasse voor het corresponderende opgegeven capaciteitsprofiel worden gehanteerd, zoals vastgelegd in de Gedelegeerde Verordening (EU) n°811/2013 en de Gedelegeerde Verordening (EU) n°812/2013 en hernomen in Tabel [30].

Tabel [30]: Minimale energie-efficiëntie η_{wh}, in %, van de energie-efficiëntieklassen voor waterverwarming en volgens het opgegeven capaciteitsprofiel, volgens de Gedelegeerde Verordening (EU) n°811/2013 en de Gedelegeerde Verordening (EU) n°812/2013

		Opgegeven capaciteitsprofiel							
		3XS	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL
Energie-efficiëntieklasse	A^{+++}	62	62	69	90	163	188	200	213
	A^{++}	53	53	61	72	130	150	160	170
	A^{+}	44	44	53	55	100	115	123	131
	A	35	35	38	38	65	75	80	85
	B	32	32	35	35	45	50	55	60
	C	29	29	32	32	36	37	38	40
	D	26	26	29	29	33	34	35	36
	E	22	23	26	26	30	30	30	32
	F	19	20	23	23	27	27	27	28

NOTA 1 Krachtens de Verordening (EU) n°813/2013 en de Verordening (EU) n°814/2013, is het sinds 26 september 2015 niet meer toegelaten om waterverwarmingstoestellen op de markt te brengen die een lagere energie-efficiëntie hebben dan de minimale energie-efficiëntie volgens energie-efficiëntieklasse E (tenzij uitzonderingen vastgelegd in Verordening (EU) n°814/2013).

NOTA 2 De Gedelegeerde Verordening (EU) n°811/2013 en de Gedelegeerde Verordening (EU) n°812/2013 leggen een bijkomende energie-efficiëntieklasse G vast voor systemen die een lagere energie-efficiëntie hebben dan de minimale energie-efficiëntie volgens energie-efficiëntieklasse F. Gezien nota 1 hierboven en de waarde bij ontstentenis die hieronder wordt vastgelegd, is de energie-efficiëntieklasse G niet hernomen in Tabel [30].

Indien voor een waterverwarmingstoestel noch de energie-efficiëntie, noch de energie-efficiëntieklasse zijn gekend, of als het opgegeven capaciteitsprofiel niet is gekend, dan is de waarde bij ontstentenis η_{wh} = 22% van toepassing.

10.3.3.3.2 Systemen die onderworpen zijn aan Verordening (EU) n°813/2013 of aan Verordening (EU) n°814/2013

Dit betreft systemen die onderworpen zijn aan de Verordening (EU) n°813/2013 of aan de Verordening (EU) n°814/2013 en niet onderworpen zijn aan de Gedelegeerde Verordening (EU) n°811/2013 of de Gedelegeerde Verordening (EU) n°812/2013,

d.w.z. systemen met een vermogen dat groter is dan 70 kW maar niet groter dan 400 kW of met een opslagvolume dat groter is dan 500 liter maar niet groter dan 2000 liter. Voor deze systemen zijn de nodige invoergegevens voor de bepaling van het opwekkingsrendement en het opslagrendement, zoals vastgelegd in de Verordening (EU) n°813/2013 en de Verordening (EU) n°814/2013:

- de energie-efficiëntie voor waterverwarming η_{wh}, in %;
- het opgegeven capaciteitsprofiel;
- in voorkomend geval: het warmhoudverlies [van een warmwatertank] S, in W.

Deze gegevens kunnen afkomstig zijn uit de technische documentatie of een andere informatiebron die conform is aan de eisen uit artikel 4 en bijlage II van de betreffende verordening.

Voor *combinaties van waterverwarmingstoestel en zonne-energie-installatie*, wordt enkel de energie-efficiëntie van het waterverwarmingstoestel beschouwd, zonder rekening te houden met de zonne-energie-installatie. De prestaties van de zonnecollectoren worden dan ingerekend volgens § 10.4.

Indien voor een waterverwarmingstoestel de energie-efficiëntie of het opgegeven capaciteitsprofiel niet is gekend, dan is de waarde bij ontstentenis η_{wh} = 32% van toepassing.

10.3.3.3.3 Systemen die niet onderworpen zijn aan voornoemde verordeningen

Voor systemen die niet onderworpen zijn aan de Gedelegeerde Verordening (EU) n°811/2013, de Gedelegeerde Verordening (EU) n°812/2013, de Verordening (EU) n°813/2013 of de Verordening (EU) n°814/2013, zijn geen specifieke gegevens nodig. Het opwekkingsrendement en opslagrendement worden bepaald in functie van de algemene eigenschappen van het systeem.

10.3.3.4 Rekenregels voor het opwekkingsrendement en opslagrendement voor warm tapwater

10.3.3.4.1 Systemen die onderworpen zijn aan de voornoemde verordeningen

Het opwekkingsrendement $\eta_{gen,water}$ en het opslagrendement $\eta_{stor,water}$ voor een systeem "Combilus" wordt bepaald volgens vooraf door de minister bepaalde regels.

Opwekkingsrendement $\eta_{gen,water}$

Voor warmteopwekkingssystemen voor warm tapwater die onderworpen zijn aan de Gedelegeerde Verordening (EU) n°811/2013, de Gedelegeerde Verordening (EU) n°812/2013, de Verordening (EU) n°813/2013 of de Verordening (EU) n°814/2013, wordt het opwekkingsrendement (ten opzichte van de bovenste verbrandingswaarde) $\eta_{gen,water}$ bepaald volgens Eq. 256.

Eq. 256 voor een energievector die verschillend is van elektriciteit:

$$\eta_{gen,water} = (\eta_{wh} / 100) \cdot f_{stor>gen,water} \cdot f_{dim,gen,water}$$

voor de energievector elektriciteit:

$$\eta_{gen,water} = (\eta_{wh} / 100) \cdot CC \cdot f_{stor>gen,water} \cdot f_{dim,gen,water} \quad (-)$$

met:

η_{wh} de energie-efficiëntie voor waterverwarming, uitgedrukt op de bovenwaarde, bepaald volgens § 10.3.3.3.1 of 10.3.3.3.2, in %;

CC de omrekeningscoëfficiënt [voor elektriciteit], zoals vastgelegd in de voornoemde verordeningen, neem deze gelijk aan 2,50, (-);

$f_{stor>gen,water}$ een correctiefactor die rekening houdt met de invloed van warmteopslag op het opwekkingsrendement, zoals hieronder bepaald, (-);

$f_{dim,gen,water}$ een correctiefactor om rekening te houden met de dimensionering van het warmteopwekkingssysteem voor warm tapwater; voor het ogenblik wordt deze factor conventioneel gelijkgesteld aan 1,00, (-).

Correctiefactor $f_{stor>gen,water}$ en opslagrendement $\eta_{stor,water}$

Indien er geen warmteopslag is (ogenblikkelijke opwarming) of indien de energie-efficiëntie voor waterverwarming is bepaald met inbegrip van de warmteopslag (bv. warmwatertank geïntegreerd in het waterverwarmingstoestel), dan geldt:

- $f_{stor>gen,water} = 1,00$;
- $\eta_{stor,water} = 1,00$.

Indien er wel warmteopslag is en de energie-efficiëntie voor waterverwarming is bepaald zonder rekening te houden met de aanwezigheid van de warmteopslag (bv. afzonderlijke warmwatertank) of indien het onbekend is of de energie-efficiëntie voor waterverwarming al dan niet bepaald is met inbegrip van de warmteopslag, dan geldt:

- $f_{stor>gen,water} = 1,02$;
- $\eta_{stor,water,m}$ wordt bepaald volgens:

Eq. 257
$$\eta_{stor,water,m} = \frac{Q_{stor,water,gross,m}}{(Q_{stor,water,gross,m} + Q_{loss,stor,water,m})} \quad (-)$$

waarin:

$Q_{stor,water,gross,m}$ de totale maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater van alle tappunten die aangesloten zijn op de warmwatertank, bepaald volgens Eq. 258, in MJ;

$Q_{loss,stor,water,m}$ de maandelijkse opslagverliezen van de warmwatertank, bepaald volgens Eq. 259, in MJ;

met:

Eq. 258 $$Q_{stor,water,gross,m} = \sum_{bath\ j} Q_{water,bath\ j,gross,m} + \sum_{sink\ k} Q_{water,sink\ k,gross,m} \quad (MJ)$$

waarin:

$Q_{water,bath\ i,gross,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater van douche of bad i, bepaald volgens § 9.3.1, in MJ;

$Q_{water,sink\ i,gross,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater van keukenaanrecht i, bepaald volgens § 9.3.1, in MJ.

Er moet gesommeerd worden over alle douches of baden j en alle keukenaanrechten k die aangesloten zijn op de warmwatertank.

De maandelijkse opslagverliezen van de warmwatertank worden bepaald volgens:

Eq. 259 $$Q_{loss,stor,water,m} = S.t_m \quad (MJ)$$

met:

S het warmhoudverlies van de warmwatertank, in W, zoals bepaald in § 10.3.3.3, of bij ontstentenis bepaald volgens Eq. 260;

t_m de lengte van de betreffende maand, in Ms, zie Tabel [1].

Indien het warmhoudverlies S niet gekend is, dient onderstaande waarde bij ontstentenis gebruikt te worden:

Eq. 260 $$S = 31 + 16{,}66 \cdot V^{0{,}4} \quad (W)$$

met:

V het volume van de warmwatertank, in liter.

Indien het volume van de warmwatertank niet gekend is, dan dient onderstaande waarde bij ontstentenis gebruikt te worden: V = 2000 liter.

10.3.3.4.2 Systemen die niet onderworpen zijn aan de voornoemde verordeningen

Voor systemen die niet zijn onderworpen zijn aan de voornoemde verordeningen, worden het opwekkingsrendement en het opslagrendement niet afzonderlijk maar tegelijk bepaald. De onderstaande waarden zijn van toepassing zowel voor warmteopwekkers enkel voor warm tapwater als voor warmteopwekkers voor ruimteverwarming en warm tapwater.

Het rendement ($\eta_{gen,water} \cdot \eta_{stor,water}$) voor een systeem "Combilus" wordt bepaald volgens vooraf door de minister bepaalde regels.

Andere toestellen dan verbrandingstoestellen

Voor andere toestellen dan verbrandingstoestellen is het product van het opwekkingsrendement $\eta_{gen,water}$ en het opslagrendement $\eta_{stor,water}$ opgenomen in Tabel [31].

Tabel [31]: Rekenwaarden voor ($\eta_{gen,water}$. $\eta_{stor,water}$) voor andere toestellen dan verbrandingstoestellen

	ogenblikkelijke opwarming[11]	met warmteopslag[12]
elektrische weerstandsverwarming	0,75	0,70
elektrische warmtepomp	1,45	1,40
gebouwgebonden WKK (1)	$\varepsilon_{cogen,th}$	$\varepsilon_{cogen,th}$ - 0,05
externe warmtelevering	$\eta_{water,dh}$	$\eta_{water,dh}$ - 0,05
andere gevallen	gelijkwaardigheid (2)	

(1) Deze cijfers zijn al de rendementen ten opzichte van de bovenste verbrandingswaarde.

(2) Afwijkingen ten opzichte van bovenstaande categorieën moeten op basis van gelijkwaardigheid volgens vooraf door de minister bepaalde regels behandeld worden.

In de tabel zijn de symbolen als volgt gedefinieerd:

$\varepsilon_{cogen,th}$ het thermisch omzettingsrendement voor gebouwgebonden warmtekrachtkoppeling, zoals bepaald in § A.2 van bijlage A.2 bij dit besluit;

$\eta_{water,dh}$ het in te zetten rendement voor externe warmtelevering voor de warmtapwaterbereiding, in detail te bepalen volgens door de minister bepaalde regels en bij ontstentenis gelijk aan 0,97, (-).

Verbrandingstoestellen

Voor verbrandingstoestellen kunnen zich verschillende gevallen voordoen:

- voor individuele verbrandingstoestellen[13] geldt:
  - indien ogenblikkelijke opwarming: $\eta_{gen,water}$. $\eta_{stor,water}$ = 0,50
  - indien met warmteopslag: $\eta_{gen,water}$. $\eta_{stor,water}$ = 0,45

[11] Opwekkingsinstallaties die ogenblikkelijk opwarmen, genereren slechts warmte op de ogenblikken dat er warm water getapt wordt, zonder dat er ergens in de installatie op een of andere manier warmteopslag plaatsvindt. Zodra de warmwatertapping ophoudt, stopt in die installaties ook de warmteproductie volledig en koelt het hele systeem af tot op omgevingstemperatuur (indien in tussentijd geen nieuwe warmwatertapping plaatsvindt).

[12] Opwekkingsinstallaties met warmteopslag houden een hoeveelheid warmte beschikbaar in een voorraadvat, ook op ogenblikken dat er geen warm water getapt wordt. De warmteopslag is zowel mogelijk in de vorm van het warme tapwater zelf, als in de vorm van ketelwater, waarbij het tapwater zelf via een doorstroomwarmtewisselaar pas opgewarmd wordt op de tapmomenten. Ook als de installatie niet permanent warmte beschikbaar houdt, maar onbelemmerd kan afkoelen gedurende bepaalde periodes (bv. 's nachts) blijft hetzelfde product van opwekkingsrendement en opslagrendement van toepassing.

[13] in de zin dat slechts 1 EPB-eenheid (die geen collectieve wooneenheid is) bediend wordt door dit systeem.

- voor collectieve[14] verbrandingstoestellen met een nominaal vermogen dat niet groter is dan 70 kW en met een eventueel opslagvolume dat niet groter is dan 500 liter, geldt:
  - indien ogenblikkelijke opwarming: $\eta_{gen,water} \cdot \eta_{stor,water} = 0,50$
  - indien met warmteopslag: $\eta_{gen,water} \cdot \eta_{stor,water} = 0,45$

- voor collectieve[14] verbrandingstoestellen met een nominaal vermogen dat groter is dan 70 kW of met een eventueel opslagvolume dat groter is dan 500 liter, is het product van het opwekkingsrendement $\eta_{gen,water}$ en het opslagrendement $\eta_{stor,water}$ opgenomen in Tabel [32].

Tabel [32]: Rekenwaarden voor ($\eta_{gen,water} \cdot \eta_{stor,water}$) voor collectieve verbrandingstoestellen met een nominaal vermogen groter dan 70 kW of een opslagvolume groter dan 500 liter

Type warmwatertank	Zonder warmwater-tank	Indirect verwarmde warmwatertank(s) (1)			Direct verwarmde warmwater-tank(s) (2)
Isolatiedikte x rond warmwater-tank(s) in mm / Type ketel	---	20 mm ≤ x	10 mm ≤ x < 20 mm	0 mm ≤ x < 10 mm	0 mm ≤ x
Niet-condenserende ketel	0,75	0,67	0,60	0,37	0,50
Condenserende ketel	0,85	0,76	0,68	0,42	
(1) met gebruik van een tussenmedium (2) door middel van verbranding in het toestel zelf					

NOTA Deze cijfers zijn al de rendementen ten opzichte van de bovenste verbrandingswaarde.

[14] in de zin dat verschillende EPB-eenheden bediend worden door dit systeem of als het systeem een collectieve wooneenheid bedient.

10.4 Maandelijkse nuttige energiebijdrage van een thermisch zonne-energiesysteem

Enkel kwalitatieve zonne-energiesystemen worden beschouwd in de berekening van de maandelijkse nuttige energiebijdrage van een thermisch zonne-energiesysteem. De minister kan nadere regels bepalen om de kwaliteit van het thermisch zonne-energiesysteem te bepalen. De minister kan de voorwaarden bepalen waaraan een thermisch zonne-energiesysteem moet voldoen om beschouwd te worden als een kwalitatief thermisch zonne-energiesysteem.

Bepaal de maandelijkse nuttige energiebijdrage van een thermisch zonne-energieysteem als volgt:

- indien het zowel voor ruimteverwarming als voor warm tapwater dient: volgens § 10.4.1.
- indien het enkel voor de bereiding van warm tapwater dient: volgens § 10.4.2.
- indien er geen thermisch zonne-energiesysteem is dat bijdraagt tot de ruimteverwarming van energiesector i, is de waarde voor $f_{as,heat,sec\ i,m}$ gelijk aan nul.
- indien een beschouwde warm tapwaterstroom (van douche of bad i, respectievelijk van een aanrecht i) niet m.b.v. een thermisch zonne-energiesysteem voorverwarmd wordt, is de betreffende waarde voor $f_{as,water,bath\ i,m}$, respectievelijk $f_{as,water,sink\ i,m}$ gelijk aan nul.

10.4.1 Ruimteverwarming en warm tapwater

10.4.1.1 Eenvoudige benadering

Bepaal de maandelijkse nuttige energiebijdrage (als aandeel van de totale warmtevraag) van een thermisch zonne-energiesysteem voor ruimteverwarming en warm tapwater als[15]:

Eq. 108
$$f_{as,heat,sec\ i,m} = f_{as,water,bath\ i,m} = f_{as,water,sink\ i,m} = \min\left(1\ ;\ \eta_{as,sh+wh,m} Q_{as,m} / Q_{demand,as,sh+wh,m}\right) \quad (-)$$

met:

Eq. 109
$$Q_{as,m} = \sum_{j} \left(A_{as,j} \cdot I_{as,m,shad,j}\right) \quad (MJ)$$

Eq. 110
$$Q_{demand,as,sh+wh,m} = Q_{demand,as,water,m} + \sum_{i} Q_{heat,gross,sec\ i,m} \quad (MJ)$$

Eq. 111
$$Q_{demand,as,water,m} = \sum_{i} Q_{water,bath\ i,gross,m} + \sum_{i} Q_{water,sink\ i,gross,m} \quad (MJ)$$

waarin:

$\eta_{as,sh+wh,m}$ het maandgemiddeld rendement van het thermisch zonne-energiesysteem, (-);

[15] De Engelse term voor f is 'solar fraction', verder vertaald als zonnefractie. Ze kan theoretisch variëren tussen de waarden 0 (helemaal geen bijdrage van de zonne-energie) en 1 (volledige dekking door zonne-energie).

$Q_{as,m}$ de maandelijkse zonne-instraling op het thermisch zonne-energiesysteem, rekening houdend met de beschaduwing, in MJ;

$Q_{demand,as,sh+wh,m}$ de totale warmtevraag waaraan het zonne-energiesysteem bijdraagt, in MJ;

$A_{as,j}$ de apertuuroppervlakte van de collectoren met oriëntatie j in het thermisch zonne-energiesysteem, in m²;

$I_{as,m,shad,j}$ de bezonning op het collectorvlak met oriëntatie j voor de beschouwde maand, rekening houdend met beschaduwing, bepaald volgens Bijlage C van deze tekst, in MJ/m²;

$Q_{demand,as,water,m}$ de maandelijkse warmtevraag voor de bereiding van warm tapwater waaraan het zonne-energiesysteem bijdraagt, in MJ;

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, bepaald volgens § 9.2.1, in MJ;

$Q_{water,bath\ i,gross,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor de bereiding van het warm tapwater voor douche of bad i, bepaald volgens § 9.3.1, in MJ;

$Q_{water,sink\ i,gross,m}$ de bruto maandelijkse energiebehoefte voor de bereiding van het warm tapwater voor keukenaanrecht i, bepaald volgens § 9.3.1, in MJ.

Er dient gesommeerd te worden over alle oriëntaties j en over alle energiesectoren i waaraan het zonne-energiesysteem warmte voor ruimteverwarming levert, en over alle douches, baden en keukenaanrechten i waaraan het zonne-energiesysteem warmte voor de bereiding van warm tapwater levert.

Het constant maandgemiddeld rendement van het thermisch zonne-energiesysteem wordt berekend als:

Eq. 112 als $\sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m} > 0$:

$$\eta_{as\ sh+wh,m} = \min\left\{\max\left(0\ ;\ 0{,}16 + 0{,}2\,\frac{Q_{demand,as,water,a}}{Q_{as,a}} + 0{,}015\sqrt{\frac{\sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m}}{Q_{as,m}}}\right)\ ;\ 0{,}8\right\}$$

als $\sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m} = 0$:

$$\eta_{as,sh+wh,m} = \min\left\{\max\left(0\ ;\ 0{,}16 + 0{,}2\,\frac{Q_{demand,as,water,a}}{Q_{as,a}}\right)\ ;\ 0{,}8\right\} \quad (-)$$

met:

$Q_{demand,as,water,a}$ de jaarlijkse warmtevraag voor de bereiding van warm tapwater van de installatie, in MJ (gelijk aan de som van de 12 maandelijkse bruto energiebehoeften voor de bereiding van warm tapwater, $Q_{demand,as,water,m}$, in MJ);

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, bepaald volgens § 9.2.1, in MJ;

$Q_{as,a}$ de jaarlijkse zonne-instraling op het thermisch zonne-energiesysteem, in MJ (gelijk aan de som van de zonne-instraling van elk van de 12 maanden, in MJ).

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i waaraan het zonne-energiesysteem warmte voor ruimteverwarming levert.

10.4.1.2 Detailberekening

Zijn het ontwerp van het thermisch zonne-energiesysteem en de karakteristieken van elk van de onderdelen gekend, dan mag men de maandelijkse nuttige energiebijdrage (zonnefractie) bepalen met een daartoe geschikt rekenprogramma dat vooraf door de minister erkend is. De hulpenergie (bv. voor een circulatiepomp) dient daarbij vermenigvuldigd te worden met de primaire energie omrekenfactor voor elektriciteit en in mindering gebracht te worden bij de bepaling van de maandelijkse nuttige energiebijdrage.

10.4.2 Warm tapwater

10.4.2.1 Eenvoudige methode

Bepaal de maandelijkse nuttige bijdrage (als aandeel van de totale warmtevraag van de installatie) van een thermisch zonne-energiesysteem dat enkel meehelpt voor de bereiding van warm tapwater als:

Eq. 113 $$f_{as,water,bath\ i,m} = f_{as,water,sink\ i,m} = \min\left(1\ ;\ \eta_{as,water,m} \times Q_{as,m} / Q_{demand,as,water,m}\right) \quad (-)$$

met:

$\eta_{as,water,m}$ het maandgemiddeld rendement van het thermisch zonne-energiesysteem;

$Q_{as,m}$ de maandelijkse zonne-instraling op het thermisch zonne-energiesysteem, rekening houdend met de beschaduwing, in MJ, bepaald volgens § 10.4.1.1;

$Q_{demand,as,water,m}$ de totale maandelijkse warmtevraag voor de bereiding van warm tapwater van de installatie, in MJ, bepaald volgens § 10.4.1.1.

Het maandgemiddeld rendement van het thermisch zonne-energiesysteem wordt berekend als:

Eq. 114 $$\eta_{as,water,m} = \min\left\{\max\left(0\ ;\ 0{,}16 + 0{,}20\ \frac{Q_{demand,as,water,a}}{Q_{as,a}}\right)\ ;\ 0{,}8\right\} \quad (-)$$

met:

$Q_{demand,as,water,a}$ de jaarlijkse warmtevraag voor de bereiding van warm tapwater waaraan het zonne-energiesysteem bijdraagt, in MJ (gelijk aan de som van de 12 maandelijkse bruto energiebehoeften voor de bereiding van warm tapwater, $Q_{demand,as,water,m}$, in MJ);

$Q_{as,a}$ de jaarlijkse zonne-instraling op het thermisch zonne-energiesysteem, in MJ (gelijk aan de som van de zonne-instraling van elk van de 12 maanden, in MJ).

10.4.2.2 Detailberekening

Zijn het ontwerp van het zonne-energiesysteem en de karakteristieken van elk van de onderdelen gekend, dan mag men de maandelijkse nuttige energiebijdrage (zonnefractie) ervan bepalen met een daartoe geschikt rekenprogramma dat vooraf door de minister erkend is. De hulpenergie (bv. voor een circulatiepomp) dient daarbij vermenigvuldigd te worden met de primaire energie omrekenfactor voor elektriciteit en in mindering gebracht te worden bij de bepaling van de maandelijkse nuttige energiebijdrage.

10.5 Equivalent maandelijks energieverbruik voor koeling

Indien er teveel overtollige warmtewinsten optreden, is het risico op oververhitting groot. Zelfs indien er bij de bouw geen actieve koeling geplaatst wordt, blijft de kans bestaan dat deze achteraf toch nog geïnstalleerd wordt. Daarom wordt er ook in die gevallen met een equivalent fictief koelverbruik rekening gehouden, zie § 8 .

Bepaal het equivalent maandelijks elektriciteitsverbruik voor koeling als:

Eq. 115 $$Q_{cool,final,sec\ i,m} = \frac{Q_{cool,net,sec\ i,m}}{8,1} \quad \text{(kWh)}$$

met:

$Q_{cool,net,sec\ i,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor koeling van energiesector i, berekend volgens § 8.4;

8,1 het product van het forfaitair systeemrendement (0,9), een forfaitaire EER van het koelsysteem (2,5) en de omrekenfactor van MJ naar kWh (3,6).

11 Maandelijks hulpenergieverbruik

11.1 Maandelijks energieverbruik voor de hulpfuncties

11.1.1 Elektrisch hulpenergieverbruik voor distributie

11.1.1.1 Principe

In dit hoofdstuk wordt het maandelijks elektrisch hulpenergieverbruik voor distributie bepaald. De omzetting naar primair energieverbruik gebeurt in § 13.5.

Er wordt geen hulpenergie ingerekend voor distributie bij koeling. Bij conventie wordt aangenomen dat dit reeds werd ingerekend bij de bepaling van het equivalent maandelijks energieverbruik voor koeling (zie § 10.5).

11.1.1.2 Rekenregel voor hulpenergieverbruik voor distributie

11.1.1.2.1 Algemene rekenregel

Bepaal het maandelijks hulpenergieverbruik voor distributie als:

Eq. 304 $$W_{aux,dis,\ m} = \sum_j P_{pumps,dis,\ instal,j} \cdot \frac{t_{on,dis,j,m}}{3,6} \quad \text{(kWh)}$$

waarin:

$W_{aux,dis,m}$	het maandelijks elektrisch hulpenergieverbruik voor distributie in de EPW-eenheid, in kWh;
$P_{pumps,dis,instal,j}$	de waarde voor het geïnstalleerd vermogen van pomp j ten dienste van de beschouwde EPW-eenheid, zoals bepaald in § 11.1.1.3, in W;
$t_{on,dis,j,m}$	de maandelijkse aantijd van pomp j voor distributie, zoals bepaald in § 11.1.1.4, in Ms.

Er dient gesommeerd te worden over alle circulatiepompen j die de EPW-eenheid bedienen.

11.1.1.2.2 Uitzonderingen

Circulatiepompen in reservestelling zijn redundant voor het systeem. Hun hulpenergieverbruik dient aldus niet in rekening te worden gebracht.

11.1.1.3 Bepaling van het geïnstalleerd vermogen $P_{pumps,dis,instal,j}$

$P_{pumps,dis,instal,j}$ is het geïnstalleerd vermogen van de circulatiepomp j, in W, en wordt bepaald als:

- voor natlopende circulatiepompen: het gemiddeld opgemeten elektrische vermogen op 100% van het debiet, genaamd $P_{L,100\%}$, uit Verordening (EU) n° 641/2009;
- voor drooglopende circulatiepompen waarbij de elektromotor afgesplitst is van de rotor: het maximaal elektrisch vermogen dat de elektromotor kan opnemen bij continu bedrijf bepaald volgens de norm NBN EN 60034-1 voor "duty type S1".

Bij gebrek aan de productwaarden kunnen de volgende waarden bij ontstentenis gebruikt worden, in functie van het soort distributie:

- in geval van warmtedistributie:

Eq. 305 $P_{pumps,dis,\ instal,j} = MAX(70;\ 0,084 \cdot \sum_i V_{sec\ i}\ )$ (W)

met:

$V_{sec\ i}$ het volume van energiesector i, in m^3.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i die circulatiepomp j bedient.

- in geval van sanitair warm waterdistributie (circulatieleiding):

Eq. 306 $$P_{pumps,dis,instal,j} = MAX\left(25;\ \frac{\Delta p_{pumps}}{\eta_{pumps}} . f_{insul,circ\ k} \cdot \frac{\sum_j \frac{l_{circ\ k,j} \cdot (60-\theta_{amb,January,j})}{R_{l,j}}}{\rho_W \cdot c_W \cdot \Delta\theta}\right)$$ (W)

- in geval van de combinatie van sanitair warm waterdistributie en warmtedistributie (combilus):

Eq. 307 $$P_{pumps,dis,instal,j} = MAX\left(70;\ \frac{\Delta p_{pumps}}{\eta_{pumps}} . f_{insul,circ\ k} \cdot \frac{\sum_j \frac{l_{circ\ k,j} \cdot (60-\theta_{amb,January,j})}{R_{l,j}}}{\rho_W \cdot c_W \cdot \Delta\theta}\right)$$ (W)

met:

Δp_{pumps}	de minimale opvoerhoogte, in Pa, als hieronder bepaald;
$f_{insul,circ\ k}$	correctiefactor om rekening te houden met de impact van koudebruggen op de warmteweerstand van de segmenten van circulatieleiding k, zoals bepaald in § 9.3.2, (-);
$l_{circ\ k,j}$	de lengte van segment j van circulatieleiding k, in m;
η_{pumps}	het rendement van de pomp. Dit wordt bij conventie gelijk genomen aan 0,2,(-);
$\theta_{amb,January,j}$	de maandgemiddelde omgevingstemperatuur van leidingsegment j voor de maand januari, in °C, zoals bepaald in § 9.3.2.2;
$R_{l,j}$	de lineaire warmteweerstand van leidingsegment j, in m.K/W, bepaald volgens § E.3;
ρ_W	de densiteit van water, in kg/m^3. Dit wordt bij conventie gelijk genomen aan 998 kg/m^3;
c_W	de specifieke warmtecapaciteit van water, in J/(kg.K). Dit wordt bij conventie gelijk genomen aan 4182 J/(kg.K);
$\Delta\theta$	het temperatuursverschil tussen vertrek en retour, in K. Dit wordt bij conventie gelijk genomen aan 5 K.

Er dient gesommeerd te worden over alle segmenten j van circulatieleiding k die bediend worden door circulatiepomp j.

De minimale opvoerhoogte wordt gegeven door:

Eq. 308 $\Delta p_{pumps} = \sum_l l_{circ\ k,l} \cdot 300$ (Pa)

met:

$l_{circ\ k,l}$ de lengte van segment l van circulatieleiding k, in m.

Er dient gesommeerd te worden over alle segmenten l van circulatieleiding k die bediend worden door circulatiepomp j.

Indien een pomp meerdere EPW- en/of EPN-eenheden bedient, dan dient het vermogen van de pomp ($P_{pumps,dis,instal,j}$) proportioneel verdeeld te worden over deze EPW- en/of EPN-eenheden op basis van de totale bruto energiebehoefte van de respectievelijke eenheden. In geval van warmtedistributie dient de bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming te worden gebruikt. In het geval van sanitair warm waterdistributie (circulatieleiding) of voor een combilus dient de bruto energiebehoefte voor warm tapwater te worden gebruikt.

11.1.1.4 Bepaling van de aantijd $t_{on,dis,j,m}$

De maandelijkse aantijd van circulatiepomp j, $t_{on,dis,j,m}$, in Ms, wordt bepaald in functie van het soort distributie, als volgt.

- Voor pompen voor sanitair warm waterdistributie (circulatieleiding) geldt:

Eq. 309 $t_{on,dis,j,m} = t_m$ (Ms)

- Voor pompen voor warmtedistributie geldt:

Eq. 310 $t_{on,dis,j,m} = \max(t_{on,dis,heat,j,m,sec\,i})$ (Ms)

met:

t_m	de duur van de betreffende maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.
$t_{on,dis,heat,j,m,sec\,i}$	de maandelijkse aantijd van circulatiepomp j voor warmtedistributie in energiesector i, zoals hieronder bepaald, in Ms.

Het maximum moet bepaald worden over alle energiesectoren i die door circulatiepomp j worden bediend.

Bepaal de maandelijkse aantijd van circulatiepomp j voor warmtedistributie in energiesector i, $t_{on,dis,heat,j,m,sec\,i}$, als volgt:

- voor een natlopende circulatiepomp met pompregeling (uitgezonderd aan/uit regeling) waarvan de EEI gekend is:

Eq. 311 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\,i} = MIN\left(t_{heat,sec\,i,\,m} \cdot \left(0,6+0,625 \cdot \frac{EEI}{0,23}\right);\ t_m \cdot \frac{1}{2}\right)$ (Ms)

- voor een drooglopende circulatiepomp met pompregeling (uitgezonderd aan/uit regeling):

Eq. 312 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\,i} = MIN\left(t_{heat,sec\,i,\,m};\ t_m \cdot \frac{1}{2}\right)$ (Ms)

- voor een pomp met aan/uit regeling of een natlopende circulatiepomp met pompregeling (uitgezonderd aan/uit regeling) waarvan de EEI niet gekend is:

Eq. 313 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\,i} = t_m \cdot \frac{1}{2}$ (Ms)

- in alle andere gevallen of regeling onbekend:

Eq. 314 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\,i} = t_m$ (Ms)

met:

$t_{heat,sec\,i,m}$ de conventionele maandelijkse werkingstijd van het systeem van warmteafgifte van energiesector i, in Ms, bepaald volgens § D.1;

EEI de energie-efficiëntie-index, uit Verordening (EU) n° 641/2009, (-);

t_m de duur van de betreffende maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.

Met betrekking tot de aantijd van de circulatiepompen is een combilus een leiding voor sanitair warm waterdistributie.

11.1.2 Elektrisch hulpenergieverbruik voor opwekking

11.1.2.1 Principe

In dit hoofdstuk wordt het maandelijks elektrische hulpenergieverbruik van de hulpfuncties voor opwekking bepaald. De omzetting naar primair energieverbruik gebeurt in § 13.5.

Er wordt geen hulpenergie ingerekend voor opwekking bij koeling. Deze is reeds inbegrepen in het forfaitaire opwekkingsrendement.

11.1.2.2 Rekenregel voor elektrisch hulpenergieverbruik voor warmteopwekking

11.1.2.2.1 Algemene rekenregel

Bepaal het maandelijks elektrisch hulpenergieverbruik voor opwekking in de EPW-eenheid, $W_{aux,gen,m}$, als:

Eq. 315 $W_{aux,gen,m}=W_{throttle/fans,gen\,,m}+W_{electr,gen,\,m}$ (kWh)

waarin:

$W_{throttle/fans,gen,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van de gaskleppen en/of ventilatoren van de opwekkingstoestellen van de beschouwde EPW-eenheid, zoals bepaald in § 11.1.2.3, in kWh;

$W_{electr,gen,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik voor elektronica en ontstekers van de opwekkingstoestellen van de beschouwde EPW-eenheid, zoals hieronder bepaald, in kWh.

$W_{electr,gen,m}$ wordt bepaald als:

Eq. 316 $W_{electr,gen,\,m}=\sum_j P_{electr,gen,\,j}\cdot\frac{t_m}{3,6}$ (kWh)

waarin:

$P_{electr,gen,j}$ het "stand-by" verliesvermogen door de elektronica voor de opwekking, in W. Per opwekkingstoestel j wordt het "stand-by" verliesvermogen gelijk genomen aan 10 W;

t_m de duur van de betreffende maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.

Er dient telkens gesommeerd te worden over alle opwekkingstoestellen j die de EPW-eenheid bedienen.

Indien een opwekkingstoestel meerdere EPW- en/of EPN-eenheden bedient dan dient het "stand-by" verliesvermogen proportioneel verdeeld te worden over deze EPW- en/of EPN-eenheden op basis van de totale bruto energiebehoefte van de respectievelijke eenheden. Als het opwekkingstoestel enkel voor ruimteverwarming zorgt, dient de bruto energiebehoefte voor verwarming te worden gebruikt. Als het opwekkingstoestel enkel voor sanitair warm waterproductie zorgt, dient de bruto energiebehoefte voor sanitair warm water te worden gebruikt. Zorgt het opwekkingstoestel voor beiden, dan dient de som van de bruto energiebehoeften voor verwarming en warm tapwater te worden gebruikt.

11.1.2.2.2 Uitzonderingen

Voor installaties voor sanitair warm water waarbij het rendement voor opwekking en opslag wordt berekend volgens § 10.3.3.4.1 is het elektrisch hulpenergieverbruik voor opwekking reeds in rekening gebracht waardoor bij gevolg deze toestellen niet hoeven meegeteld te worden in Eq. 315.

Het eventuele hulpenergieverbruik van plaatselijke verwarmingstoestellen is reeds in het opwekkingsrendement in beschouwing genomen en wordt dan ook niet meer opnieuw ingerekend.

11.1.2.3 Bepaling van het maandelijks elektriciteitsverbruik van gaskleppen en/of ventilatoren $W_{throttle/fans,gen,m}$

11.1.2.3.1 Algemene rekenregel

$W_{throttle/fans,gen,m}$ wordt bepaald als:

Eq. 317 $$W_{throttle/fans,\ gen,\ m} = \sum_j P_{throttle/fans,gen,spec} \cdot P_{throttle/fans,gen,j} \cdot \frac{t_{on,gen,j,m}}{3,6} \quad \text{(kWh)}$$

waarin:

$P_{throttle/fans,gen,spec}$	het specifieke vermogen voor opwekking voor de opwekkers in het bezit van een ventilator en/of gasklep, wordt gelijk genomen aan 1 W/kW;
$P_{throttle/fans,gen,j}$	het nominale vermogen van opwekkingstoestel j, in kW;
$t_{on,gen,j,m}$	de maandelijkse aantijd van de gasklep en/of ventilator ten dienste van opwekkingstoestel j, zoals bepaald in § 11.1.2.3.2, in Ms.

Er dient telkens gesommeerd te worden over alle opwekkingstoestellen j die de EPW-eenheid bedienen en die gebruik maken van een gasklep en/of ventilator.

Indien een opwekkingstoestel meerdere EPW- en/of EPN-eenheden bedient dan dient in formule Eq. 317 het nominale vermogen van het opwekkingstoestel proportioneel verdeeld te worden over deze EPW- en/of EPN-eenheden op basis van de totale bruto energiebehoefte van de respectievelijke eenheden. Als het opwekkingstoestel enkel voor ruimteverwarming zorgt, dient de bruto energiebehoefte voor verwarming te worden gebruikt. Als het opwekkingstoestel enkel voor sanitair warm waterproductie zorgt, dient de bruto energiebehoefte voor sanitair warm water te worden gebruikt. Zorgt het opwekkingstoestel voor beiden, dan dient de som van de bruto energiebehoeften voor verwarming en voor warm tapwater te worden gebruikt.

11.1.2.3.2 Bepaling van de aantijd $t_{on,gen,j,m}$

$t_{on,gen,j,m}$ wordt bepaald als:

Eq. 318 $$t_{on,gen,j,m}=MIN\left(t_m;\frac{\left(\begin{array}{c}\sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m}+\sum_k Q_{water,bath\ k,gross,m}+\sum_k Q_{water,sink\ k,gross,m}\\+\sum_k Q_{water,other\ k,gross,m}+\sum_l Q_{hum,net,l}+\sum_o\sum_n\frac{Q_{cool,gross,sec\ n,m}}{EER_{nom,o}}\end{array}\right)}{P_{throttle/fans,gen,j}\cdot 1000}\right)$$ (Ms)

waarin:

t_m	de duur van de betreffende maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms;
$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, bepaald volgens § 9.2.1 van deze bijlage voor EPW-eenheden en volgens § 6.2 van bijlage A.2 bij dit besluit voor EPN-eenheden, in MJ, voor zover zij door opwekkingstoestel j wordt geleverd in overeenstemming met § 10.2.2 van deze bijlage (voor EPW-eenheden) of § 7.2.1 van bijlage A.2 bij dit besluit (voor EPN-eenheden);
$Q_{water,bath\ k,gross,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor het warm tapwater voor douche of bad k, bepaald volgens § 9.3.1 van deze bijlage voor EPW-eenheden en volgens § 6.5 van bijlage A.2 bij dit besluit voor EPN-eenheden, in MJ, voor zover zij door opwekkingstoestel j wordt geleverd in overeenstemming met § 10.3.2 van deze bijlage (voor EPW-eenheden) of § 7.6 van bijlage A.2 bij dit besluit (voor EPN-eenheden);
$Q_{water,sink\ k,gross,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor het warm tapwater voor keukenaanrecht k, bepaald volgens § 9.3.1 van deze bijlage voor EPW-eenheden en volgens § 6.5 van bijlage A.2 bij dit besluit voor EPN-eenheden, in MJ, voor zover zij door opwekkingstoestel j wordt geleverd in overeenstemming met § 10.3.2 van deze bijlage (voor EPW-eenheden) of § 7.6 van bijlage A.2 bij dit besluit (voor EPN-eenheden);
$Q_{water,other\ k,gross,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor het warm tapwater voor ander tappunt k voor warm water, bepaald volgens § 6.5 van bijlage A.2 bij dit besluit, in MJ, voor zover zij door opwekkingstoestel j wordt geleverd in overeenstemming met § 7.6 van bijlage A.2 bij dit besluit;
$Q_{hum,net,l,m}$	de maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging van bevochtigingstoestel l, bepaald volgens § 5.10 van bijlage A.2 bij dit besluit, in MJ, voor zover zij door opwekkingstoestel j wordt geleverd in overeenstemming § 7.2.1 van bijlage A.2 bij dit besluit;
$Q_{cool,gross,sec\ n,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van de energiesector n die door de thermisch aangedreven koelmachine bediend wordt, bepaald volgens § 6.2 van bijlage A.2 bij dit besluit, in MJ, voor zover zij door thermisch aangedreven koelmachine o wordt geleverd in overeenstemming § 7.2.2 van bijlage A.2 bij dit besluit en voor zover de warmte aan thermisch aangedreven koelmachine o door opwekkingstoestel j wordt geleverd in overeenstemming § 7.2.1 van bijlage A.2 bij dit besluit;
$EER_{nom,o}$	de prestatiecoëfficiënt (Energy Efficiency Ratio) van thermisch aangedreven koelmachine o, bepaald zoals vastgelegd in § 7.5.2 van bijlage A.2 bij dit besluit, (-);
$P_{throttle/fans,gen,j}$	het nominale vermogen van opwekkingstoestel j, in kW.

Er moet gesommeerd worden over:

- alle energiesectoren i (in de betreffende EPW-eenheid of in andere EPW- of EPN-eenheden) die door opwekkingstoestel j worden bediend;
- alle douches of baden k (in de betreffende EPW-eenheid of in andere EPW- of EPN-eenheden) die door opwekkingstoestel j worden bediend;
- alle keukenaanrechten k (in de betreffende EPW-eenheid of in andere EPW- of EPN-eenheden) die door opwekkingstoestel j worden bediend;
- alle andere tappunten k (in EPN-eenheden) die door opwekkingstoestel j worden bediend;
- alle bevochtigingstoestellen l (in andere EPN-eenheden) die door opwekkingstoestel j worden bediend;
- alle energiesectoren n (in andere EPN-eenheden) die door thermisch aangedreven koelmachine o worden bediend en over alle thermisch aangedreven koelmachines o die door opwekkingstoestel j worden bediend.

11.2 Maandelijks elektriciteitsverbruik van ventilatoren

11.2.1 Principe

Bij de berekening van het maandelijks elektriciteitsverbruik van de ventilatoren wordt rekening gehouden met ventilatoren in mechanische systemen voor hygiënische ventilatie en/of in luchtverwarmingssystemen, met uitzondering van afvoerventilatoren in een systeem A of B die conform zijn aan de opmerking "3)" van § 4.3.1.3 van de norm NBN D50-001.

Volgende ventilatoren worden bijgevolg niet ingerekend: bijkomende ventilatoren voor andere toepassingen (bijvoorbeeld een dampkap) en ventilatoren voor ventilatie die enkel ruimten zonder hygiënische ventilatie-eisen bedienen.

Voor de berekening van het ventilatorverbruik wordt de keuze gelaten tussen een vereenvoudigde berekening (methode 1 - zie § 11.2.2) en een gedetailleerde berekening (methode 2 en methode 3 - zie § 11.2.3). De keuze voor methode 1, 2 of 3 wordt gemaakt voor de volledige EPW-eenheid.

Met "ventilatiemodus" wordt in de volgende hoofdstukken bedoeld dat de ventilator enkel functioneert voor hygiënische ventilatie en dus voor het toevoeren van buitenlucht (desgevallend gerecirculeerde lucht naar de woonkamer) of voor het afvoeren van lucht naar buiten. Met "verwarmingsmodus" wordt bedoeld dat de ventilator functioneert met als doel opgewarmde ((deels) gerecirculeerde) lucht naar de bediende ruimten te transporteren, al dan niet in combinatie met hygiënische ventilatie.

11.2.2 Maandelijks elektriciteitsverbruik van ventilatoren vereenvoudigde berekening (- methode 1)

Als gekozen wordt voor de vereenvoudigde berekening, bedraagt het totaal maandelijks elektriciteitsverbruik van ventilatoren in de EPW-eenheid:

Eq. 261 $$W_{aux,fans,m} = \sum_{z} W_{aux,fans,zonez,m} \quad \text{(kWh)}$$

met:

$W_{aux,fans,zone\ z,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van ventilatoren in ventilatiezone z, in kWh, zoals hieronder bepaald.

Er moet gesommeerd worden over alle ventilatiezones in de EPW-eenheid.

Het maandelijks elektriciteitsverbruik van ventilatoren wordt bepaald per ventilatiezone en als volgt:

Eq. 262 $$W_{aux,fans,zonez,m} = t_m \cdot \left(f_{vent,zonez,m} \cdot \Phi_{fans,vent,zonez} + f_{heat,zonez,m} \cdot \Phi_{fans,heat,zonez}\right) / 3,6 \quad \text{(kWh)}$$

met:

t_m de lengte van de betreffende maand, in Ms, zie Tabel [1];

$f_{vent,zone\ z,m}$ de conventionele maandelijkse fractie van de tijd dat de ventilatoren in ventilatiezone z in ventilatiemodus functioneren, bepaald volgens § 11.2.2.3, (-);

$\Phi_{fans,vent,zone\ z}$ de rekenwaarde bij ontstentenis voor het elektrisch vermogen van alle ventilatoren samen in ventilatiezone z in ventilatiemodus, bepaald volgens § 11.2.2.1, in W;

$f_{heat,zone\ z,m}$ de conventionele maandelijkse fractie van de tijd dat de ventilatoren in ventilatiezone z in verwarmingsmodus functioneren, bepaald volgens § 11.2.2.3, (-);

$\Phi_{fans,heat,zone\ z}$ de rekenwaarde bij ontstentenis voor het elektrisch vermogen van alle ventilatoren samen in ventilatiezone z in verwarmingsmodus, bepaald volgens § 11.2.2.2, in W.

11.2.2.1 Rekenwaarde bij ontstentenis voor het elektrisch vermogen in ventilatiemodus

Neem als rekenwaarde voor het elektrisch vermogen van alle ventilatoren samen in ventilatiezone z in ventilatiemodus, de waarden van Tabel [16].

Tabel [16]: Rekenwaarden bij ontstentenis voor het elektrisch vermogen in ventilatiemodus ($V_{sec\ i}$: volume van de energiesector i)

Installatie	Type ventilator	Vermogen $\Phi_{fans,vent,zone\ z}$ (W)
Natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer	n.v.t.	0
Mechanische toevoer of mechanische afvoer	wisselstroomventilatoren	0,125 $\Sigma V_{sec\ i}$
	gelijkstroomventilatoren	0,085 $\Sigma V_{sec\ i}$
Mechanische toevoer en mechanische afvoer	wisselstroomventilatoren	0,235 $\Sigma V_{sec\ i}$
	gelijkstroomventilatoren	0,150 $\Sigma V_{sec\ i}$
Mechanische afvoer met gebruik van de afvoerlucht als warmtebron voor een warmtepomp	wisselstroomventilatoren	0,145 $\Sigma V_{sec\ i}$
	gelijkstroomventilatoren	0,100 $\Sigma V_{sec\ i}$
Mechanische toevoer en mechanische afvoer met gebruik van de afvoerlucht als warmtebron voor een warmtepomp	wisselstroomventilatoren	0,270 $\Sigma V_{sec\ i}$
	gelijkstroomventilatoren	0,185 $\Sigma V_{sec\ i}$

Bij het toepassen van Tabel [16] rekent men met de waarde voor "gelijkstroomventilatoren" indien alle ventilatoren in de ventilatiezone z met een elektronisch gecommuteerde motor (EC motor) worden aangedreven. In alle andere gevallen rekent men met de waarde voor "wisselstroomventilatoren".

Er dient telkens gesommeerd te worden over het volume van alle energiesectoren i van de beschouwde ventilatiezone.

11.2.2.2 Rekenwaarde bij ontstentenis voor het elektrisch vermogen in verwarmingsmodus

Neem als rekenwaarde voor het elektrisch vermogen van alle ventilatoren samen in ventilatiezone z in verwarmingsmodus, de waarden van Tabel [17].

Tabel [17]: Rekenwaarden bij ontstentenis voor het elektrisch vermogen in verwarmingsmodus ($V_{sec\ i}$: volume van de energiesector i)

Installatie	Soort ventilatorregeling	Vermogen $\Phi_{fans,heat,zone\ z}$ (W)
Geen luchtverwarming	n.v.t	0
Luchtverwarming	Geen of niet-automatische regeling	0,780 . $\Sigma V_{sec\ i}$
	Automatische regeling	0,525 . $\Sigma V_{sec\ i}$

Er dient telkens gesommeerd te worden over het volume van alle energiesectoren i van de beschouwde ventilatiezone.

11.2.2.3 Bepaling van de conventionele maandelijkse tijdsfracties dat de ventilatoren in ventilatiemodus of verwarmingsmodus functioneren

De conventionele maandelijkse fractie van de tijd dat de ventilatoren in ventilatiezone z in ventilatie-, respectievelijk verwarmingsmodus draaien wordt gegeven door:

- indien er in ventilatiezone z enkel ventilatoren opgesteld staan die enkel voor luchtverwarming dienen en niet instaan voor hygiënische ventilatie, dan geldt voor alle maanden:
  - $f_{vent,zone\ z,m} = 0$
  - $f_{heat,zone\ z,m}$ zoals bepaald met **Eq. 264**
- indien er in ventilatiezone z enkel ventilatoren opgesteld staan die enkel voor hygiënische ventilatie dienen en niet instaan voor luchtverwarming, dan geldt voor alle maanden:
  - $f_{vent,zone\ z,m} = 1$
  - $f_{heat,zone\ z,m} = 0$
- indien er in ventilatiezone z zowel ventilatoren opgesteld staan die voor hygiënische ventilatie dienen als ventilatoren die instaan voor luchtverwarming (of als er ventilatoren opgesteld staan die voor beide functies instaan), dan geldt voor elke maand m:

Eq. 263 $f_{vent,zone\ z,m} = 1 - f_{heat,zone\ z,m}$ (-)

Eq. 264 $$f_{heat,zone\ z,m} = \min\left[1; \sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m} \Big/ \left(1000 \cdot P_{nom,zonez} \cdot t_m\right)\right]$$ (-)

met:

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, bepaald volgens § 9.2.1, in MJ;

$P_{nom,zone\ z}$ de som van de nominale vermogens van de warme lucht opwekkingseenheden die de ventilatiezone z bedienen, in kW;

t_m de lengte van de betreffende maand, in Ms, zie Tabel [1].

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i in ventilatiezone z.

11.2.3 Maandelijks elektriciteitsverbruik van ventilatoren - gedetailleerde berekening

Als gekozen wordt voor de gedetailleerde berekening, bedraagt het totaal maandelijks elektriciteitsverbruik van ventilatoren in de EPW-eenheid:

Eq. 265 $$W_{aux,fans,m} = \sum_j W_{aux,fans,m,j}$$ (kWh)

met:

$W_{aux,fans,m,j}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van ventilator(groep) j, in kWh, zoals hieronder bepaald.

Er dient gesommeerd te worden over alle ventilator(groep)en j die bijdragen tot de hygiënische ventilatie van de EPW-eenheid (toevoer en/of afvoer en/of recirculatie) en alle ventilatoren die voor luchtverwarming dienen (al dan niet in combinatie met hygiënische ventilatie).

Bepaal het maandelijks elektriciteitsverbruik van ventilator(groep) j als:

Eq. 266 $$W_{aux,fans,m,j} = t_m \cdot \left(f_{vent,m,j} \cdot \Phi_{fans,vent,j} + f_{heat,m,j} \cdot \Phi_{fans,heat,j}\right) / 3,6$$ (kWh)

met:

t_m de lengte van de betreffende maand, in Ms, zie Tabel [1];

$f_{vent,m,j}$ de conventionele maandelijkse fractie van de tijd dat de ventilator(groep) j in ventilatiemodus functioneert, bepaald volgens § 11.2.3.3, (-);

$\Phi_{fans,vent,j}$ de rekenwaarde voor het elektrisch vermogen van ventilator(groep) j in ventilatiemodus, bepaald volgens § 0, in W;

$f_{heat,m,j}$ de conventionele maandelijkse fractie van de tijd dat de ventilator(groep) j in verwarmingsmodus functioneert, bepaald volgens § 11.2.3.3, (-);

$\Phi_{fans,heat,j}$ de rekenwaarde voor het elektrisch vermogen van ventilator(groep) j in verwarmingsmodus, bepaald volgens § 11.2.3.2, in W.

11.2.3.1 Rekenwaarde voor het elektrisch vermogen in ventilatiemodus - gedetailleerde berekening

De rekenwaarde voor het elektrisch vermogen in ventilatiemodus wordt naar keuze volgens één van de volgende twee opties bepaald:

- Optie "methode 2": bepaling van de rekenwaarde bij een representatief werkingspunt op basis van het geïnstalleerde elektrisch vermogen (§ 11.2.3.1.1);
- Optie "methode 3": bepaling van de rekenwaarde bij een representatief werkingspunt op basis van het gemeten elektrisch vermogen bij de nominale stand (§ 11.2.3.1.2).

Indien een ventilator(groep) meerdere EPB-eenheden (EPW of EPN) bedient (bijvoorbeeld in het geval van een centraal systeem voor meerdere appartementen), wordt de rekenwaarde voor het elektrisch vermogen bepaald door vermenigvuldiging van:

- de totale rekenwaarde zoals hierboven bepaald;
- de verhouding van het maximum van de geëiste debieten van de beschouwde EPW-eenheid en de som van de maxima van de geëiste debieten van alle ventilatiezones die door de ventilator worden bediend[16].

Indien een ventilator(groep) ook de toevoer en/of afvoer in ruimten zonder hygiënische ventilatie-eis verzekert, mag er geen enkele (bijkomende) vermindering in rekening worden gebracht voor deze ruimten.

11.2.3.1.1 Optie "methode 2": bepaling van de rekenwaarde op basis van het geïnstalleerde elektrisch vermogen

De rekenwaarde wordt tegelijk bepaald voor alle ventilator(groep)en die samen een ventilatiezone bedienen.

Indien een ventilator(groep) meerdere ventilatiezones en/of EPB-eenheden (EPW of EPN) bedient, wordt de rekenwaarde tegelijkertijd bepaald voor alle ventilatoren die de betreffende ventilatiezones en/of EPB-eenheden bedienen.

De methode bestaat uit twee stappen:

Stap 1: bepaling van de debietsverhouding tussen het representatieve werkingspunt en de nominale stand

Bepaal de debietsverhouding $\beta_{\dot{V}}$ zoals beschreven in § 11.2.3.1.3.

Stap 2: bepaling van het elektrisch vermogen bij het representatief werkingspunt

Bepaal het elektrisch vermogen in ventilatiemodus van elke ventilator(groep) j bij het representatief werkingspunt als volgt:

Eq. 267 $$\Phi_{fans,vent,j} = f_{ctrl,j} \cdot P_{fans,max,j} \quad (W)$$

[16] Indien de ventilator ook niet-residentiële bestemmingen bedient, dient het ontwerpdebiet beschouwd te worden i.p.v. het maximum van de geëiste debieten.

met:

$f_{ctrl,j}$ een reductiefactor die rekening houdt met het type debietsregeling van ventilator(groep) j, met inbegrip van vraagsturing, bepaald volgens § 11.2.3.1.4, (-);

$P_{fans,max,j}$ het maximale elektrisch vermogen van de elektromotor of van de elektromotor-ventilator combinatie van de ventilator(groep) j, in W.

Voor de definitie van het maximale elektrisch vermogen wordt verwezen naar § 2.

11.2.3.1.2 Optie "methode 3": bepaling van de rekenwaarde op basis van het gemeten elektrisch vermogen bij de nominale stand

De rekenwaarde wordt tegelijk bepaald voor alle ventilator(groep)en die samen een ventilatiezone bedienen.

Indien een ventilator(groep) meerdere ventilatiezones of EPB-eenheden (EPW of EPN) bedient, wordt de rekenwaarde tegelijkertijd bepaald voor alle ventilatoren die de betreffende ventilatiezones of EPB-eenheden bedienen.

De methode bestaat uit drie stappen, met eventuele bijhorende voorwaarden:

Stap 1: instellen nominale stand en meten van de debieten en het opgenomen elektrisch vermogen

Alle ventilatoren worden ingesteld op de nominale stand. In alle ruimten die door de ventilatoren worden bediend, wordt vervolgens het mechanisch toegevoerde buitenluchtdebiet $\dot{V}_{mech.supply,rm\ r}$ (voor woonkamers desgevallend inclusief het recirculatiedebiet) en/of het mechanisch afgevoerde debiet naar buiten $\dot{V}_{mech.extr,rmr}$ gemeten. Voor elke ventilator(groep) wordt vervolgens het opgenomen elektrisch vermogen $P_{fans,nom,j}$ in situ gemeten, volgens vooraf door de minister bepaalde regels.

Voor elke ruimte r waarin door de ventilator(groep)(en) een mechanisch debiet wordt toegevoerd, moet gelden:

Eq. 268 $\dot{V}_{mech.supply,rm\ r} \geq \dot{V}_{req,supply,rm\ r}$ (m³/h)

Voor elke ruimte r waaruit door de ventilator(groep)(en) een mechanisch debiet wordt afgevoerd, moet gelden:

Eq. 269 $\dot{V}_{mech.extr,rm\ r} \geq \dot{V}_{req,extr,rm\ r}$ (m³/h)

met:

$\dot{V}_{req,supply,rm\ r}$ het geëiste buitenluchttoevoerdebiet in ruimte r, in m³/h;

$\dot{V}_{req,extr,rmr}$ het geëiste afvoerdebiet naar buiten van ruimte r, in m³/h;

$\dot{V}_{mech.supply,rm\ r}$ het mechanische buitenluchttoevoerdebiet in ruimte r, zoals gemeten in stap 1 van § 11.2.3.1.2, voor woonkamers desgevallend inclusief het recirculatiedebiet, in m³/h;

$\dot{V}_{mech.extr,rmr}$ het mechanische afvoerdebiet naar buiten van ruimte r, zoals gemeten in stap 1 van § 11.2.3.1.2, in m³/h.

Indien aan deze voorwaarden niet is voldaan, moet gekozen worden voor optie "methode 2" of voor methode 1 (vereenvoudigde berekening).

Stap 2: bepaling van de debietsverhouding tussen het representatieve werkingspunt en de nominale stand

Bepaal de debietsverhouding $\beta_{\dot{V}}$ zoals beschreven in § 11.2.3.1.3.

De debietsverhouding $\beta_{\dot{V}}$ moet kleiner dan of gelijk aan 1 zijn. Indien niet aan deze voorwaarde wordt voldaan, moet gekozen worden voor optie "methode 2" of voor methode 1 (vereenvoudigde berekening).

Stap 3: bepaling van het elektrisch vermogen bij het representatief werkingspunt

Bepaal het elektrisch vermogen in ventilatiemodus van elke ventilator(groep) j bij het representatief werkingspunt als volgt:

Eq. 270 $$\Phi_{fans,vent,j} = f_{ctrl,j} \cdot P_{fans,nom,j} \quad (W)$$

met:

$f_{ctrl,j}$ een reductiefactor die rekening houdt met het type debietsregeling van ventilator(groep) j, met inbegrip van vraagsturing, bepaald volgens § 11.2.3.1.4, (-);

$P_{fans,nom,j}$ het opgenomen elektrisch vermogen van de ventilator(groep) j gemeten in nominale stand, zoals bepaald in stap 1, in W.

11.2.3.1.3 Bepaling van de debietsverhouding tussen het representatieve werkingspunt en de nominale stand

Bepaal de debietsverhouding $\beta_{\dot{V}}$ als volgt:

- Als gekozen wordt voor de optie "methode 2":
  - In geval van ventilatiesysteem B:

Eq. 271 $$\beta_{\dot{V}} = \min\left(1;0,65 \cdot \frac{\sum_{z} \dot{V}_{req,zonez}}{\sum_{r} \dot{V}_{req,supply,rmr}}\right) \quad (-)$$

  - In geval van ventilatiesysteem C:

Eq. 272 $$\beta_{\dot{V}} = \min\left(1;0,65 \cdot \frac{\sum_{z} \dot{V}_{req,zonez}}{\sum_{r} \dot{V}_{req,extr,rmr}}\right) \quad (-)$$

  - In geval van ventilatiesysteem D:

Eq. 273 $$\beta_{\dot{V}} = \min\left(1;0,65 \cdot \frac{\sum_{z} \dot{V}_{req,zonez}}{\min\left(\sum_{r} \dot{V}_{req,supply,rmr};\sum_{r} \dot{V}_{req,extr,rmr}\right)}\right) \quad (-)$$

- Als gekozen wordt voor de optie "methode 3":
  - In geval van ventilatiesysteem B:

Eq. 274 $$\beta_{\dot{V}} = \max\left[0,65;0,65\cdot\frac{\sum_{z}\dot{V}_{req,zonez}}{\sum_{r}\dot{V}_{mech.supply,rmr}}\right] \quad (-)$$

  - In geval van ventilatiesysteem C:

Eq. 275 $$\beta_{\dot{V}} = \max\left[0,65;0,65\cdot\frac{\sum_{z}\dot{V}_{req,zonez}}{\sum_{r}\dot{V}_{mech.extr,rmr}}\right] \quad (-)$$

  - In geval van ventilatiesysteem D:

Eq. 276 $$\beta_{\dot{V}} = \max\left[0,65;0,65\cdot\frac{\sum_{z}\dot{V}_{req,zonez}}{\min\left(\sum_{r}\dot{V}_{mech.supply,rmr};\sum_{r}\dot{V}_{mech.extr,rmr}\right)}\right] \quad (-)$$

met:

$\dot{V}_{req,zonez}$ het maximum van de geëiste debieten van ventilatiezone z, zoals hieronder bepaald in m³/h;

$\dot{V}_{req,supply,rm\ r}$ het geëiste buitenluchttoevoerdebiet in ruimte r, in m³/h;

$\dot{V}_{req,extr,rmr}$ het geëiste afvoerdebiet naar buiten van ruimte r, in m³/h;

$\dot{V}_{mech.supply,rm\ r}$ het mechanische buitenluchttoevoerdebiet in ruimte r, zoals gemeten in stap 1 van § 11.2.3.1.2, voor woonkamers desgevallend inclusief het recirculatiedebiet in m³/h;

$\dot{V}_{mech.extr,rmr}$ het mechanische afvoerdebiet naar buiten van ruimte r, zoals gemeten in stap 1 van § 11.2.3.1.2, in m³/h.

Er moet gesommeerd worden over alle ruimten r en alle ventilatiezones z en/of EPB-eenheden (EPW of EPN) die door de ventilator(groep) worden bediend.

Bepaal het maximum van de geëiste debieten van ventilatiezone z als volgt:

Eq. 277 $$\dot{V}_{req,zonez} = \max\left(\sum_{r}\dot{V}_{req,supply,rmr};\sum_{r}\dot{V}_{req,extr,rmr}\right) \quad (m^3/h)$$

met:

$\dot{V}_{req,supply,rm\ r}$ het geëiste buitenluchttoevoerdebiet in ruimte r, in m³/h;

$\dot{V}_{req,extr,rmr}$ het geëiste afvoerdebiet naar buiten van ruimte r, in m³/h.

Er moet gesommeerd worden over alle ruimten in de ventilatiezone z.

11.2.3.1.4 Reductiefactor voor het type debietsregeling (en vraagsturing)

De factor $f_{ctrl,j}$ die rekening houdt met het type debietsregeling van ventilator(groep) j, met inbegrip van vraagsturing, wordt bepaald in functie van de regelstrategie van het ventilatiesysteem en het type toerentalregeling van de ventilator, zoals gespecificeerd in Tabel [33].

Als de reductiefactor $f_{ctrl,j}$ wordt bepaald voor een ventilatorgroep j die meerdere ventilatoren bevat, is het mogelijk dat de regelstrategie van het ventilatiesysteem en/of het type toerentalregeling van de ventilator verschillend zijn voor de verschillende ventilatoren. In dat geval is de reductiefactor $f_{ctrl,j}$ van de ventilatorgroep j de hoogste van de verschillende reductiefactoren $f_{ctrl,j}$, afzonderlijk bepaald voor elk van de ventilatoren van deze ventilatorgroep.

Tabel [33]: Berekeningsformules voor $f_{ctrl,j}$ voor verschillende configuraties

Regelstrategie van het ventilatiesysteem / Type toerentalregeling van de ventilator	Toerental-regeling en variabele druk	Toerental-regeling en constante druk	Smoring en andere types
EC-motor met commutatieregeling Of Asynchrone wisselstroommotor met frequentiesturing	$0.2+0.8\cdot(f_{reduc}\cdot\beta_{\dot{V}})^3$	$0.4+0.6\cdot(f_{reduc}\cdot\beta_{\dot{V}})^2$	1
Wisselstroommotor met spanningssturing (via transformator of halfgeleidercomponenten)	$0.4+0.6\cdot(f_{reduc}\cdot\beta_{\dot{V}})^3$	$0.4+0.6\cdot(f_{reduc}\cdot\beta_{\dot{V}})^2$	1
Andere types regeling van de motor of de ventilator	1	1	1

met:

Eq. 278 $f_{reduc} = f_{reduc,vent,heat,zonez}$ (-)

en met:

$\beta_{\dot{V}}$ de debietsverhouding tussen het representatieve werkingspunt en de nominale stand, zoals bepaald in § 11.2.3.1.3, (-);

f_{reduc} een reductiefactor voor ventilatie in energiesector i voor het maandelijks elektriciteitsverbruik van de ventilatoren, (-);

$f_{reduc,vent,heat,zonez}$ een reductiefactor voor ventilatie in energiesector i voor de verwarmingsberekeningen, zoals bepaald in § 7.8.6, (-);

Om te behoren tot de regelstrategie "Toerentalregeling en variabele druk" moet worden voldaan aan volgende voorwaarden.

- Indien het enkel een toerentalregeling betreft:
  - De ventilator j mag slechts één EPW-eenheid bedienen;
  - Het toevoer- of afvoerkanaalnetwerk waartoe de ventilator j behoort mag enkel geregeld worden door een toerentalregeling van de ventilator j, zonder één enkel smoororgaan (manueel of automatisch) voor de regeling van dit netwerk (lokaal, per zone, centraal of manueel);
  - Als het een manuele regeling betreft moet de ventilator j manueel regelbaar zijn met behulp van een regelknop, toegankelijk in de betrokken EPW-eenheid, met minstens 3 regelstanden.
- Indien het een toerentalregeling in combinatie met een smoring betreft:
  - De ventilator j mag één of meerdere EPW-eenheden bedienen;
  - Het toevoer- of afvoerkanaalnetwerk waartoe de ventilator j behoort moet voorzien zijn van automatische ventielen voor een lokale regeling, een regeling per zone of een centrale regeling voor dit netwerk:
    - Als de regeling lokaal is, moet elke ruimte die wordt bediend door ventilator j voorzien zijn van een automatisch ventiel;
    - Als de regeling per zone gebeurt, moet elke zone die wordt bediend door ventilator j voorzien zijn van een automatisch ventiel;
    - Als de regeling centraal gebeurt (enkel als ventilator j meerdere EPW-eenheden bedient), moet elke EPW-eenheid die wordt bediend door ventilator j voorzien zijn van een automatisch ventiel;
  - Het toerental van ventilator j en de opening van de verschillende automatische ventielen van het toevoer- of afvoerkanaalnetwerk waartoe de ventilator j behoort, moeten worden geregeld op een gecombineerde wijze zodat er permanent minstens één ventiel zich in volledig open positie bevindt.

Om te behoren tot de strategie "Toerentalregeling en constante druk" moet worden voldaan aan volgende voorwaarden.

- Ventilator j moet een ventilator zijn met een automatische regeling die een constante druk levert;
- Het toevoer- of afvoerkanaalnetwerk waartoe de ventilator j behoort moet voorzien zijn van ventielen voor een lokale regeling, een regeling per zone, een centrale of manuele regeling voor dit netwerk:
  - Lokale regeling of regeling per zone:
    - De ventilator j mag één of meerdere EPW-eenheden bedienen;
    - Als de regeling lokaal is, moet elke ruimte die wordt bediend door ventilator j voorzien zijn van een automatisch ventiel;
    - Als de regeling per zone gebeurt, moet elke zone die wordt bediend door ventilator j voorzien zijn van een automatisch ventiel;
  - Centrale of manuele regeling:
    - De ventilator j moet meerdere EPW-eenheden bedienen;
    - Als de regeling centraal gebeurt, moet elke EPW-eenheid die wordt bediend door ventilator j voorzien zijn van een automatisch ventiel;
    - Als de regeling manueel gebeurt, moet elke EPW-eenheid die wordt bediend door ventilator j voorzien zijn van een manueel regelbaar ventiel, met behulp van een regelknop, toegankelijk in de betrokken EPW-eenheid, met minstens 3 regelstanden.

11.2.3.2 Rekenwaarde voor het elektrisch vermogen in verwarmingsmodus – gedetailleerde berekening

Bepaal het elektrisch vermogen van elke ventilator(groep) j in verwarmingsmodus als volgt:

Eq. 279 $\Phi_{fans,heat,j} = P_{fans,max,j}$ (W)

met:

$P_{fans,max,j}$ het maximale elektrisch vermogen van de elektromotor of van de elektro-motor-ventilator combinatie van ventilator(groep) j, in W.

Voor de definitie van het maximale elektrisch vermogen wordt verwezen naar § 2.

Indien een ventilator(groep) voor meerdere EPB-eenheden (EPW of EPN) de luchtverwarming verzekert (bijvoorbeeld in het geval van een centraal systeem voor meerdere appartementen), wordt de rekenwaarde voor het elektrisch vermogen bepaald door vermenigvuldiging van:

- de totale rekenwaarde zoals hierboven bepaald;
- de verhouding van het maximale ontwerpdebiet van de beschouwde EPW-eenheid en het maximale ontwerpdebiet van de ventilator.

11.2.3.3 Bepaling van de conventionele maandelijkse tijdsfracties dat de ventilatoren in ventilatiemodus of verwarmingsmodus functioneren

De conventionele maandelijkse fractie van de tijd dat ventilator j in ventilatie-, respectievelijk verwarmingsmodus draait wordt gegeven door:

- indien ventilator j enkel voor verwarming dient en niet instaat voor hygiënische ventilatie, dan geldt voor alle maanden: $f_{vent,m,j} = 0$
  - $f_{heat,m,j}$ zoals bepaald met **Eq. 281**
- indien ventilator j enkel voor hygiënische ventilatie dient en niet instaat voor luchtverwarming, dan geldt voor alle maanden:
  - $f_{vent,m,j} = 1$
  - $f_{heat,m,j} = 0$
- indien ventilator j instaat voor zowel hygiënische ventilatie als voor luchtverwarming, dan geldt voor elke maand m:

Eq. 280 $f_{vent,m,j} = 1 - f_{heat,m,j}$ (-)

Eq. 281 $f_{heat,m,j} = \min\left[1; \sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m} \Big/ \left(1000 \cdot P_{nom,j} \cdot t_m\right)\right]$ (-)

met:

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, bepaald volgens § 9.2.1, in MJ;

$P_{nom,j}$ het nominaal vermogen van de warme lucht opwekkingseenheid[17], in kW;

[17] Indien 1 ventilator meerdere warme lucht opwekkingstoestellen zou bedienen, dient voor $P_{nom,j}$ de som van het nominaal vermogen van alle toestellen genomen te worden.

t_m de lengte van de betreffende maand, in Ms, zie Tabel [1].

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i van de EPW-eenheid die door ventilator j van luchtverwarming voorzien worden.

Indien ventilator j ook ruimten buiten de beschouwde EPW-eenheid verwarmt, wordt de teller (d.i. de maandelijkse bruto energiebehoefte) vermenigvuldigd met de verhouding van het totale volume verwarmd m.b.v. ventilator j tot de som van volumes van de energiesectoren i binnen de beschouwde EPW-eenheid die verwarmd worden m.b.v. ventilator j.

11.3 Maandelijks elektriciteitsverbruik voor het voorkoelen van de toevoerlucht

Het maandelijks elektriciteitsverbruik voor het voorkoelen van de toevoerlucht wordt gegeven door:

Eq. 124 $$W_{aux,precool,m} = W_{soil/water,m} + W_{evap,m} \quad \text{(kWh)}$$

met:

$W_{soil/water,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van de aarde-water warmtewisselaar, zoals bepaald in § 11.3.1, in kWh;

$W_{evap,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verdampingskoeling, zoals bepaald in § 11.3.2, in kWh.

Voor andere technologieën dient $W_{aux,precool,m}$ bepaald te worden volgens vooraf door de minister bepaalde regels.

11.3.1 Elektriciteitsverbruik van de aarde-water warmtewisselaar

Bepaal het maandelijks elektriciteitsverbruik van de aarde-water warmtewisselaar met onderstaande formule.

Eq. 125
$$W_{soil/water,m} = 0{,}278 \times t_m \cdot w_{soil/water,m} \cdot \left(\frac{\dot{V}_W}{3600} \cdot f \cdot \frac{L_{tube}}{D_{tube}} \cdot 500 \left(\frac{\dot{V}_W}{3600 n_{tube} \frac{\pi}{4} D_{tube}^2} \right)^2 + 150 \cdot \frac{\sum_i \dot{V}_{hyg,cool,sec\,i}}{3600} \right) \quad \text{(kWh)}$$

met:

t_m de lengte van de betreffende maand, in Ms, zie Tabel [1];

$w_{soil/water,m}$ een maandelijkse factor die de werkingstijd van de aarde-water warmtewisselaar inrekent, bepaald volgens § B.3, (-);

$\dot{V}_W$ het waterdebiet doorheen de aarde-water warmtewisselaar, in m³/h;

f een frictiefactor:

Eq. 126 als Re < 2300: $$f = \frac{64}{Re}$$

in alle andere gevallen: $$f = (1{,}58 \cdot \ln(Re) - 3{,}28)^{-2} \quad \text{(-)}$$

met:

Re	het Reynolds getal bepaald volgens § B.3, (-);
D_{tube}	binnendiameter van de grondbuis, in m;
L_{tube}	lengte van de grondbuis, in m;
n_{tube}	het aantal buizen in parallel, (-);
$\dot{V}_{hyg,cool,sec\ i}$	het hygiënisch ventilatiedebiet van energiesector i, voor de de koelberekeningen, zoals bepaald in § 7.8.5, in m³/h.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i van de ventilatiezone z die aangesloten zijn op de aarde-water warmtewisselaar.

11.3.2 Elektriciteitsverbruik voor verdampingskoeling

Bepaal het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verdampingskoeling met onderstaande formule.

Eq. 127 $$W_{evap,m} = 0{,}278 \cdot t_m \cdot 250 \cdot w_{evap,m} \cdot \frac{\sum_i \dot{V}_{hyg,cool,sec\ i}}{3600} \quad \text{(kWh)}$$

met:

t_m	de lengte van de betreffende maand, in Ms, zie Tabel [1];
$w_{evap,m}$	een maandelijkse factor die de werkingstijd van de verdampingskoeling inrekent, bepaald volgens § B.3.3, (-);
$\dot{V}_{hyg,cool,sec\ i}$	het hygiënisch ventilatiedebiet van energiesector i, voor de de koelberekeningen, zoals bepaald in § 7.8.5, in m³/h.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i van de ventilatiezone z die aangesloten zijn op het systeem voor verdampingskoeling.

12 Maandelijkse elektriciteitsproductie van perceelsgebonden fotovoltaïsche zonne-energiesystemen en gebouwgebonden warmtekrachtkoppeling

12.1 Fotovoltaïsche zonne-energiesystemen

12.1.1 Principe

De maandelijkse elektriciteitsproductie door een perceelsgebonden fotovoltaïsch zonne-energiesysteem wordt bepaald door de op het systeem invallende maandelijkse bezonning te vermenigvuldigen met het omzettingsrendement. Behoudens de bepaling van de opbrengst, is de rekenmethode vergelijkbaar met deze voor thermische zonne-energiesystemen. Wel is de impact van schaduwwerking groter. Van zodra verschillende delen van het PV-veld verschillende oriëntaties, hellingshoeken of beschaduwing hebben, dienen ze als verschillende systemen berekend te worden.

Enkel fotovoltaïsche zonne-energiesystement die geplaatst zijn op het perceel van het gebouw waar de beschouwde EPB-eenheid deel van uitmaakt worden beschouwd. Dit betekent dat de panelen worden geplaats op het dak of de gevel van het hoofdgebouw of accessoire gebouw of direct op de grond (bijv. panelen volgelingen).

Als het fotovoltaïsch zonne-energiesysteem gemeenschappelijk is aan een of meerdere EPB-eenheden (residentieel en/of niet-residentieel) en/of delen in het gebouw die geen afzonderlijke EPB-eenheid vormen (al dan niet verwarmd), dan wordt de opbrengst verdeeld over de verschillende volumes, die gezamenlijk aangesloten zijn op deze installatie, naar ratio van hun volume V_{EPR} of V_{EPNR} ten opzichte van het totale volume van de gebouwdelen die de opbrengst van het gemeenschappelijk fotovoltaïsch zonne-energiesysteem delen.

12.1.2 Rekenregel

De maandelijkse elektriciteitsproductie, in kWh, wordt voor fotovoltaïsch zonne-energiesysteem i berekend als:

Eq. 128
$$W_{pv,m,i} = \frac{P_{pv,i} \cdot RF_{pv,i} \cdot c_{pv,i} \cdot I_{s,m,i,shad}}{3600} \quad \text{(kWh)}$$

met:

$P_{pv,i}$ het piekvermogen van fotovoltaïsch systeem i, in W, bij een bezonningsstroom van 1000 W/m², bepaald volgens de norm NBN EN 60904-1;

$RF_{pv,i}$ reductiefactor van het fotovoltaïsch zonne-energiesysteem, waarvan de waarde wordt vastegelegd op 0,75, (-);

$c_{pv,i}$ de correctiefactor voor schaduwwerking, berekend volgens § 12.1.3;

$I_{s,m,i,shad}$ de bezonning op het vlak van het fotovoltaïsch zonne-energiesysteem i voor de beschouwde maand, rekening houdend met de beschaduwing, in MJ/m², bepaald volgens Bijlage C van deze tekst.

12.1.3 Correctiefactor voor beschaduwing

Bepaal de correctiefactor voor beschaduwing als:

Eq. 129 $$c_{pv,i} = \max\left(0 \; ; \; 1{,}26 \cdot \frac{I_{s,m,i,shad}}{I_{s,m,i,horshad}} - 0{,}26\right) \quad (-)$$

met:

$I_{s,m,i,shad}$ de bezonning op het vlak van het fotovoltaïsch zonne-energiesysteem i voor de beschouwde maand, rekening houdend met de beschaduwing van de vaste obstakels, in MJ/m², bepaald volgens Bijlage C van deze tekst;

$I_{s,m,i,horshad}$ de bezonning op het vlak van het fotovoltaïsch zonne-energiesysteem i voor de beschouwde maand, enkel rekening houdend met de beschaduwing van de horizon, in MJ/m², bepaald volgens Bijlage C van deze tekst. De andere obstakels (equivalente verticale en zijdelingse overstekken) worden bij deze berekening dus niet in beschouwing genomen.

In tegenstelling tot de regel die voor vensters en thermische zonne-energiesystemen geldt, kan niet gerekend worden met de waarden bij ontstentenis F_S zoals gegeven in Bijlage C van deze tekst. Detailingave van de beschaduwing is steeds verplicht voor fotovoltaïsche zonne-energiesystemen.

(Indien er afgezien van de horizon geen extra obstakels zijn die voor beschaduwing zorgen, dan is $I_{s,m,i,horshad} = I_{s,m,i,shad}$, is $c_{pv,i} = 1$ en is er dus geen vermindering van de opbrengst.)

12.2 Warmtekrachtkoppeling

12.2.1 Principe

In een WKK-installatie wordt gelijktijdig warmte en elektriciteit geproduceerd. Het eindenergieverbruik (d.w.z. het brandstofverbruik) van de WKK-installatie wordt berekend in § 10.2.2 en 10.3.2. In dit hoofdstuk wordt de elektriciteitsproductie door de WKK-installatie bepaald. In paragraaf 13.8 wordt dit omgerekend naar de uitgespaarde hoeveelheid primaire energie.

12.2.2 Elektriciteitsproductie

Bepaal de hoeveelheid elektriciteit die door gebouwgebonden WKK-installatie i geproduceerd wordt als:

Eq. 130 $$W_{cogen,i,m} = \frac{\varepsilon_{cogen,elec}}{3{,}6} \cdot Q_{cogen,final,i,m} \quad (kWh)$$

met:

$\varepsilon_{cogen,elec}$ het elektrisch omzettingsrendement van de WKK-installatie, zoals bepaald in § A.2 van bijlage A.2 bij dit besluit, (-);

$Q_{cogen,final,i,m}$ het maandelijks eindenergieverbruik van WKK-installatie i, zoals hieronder bepaald, in MJ.

Bepaal het maandelijks eindenergieverbruik van WKK-installatie i, overeenkomend met de hoeveelheid warmte die de installatie nuttig aan het gebouw kan leveren, als:

Eq. 131

$$Q_{cogen,final,i,m} = \sum_i f_{heat,m,pref} \cdot (1 - f_{as,heat,sec\,i,m}) \cdot Q_{heat,gross,seci,m} / \eta_{gen,heat,cogen} + \sum_i f_{water,bath\,i,m,pref} \cdot (1 - f_{as,water,bath\,i,m}) \cdot Q_{water,bath\,i,gross,m} / \eta_{gen,water,bath\,i,m,cogen} + \sum_i f_{water,sink\,i,m,pref} \cdot (1 - f_{as,water,sink\,i,m}) \cdot Q_{water,sink\,i,gross,m} / \eta_{gen,water,sink\,i,m,cogen} \quad (MJ)$$

met:

$f_{heat,m,pref}$	het aandeel van de WKK-installatie in de warmtelevering van energiesector i, bepaald volgens § 10.2.2, (-);
$f_{as,m}$	het aandeel van de totale warmtebehoefte dat door het thermisch zonne-energiesysteem gedekt wordt, bepaald volgens § 10.4. Met indices 'heat, sec i' voor de warmtebehoefte van energiesector i en 'water,bath i' en 'water,sink i' voor de warm tapwater bereiding van respectievelijk douche of bad i en keukenaanrecht i, (-);
$Q_{heat,gross,seci,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, bepaald volgens § 9.2.1, in MJ;
$\eta_{gen,heat,cogen}$	het maandelijks opwekkingsrendement van de WKK-installatie, bepaald volgens § 10.2.3, (-);
$f_{water,bath\,i,m,pref}$	het aandeel van de WKK-installatie in de warmtelevering voor de bereiding van warm tapwater voor douche of bad i, bepaald volgens § 10.3.2;
$Q_{water,bath\,i,gross,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor het warm tapwater voor douche of bad i, bepaald volgens § 9.3.1, in MJ;
$\eta_{gen,water,bath\,i,m,cogen}$	het maandelijks opwekkingsrendement van de WKK-installatie voor de bereiding van het warm tapwater voor douche of bad i, bepaald volgens § 10.3.3, (-);
$f_{water,sink\,i,m,pref}$	het aandeel van de WKK-installatie in de warmtelevering voor de bereiding van warm tapwater voor keukenaanrecht i, bepaald volgens § 10.3.2;
$Q_{water,sink\,i,gross,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor het warm tapwater voor keukenaanrecht i, bepaald volgens § 9.3.1, in MJ;
$\eta_{gen,water,sink\,i,m,cogen}$	het maandelijks opwekkingsrendement van de WKK-installatie voor de bereiding van het warm tapwater voor keukenaanrecht i, bepaald volgens § 10.3.3, (-).

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i van de EPW-eenheid die verwarmd worden met WKK-installatie i, en over alle douches, baden en keukenaanrechten i van de EPW-eenheid waaraan WKK-installatie i warmte voor de bereiding van warm tapwater levert.

13 Primair energieverbruik

13.1 Vooraf

De stap van eindenergieverbruik naar primair energieverbruik introduceert de omrekenfactoren voor primaire energie in de energiebalans. Alle deeltermen worden vervolgens § opgeteld om het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik te bekomen. Voor elektriciteit geproduceerd door fotovoltaïsche of door gebouwgebonden WKK-installaties wordt een bonus ingerekend overeenkomend met de besparing aan brandstof in elektrische centrales.

13.2 Het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik

Bepaal het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik van de EPW-eenheid als:

Eq. 132
$$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons} = \sum_{m=1}^{12} \left(E_{p,heat,m} + E_{p,water,m} + E_{p,aux,m} + E_{p,cool,m} - E_{p,pv,m} - E_{p,cogen,m}\right) \quad (MJ)$$

met:

$E_{p,heat,m}$ het maandelijks primair energieverbruik voor ruimteverwarming, in MJ, bepaald volgens § 13.3;

$E_{p,water,m}$ het maandelijks primair energieverbruik voor de bereiding van warm tapwater, in MJ, bepaald volgens § 13.4;

$E_{p,aux,m}$ het maandelijks primair hulpenergieverbruik, in MJ, bepaald volgens § 13.5;

$E_{p,cool,m}$ het equivalent maandelijks primair energieverbruik voor koeling, in MJ, bepaald volgens § 13.6;

$E_{p,pv,m}$ de maandelijkse primaire energiebesparing ingevolge de elektriciteitsproductie van fotovoltaïsche zonne-energiesystemen, in MJ, bepaald volgens § 13.7;

$E_{p,cogen,m}$ de maandelijkse primaire energiebesparing ingevolge de elektriciteitsproductie van gebouwgebonden WKK, in MJ, bepaald volgens § 13.8.

13.3 Het primair energieverbruik voor ruimteverwarming

Bepaal het maandelijks primair energieverbruik van de EPW-eenheid voor ruimteverwarming als:

Eq. 133
$$E_{p,heat,m} = \sum_{i} \left(f_p \cdot Q_{heat,final,sec\ i,m,pref} + f_p \cdot Q_{heat,final,sec\ i,m,npref}\right) \quad (MJ)$$

met:

f_p de conventionele omrekenfactor naar primaire energie van de energiedrager van het beschouwde opwekkingstoestel, zoals vastgelegd in Bijlage F van deze tekst, (-);

$Q_{heat,final,sec\ i,m,pref}$ het maandelijkse eindenergieverbuik van de preferente warmteopwekker(s) voor de ruimteverwarming van energiesector i, met uitzondering van de hulpenergie, bepaald volgens § 10.2.2, in MJ;

$Q_{heat,final,sec\ i,m,npref}$ het maandelijkse eindenergieverbuik van de niet-preferente warmteopwekker(s) voor de ruimteverwarming van energiesector i, met uitzondering van de hulpenergie, bepaald volgens § 10.2.2, in MJ.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i in de EPW-eenheid.

13.4 Het primair energieverbruik voor de bereiding van warm tapwater

Bepaal het maandelijks primair energieverbruik van de EPW-eenheid voor de bereiding van warm tapwater als:

Eq. 134
$$E_{p,water,m} = \sum_i \left(f_p \cdot Q_{water,bath\ i,final,m,pref} + f_p \cdot Q_{water,bath\ i,final,m,npref} \right) + \sum_i \left(f_p \cdot Q_{water,sink\ i,final,m,pref} + f_p \cdot Q_{water,sink\ i,final,m,npref} \right) \quad \text{(MJ)}$$

met:

f_p	de conventionele omrekenfactor naar primaire energie van de energiedrager van het beschouwde opwekkingstoestel, zoals vastgelegd in Bijlage F van deze tekst, (-);
$Q_{water,bath\ i,final,m,pref}$	het maandelijkse eindenergieverbruik van de preferente warmteopwekker(s) voor de bereiding van het warm tapwater voor douche of bad i, bepaald volgens § 10.3.2, in MJ;
$Q_{water,bath\ i,final,m,npref}$	het maandelijkse eindenergieverbruik van de niet-preferente warmteopwekker(s) voor de bereiding van het warm tapwater voor douche of bad i, bepaald volgens § 10.3.2, in MJ;
$Q_{water,sink\ i,final,m,pref}$	het maandelijkse eindenergieverbruik van de preferente warmteopwekker(s) voor de bereiding van het warm tapwater voor keukenaanrecht i, bepaald volgens § 10.3.2, in MJ;
$Q_{water,sink\ i,final,m,npref}$	het maandelijkse eindenergieverbruik van de niet-preferente warmteopwekker(s) voor de bereiding van het warm tapwater voor keukenaanrecht i, bepaald volgens § 10.3.2, in MJ.

Er dient gesommeerd te worden over alle douches en baden i van de EPW-eenheid en over alle keukenaanrechten i van de EPW-eenheid.

13.5 Het primair hulpenergieverbruik

Bepaal het maandelijks primair energieverbruik voor hulpfuncties, ventilatie en voorkoeling van de toevoerlucht, $E_{p,aux,m}$, met:

Eq. 319
$$E_{p,aux,m} = f_p \cdot 3,6 \cdot \left(W_{aux,fans,m} + W_{aux,dis,m} + W_{aux,gen,m} + W_{precool,m} \right) \quad \text{(MJ)}$$

met:

f_p	de conventionele omrekenfactor naar primaire energie van de betreffende energiedrager, zoals vastgelegd in Bijlage F van deze tekst, (-);
$W_{aux,fans,m}$	het maandelijks elektrisch hulpenergieverbruik voor ventilatoren in de EPW-eenheid, bepaald volgens § 11.2, in kWh;
$W_{aux,dis,m}$	het maandelijks elektrisch hulpenergieverbruik van de circulatiepompen voor distributie in de EPW-eenheid, bepaald volgens § 11.1.1, in kWh;
$W_{aux,gen,m}$	het maandelijks elektrisch hulpenergieverbruik voor de opwekking in de EPW-eenheid, bepaald volgens § 11.1.2, in kWh;
$W_{aux,precool,m}$	het maandelijks elektriciteitsverbruik voor het voorkoelen van de toevoerlucht, bepaald volgens § 11.3, in kWh.

13.6 Het equivalent primair energieverbruik voor koeling

Bepaal het maandelijks equivalent primair energieverbruik voor koeling als:

Eq. 136 $$E_{p,cool,m} = \sum_i \left(f_p \cdot 3,6 \cdot Q_{cool,final,sec\ i,m}\right)$$ (MJ)

met:

f_p de conventionele omrekenfactor naar primaire energie voor elektriciteit, zoals vastgelegd in Bijlage F van deze tekst, (-);

$Q_{cool,final,sec\ i,m}$ het maandelijks equivalent eindenergieverbruik voor koeling, bepaald volgens § 10.5, in kWh.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i.

13.7 De primaire energiebesparing ingevolge de elektriciteitsproductie van fotovoltaïsche zonne-energiesystemen

Bepaal de equivalente maandelijkse primaire energiebesparing ingevolge de elektriciteitsproductie van fotovoltaïsche zonne-energiesystemen als:

Eq. 137 $$E_{p,pv,m} = \sum_i \left(f_p \cdot 3,6 \cdot W_{pv,m,i}\right)$$ (MJ)

met:

f_p de conventionele omrekenfactor naar primaire energie voor elektriciteit, zoals vastgelegd in Bijlage F van deze tekst, (-);

$W_{pv,m,i}$ de maandelijkse elektriciteitsproductie van het fotovoltaïsch zonne-energiesysteem i, bepaald volgens § 12.1.2, in kWh.

Er dient gesommeerd te worden over alle fotovoltaïsche zonne-energiesystemen i.

13.8 De primaire energiebesparing ingevolge de elektriciteitsproductie van gebouwgebonden warmtekrachtkopppeling

Bepaal de equivalente maandelijkse primaire energiebesparing ingevolge de elektriciteitsproductie van gebouwgebonden WKK-installatie(s) als:

Eq. 138 $$E_{p,cogen,m} = \sum_i \left(f_p \cdot 3,6 \cdot W_{cogen,m,i}\right)$$ (MJ)

met:

f_p de conventionele omrekenfactor naar primaire energie voor zelfgeproduceerde elektriciteit d.m.v. WKK, zoals vastgelegd in Bijlage F van deze tekst, (-);

$W_{cogen,i,m}$ de maandelijkse hoeveelheid elektriciteit die door gebouwgebonden WKK-installatie i geproduceerd wordt, bepaald volgens § 12.2.2, in kWh.

Er dient gesommeerd te worden over alle gebouwgebonden WKK-installaties i.

14 CO_2-uitstoot

14.1 Voorwoord

Het uiteindelijke energieverbruik is samengesteld uit een deel verbruikte brandstof en een deel verbruikte elektriciteit. Dit gaat gepaard met een zekere CO2-uitstoot. Elektriciteit die wordt geproduceerd door fotovoltaïsche installaties en/of warmtekrachtkoppeling zorgt voor een lagere CO_2-uitstoot bij de conventionele elektriciteitsproductie en wordt daarom afgetrokken. Deze CO_2-uitstoot kan worden berekend per gedeeltelijk verbruik en daarna worden opgeteld om de karakteristiek jaarlijkse CO2-uitstoot te verkrijgen.

De CO_2-emissiefactoren (f_{CO2}) van verschillende energiedragers zijn opgenomen in Bijlage F van deze bijlage.

14.2 Karakteristiek jaarlijkse CO_2-uitstoot

De karakteristiek jaarlijkse CO_2-uitstoot die het gevolg is van het energieverbruik van de EPW-eenheid wordt als volgt berekend:

Eq. 241
$$CO_{2,tot} = \sum_{m=1}^{12}(CO_{2,heat,m} + CO_{2,water,m} + CO_{2,aux,m} + CO_{2,cool,m} - CO_{2,PV,m} - CO_{2,cogen,m}) \quad (kg)$$

$CO_{2,heat,m}$ de maandelijkse CO_2-uitstoot die het gevolg is voor de ruimteverwarming, vastgelegd 14.3, in kg;

$CO_{2,water,m}$ de maandelijkse CO_2-uitstoot die het gevolg is van de productie van sanitair warm water, vastgelegd volgens § 14.4, in kg;

$CO_{2,aux,m}$ de maandelijkse CO_2-uitstoot die het gevolg is van hulpfuncties, vastgelegd volgens § 14.5, in kg;

$CO_{2,cool,m}$ de equivalente maandelijkse CO_2-uitstoot die het gevolg is van de koeling, vastgelegd volgens § 14.6, in kg;

$CO_{2,PV,m}$ de maandelijkse CO_2-uitstoot die wordt vermeden dankzij de elektriciteit die wordt geproduceerd door perceelsgebonden fotovoltaïsche zonne-energiesystemen op de site, vastgelegd volgens § 14.7, in kg;

$CO_{2,cogen,m}$ de maandelijkse CO_2-uitstoot die wordt vermeden dankzij de elektriciteit die wordt geproduceerd door een gebouwgebonden warmtekrachtkoppelingsinstallatie op de site, vastgelegd volgens § 14.8, in kg.

14.3 Maandelijkse CO_2-uitstoot die het gevolg is voor de ruimteverwarming

De maandelijkse CO_2-uitstoot van de EPW-eenheid die het gevolg is voor de ruimteverwarming wordt als volgt berekend:

Eq. 242
$$CO_{2,heat,m} = \sum_{i}(f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{heat,final,sec\ i,m,pref} + f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{heat,final,sec\ i,m,npref}) \quad (kg)$$

met:

f_{CO2} de CO_2-emissiefactor van de energiedrager van de beschouwde opwekkingstoestel, in verhouding tot de onderwaarde, zoals opgenomen in Bijlage F van deze bijlage, in kg/MJ;

$f_{NCV/GCV}$ een vermenigvuldigingsfactor die gelijk is aan de verhouding van de calorische onderwaarde op de calorische bovenwaarde van de verbruikte brandstof, zoals opgenomen in Bijlage F van deze bijlage, (-);

$Q_{heat,final,sec\ i,m,pref}$ het uiteindelijke maandelijkse energieverbruik van de preferente warmteopwekker(s) voor de ruimteverwarming van energiesector i, met uitzondering van de hulpenergie, vastgelegd volgens § 10.2.2, in MJ;

$Q_{heat,final,sec\ i,m,npref}$ het uiteindelijke maandelijkse energieverbruik van de niet-preferente warmteopwekker(s) voor de ruimteverwarming van energiesector i, met uitzondering van de hulpenergie, vastgelegd volgens § 10.2.2, in MJ.

Alle energiesectoren i van de EPW-eenheid moeten worden opgeteld.

14.4 Maandelijkse CO_2-uitstoot die het gevolg is van de bereiding van warm tapwater

De maandelijkse CO_2-uitstoot van de EPW-eenheid die het gevolg is van de bereiding van warm tapwater wordt als volgt berekend:

Eq. 243

$$CO_{2,water,m} = \sum_i (f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{water,bath\ i,final,m,pref} + f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{water,bath\ i,final,m,npref}) + \sum_i (f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{water,sink\ i,final,m,pref} + f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{water,sink\ i,final,m,npref}) \quad (kg)$$

avec:

f_{CO2} de CO_2-emissiefactor van de energiedrager van de beschouwde opwekkingstoestel, in verhouding tot de onderwaarde, zoals opgenomen in Bijlage F van deze bijlage (kg/MJ);

$f_{NCV/GCV}$ een vermenigvuldigingsfactor die gelijk is aan de verhouding van de calorische onderwaarde op de calorische bovenwaarde van de verbruikte brandstof, zoals opgenomen in Bijlage F van deze bijlage, (-);

$Q_{water,bath\ i,final,m,pref}$ het maandelijkse eindenergieverbruik van de preferente warmteopwekker(s) voor de bereiding van het warm tapwater voor douche of bad i, vastgelegd volgens § 10.3.2, in MJ;

$Q_{water,bath\ i,final,m,npref}$ het maandelijkse eindenergieverbruik van de niet-preferente warmteopwekker(s) voor de bereiding van het warm tapwater voor douche of bad i, vastgelegd volgens § 10.3.2, in MJ;

$Q_{water,sink\ i,final,m,pref}$ het maandelijkse eindenergieverbruik van de preferente warmteopwekker(s) voor de bereiding van het warm tapwater voor keukenaanrecht i, vastgelegd volgens § 10.3.2, in MJ;

$Q_{water,sink\ i,final,m,npref}$ het maandelijkse eindenergieverbruik van de niet-preferente warmteopwekker(s) voor de bereiding van het warm tapwater voor keukenaanrecht i, vastgelegd volgens § 10.3.2, in MJ.

Alle douches en baden i van de EPW-eenheid en alle warm tapwater voor keukenaanrechten i van de EPW-eenheid moeten worden opgeteld.

14.5 Maandelijkse CO_2-uitstoot die het gevolg is van hulpenergieverbruik

De maandelijkse CO_2-uitstoot van de EPW-eenheid die het gevolg is van hulpfuncties wordt als volgt berekend:

Eq. 320 $$CO_{2,aux,m} = f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot 3,6 \cdot \left(W_{aux,fans,m} + W_{aux,dis,m} + W_{aux,gen,m} + W_{aux,precool,m}\right) \quad (kg)$$

met:

f_{CO2} de CO_2-emissiefactor van de energiedrager van de beschouwde opwekkingstoestel, in verhouding tot de onderwaarde, zoals opgenomen in Bijlage F van deze bijlage (kg/MJ);

$f_{NCV/GCV}$ een vermenigvuldigingsfactor die gelijk is aan de verhouding van de calorische onderwaarde op de calorische bovenwaarde van de verbruikte brandstof, zoals opgenomen in Bijlage F van deze bijlage, (-);

$W_{aux,fans,m}$ het maandelijkse elektrisch hulpenergieverbruik voor de ventilatoren in de EPW-eenheid, bepaald volgens § 11.2, in kWh;

$W_{aux,dis,m}$ het maandelijks elektrisch hulpenergieverbruik van de circulatiepompen voor distributie in de EPW-eenheid, bepaald volgens § 11.1.1, in kWh;

$W_{aux,gen,m}$ het maandelijks elektrisch hulpenergieverbruik voor de opwekking in de EPW-eenheid, bepaald volgens § 11.1.2, in kWh;

$W_{aux,precool,m}$ het maandelijkse elektriciteitsverbruik voor voor het voorkoelen van de toevoerlucht, vastgelegd volgens § 11.3, in kWh.

Alle waakvlammen i van warmteopwekkers die bijdragen aan de ruimteverwarming en/of aan de productie van sanitair warm water van de EPW-eenheid moeten worden opgeteld.

14.6 Maandelijkse CO_2-uitstoot die het gevolg is van de koeling

De equivalente maandelijkse CO_2-uitstoot van de EPW-eenheid die het gevolg is van de koeling wordt als volgt berekend:

Eq. 245 $$CO_{2,cool,m} = \sum_i \left(s_{cool,i} \cdot f_{CO2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot 3,6 \cdot Q_{cool,final\ sec\ i,m}\right) \quad (kg)$$

avec:

$s_{cool,i}$ een vermenigvuldigingsfactor die wordt bepaald per energiesector i en waarvan de waarde gelijk is aan:

1, indien actieve koeling effectief geplaatst is;

0, indien geen actieve koeling geplaatst is;

f_{CO2} de CO_2-emissiefactor van de energiedrager van de beschouwde opwekkingstoestel, in verhouding tot de onderwaarde, zoals opgenomen in Bijlage F van deze bijlage (kg/MJ);

$f_{NCV/GCV}$ een vermenigvuldigingsfactor die gelijk is aan de verhouding van de calorische onderwaarde op de calorische bovenwaarde van de verbruikte brandstof, zoals opgenomen in Bijlage F van deze bijlage, (-);

$Q_{cool,final,sec\ i,m}$ het maandelijks equivalent eindenergieverbruik voor de koeling, vastgelegd volgens § 10.5, in kWh.

Alle energiesectoren i van de EPW-eenheid moeten worden opgeteld.

14.7 Maandelijkse CO_2-uitstoot die wordt vermeden dankzij de elektriciteitsproductie van perceelsgebonden fotovoltaïsche zonne-energiesystemen

De maandelijkse CO_2-uitstoot van de EPW-eenheid die wordt vermeden dankzij de elektriciteitsproductie van perceelsgebonden fotovoltaïsche zonne-energiesystemen wordt als volgt berekend:

Eq. 246 $$CO_{2,PV,m} = \sum_i \left(f_{CO2} . f_{NCV/GCV} . 3,6 . W_{PV,m,i}\right) \quad \text{(kg)}$$

avec:

f_{CO2} de CO_2-emissiefactor van de energiedrager van de beschouwde opwekkingstoestel, in verhouding tot de onderwaarde, zoals opgenomen in Bijlage F van deze bijlage (kg/MJ);

$f_{NCV/GCV}$ een vermenigvuldigingsfactor die gelijk is aan de verhouding van de calorische onderwaarde op de calorische bovenwaarde van de verbruikte brandstof, zoals opgenomen in Bijlage F van deze bijlage, (-);

$W_{PV,m,i}$ de maandelijkse elektriciteitsproductie van het fotovoltaïsch zonne-energiesysteem i, vastgelegd volgens § 12.1.2, in kWh.

Alle fotovoltaïsche zonne-energiesystemen i van de EPW-eenheid moeten worden opgeteld, rekening houdend met de distributieregels zoals die zijn vastgelegd in § 12.1.1.

14.8 Maandelijkse CO_2-uitstoot die wordt vermeden dankzij de elektriciteitsproductie van gebouwgebonden warmtekrachtkopppeling

De maandelijkse CO_2-uitstoot van de EPW-eenheid die wordt vermeden dankzij de elektriciteitsproductie van gebouwgebonden warmtekrachtkoppeling wordt als volgt berekend:

Eq. 247 $$CO_{2,PV,m} = \sum_i \left(f_{CO2} . f_{NCV/GCV} . 3,6 . W_{cogen,m,i}\right) \quad \text{(kg)}$$

avec:

f_{CO2} de CO_2-emissiefactor van de energiedrager van de beschouwde opwekkingstoestel, in verhouding tot de onderwaarde, zoals opgenomen in Bijlage F van deze bijlage (kg/MJ);

$f_{NCV/GCV}$ een vermenigvuldigingsfactor die gelijk is aan de verhouding van de calorische onderwaarde op de calorische bovenwaarde van de verbruikte brandstof, zoals opgenomen in Bijlage F van deze bijlage, (-);

$W_{cogen,i,m}$ de maandelijkse hoeveelheid elektriciteit die door gebouwgebonden WKK-installatie i geproduceerd wordt, vastgelegd volgens § 12.2.2, in kWh.

Alle gebouwgebonden warmtekrachtkoppelingsinstallaties i van de EPW-eenheid moeten worden opgeteld.

Bijlage A Behandeling van aangrenzende onverwarmde ruimten (AOR)

M.b.t. aangrenzende onverwarmde ruimten wordt een reductiefactor b bepaald, zie norm NBN EN ISO 13789.

Voor de behandeling van aangrenzende onverwarmde ruimten bij de bepaling van de energieprestatie, worden standaard volgende 2 vereenvoudigde mogelijkheden voorzien.

A.1 Mogelijkheid 1

Het is steeds toegelaten de buitengeometrie van de AOR buiten beschouwing te laten.

- Voor de bepaling van de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming wordt er dan aangenomen dat de temperatuur van de AOR gelijk is aan de buitentemperatuur (d.w.z. de reductiefactor b = 1). Er wordt geen doorzonning naar het beschermd volume beschouwd.
- Voor de bepaling van de oververhittingsindicator en van de netto energiebehoefte voor ruimtekoeling wordt er aangenomen dat de AOR zich op dezelfde temperatuur bevindt als het beschermd volume (d.w.z. de reductiefactor b = 0). Er worden m.a.w. geen transmissiewarmtestromen van het beschermd volume naar de AOR beschouwd. Voor de bezonning wordt er aangenomen dat de AOR geen enkele belemmering vormt.

A.2 Mogelijkheid 2

Deze mogelijkheid is enkel van toepassing indien de AOR maar aan één energiesector grenst en indien er geen hygiënische ventilatie tussen de AOR en het beschermd volume optreedt.

Voor de gevallen waarbij de AOR aan meerdere energiesectoren grenst, kan de minister nadere regels bepalen die toelaten de AOR op te delen in een aantal kleinere, fictieve aangrenzende onverwarmde ruimten die elk op zich maar aan 1 energiesector grenzen.

Wanneer meerdere aangrenzende onverwarmde ruimten ook onderling aan elkaar grenzen wordt bij conventie aangenomen dat er geen warmtetransmissie of luchtuitwisseling (hygiënisch of door in/exfiltratie) tussen de aangrenzende onverwarmde ruimten plaatsvindt. Tevens wordt de scheidingsconstructie als opaak beschouwd.

In aangrenzende onverwarmde ruimten worden de interne warmtewinsten gelijk aan nul gesteld.

De reductiefactor b wordt berekend volgens de norm NBN EN ISO 13789. Voor de behandeling van de bouwknopen gelden dezelfde regels als in § 7.4 (onderscheid tussen enerzijds verwarmingsberekeningen en anderzijds berekeningen voor koeling en oververhitting).

De indirecte zonnewinsten van de aangrenzende energiesector (zie § 7.10.2) zijn gelijk aan de fractie (1-b) van de geabsorbeerde zonnewinsten in de AOR. Zowel de reductiefactor b als de zonnewinsten kunnen verschillen voor enerzijds de berekeningen voor ruimteverwarming en anderzijds de berekeningen voor het risico op oververhitting en ruimtekoeling, omwille van een verschil in ventilatievoud en/of de gebruiksfactor van eventuele zonnewering.

Directe doorzonning van de AOR wordt enkel beschouwd indien loodrecht op het middelpunt van het venster tussen de AOR en het beschermd volume (BV) ook de buitenwand van de AOR transparant is. Bij de bepaling van de beschaduwingshoeken van het AOR-BV venster wordt rekening gehouden met de geometrie van de AOR (bv. opaak dak). De invallende bezonning op het AOR-BV venster wordt verminderd met het product 0,95 . F_F . g_g van de tegenoverliggende transparante buitenwand. De directe doorzonning van de AOR wordt in mindering gebracht van de totale binnenkomende zonnewinsten van de AOR om de in de AOR geabsorbeerde zonnewinsten te bepalen.

Bijlage B Het hygiënische ventilatiedebiet

Een beperkt volume met niet-residentiële bestemming kan deel uitmaken van een EPW-eenheid.

Voor het gedeelte van een gebouw met woonbestemming moeten de ventilatievoorzieningen voldoen aan de eisen volgens bijlage C.2 bij dit besluit. Deze leggen minimale ontwerpdebieten op. Hieronder wordt voor residentiële gedeelten met 'geëist debiet' het minimale ontwerpdebiet in bijlage C.2 bij dit besluit bedoeld. Telkens er hieronder sprake is van 'geëiste buitenluchttoevoerdebieten' wordt het minimale ontwerptoevoerdebiet van de woonkamer integraal meegeteld (er wordt dus bij conventie verondersteld dat er geen recirculatie wordt toegepast).

De ventilatievoorzieningen van niet-residentiële gedeelten van een gebouw moeten voldoen aan de eisen volgens bijlage C.3 bij dit besluit. Hierin worden minimale ontwerpdebieten opgelegd (overeenkomend met een bepaalde minimale bezetting en een beoogde minimale luchtkwaliteit) waarvoor de ventilatievoorzieningen ontworpen moeten worden. Het bouwteam mag hogere ontwerpdebieten vastleggen, overeenkomend met een hogere bezettingsgraad, een betere gewenste luchtkwaliteit, enz. Voor niet-residentiële gedeelten zijn het de debieten zoals vastgelegd door het bouwteam die hieronder met de term 'geëist debiet' bedoeld worden.

In onderstaande tekst gebeurt de evaluatie van verschillende termen van mechanische systemen bij de zgn. 'nominale' ventilatorstand. Tenzij expliciet anders aangeduid op het bedieningspaneel, geldt de maximale stand als de nominale. Bij de nominale stand dient de mechanische toevoer of de mechanische afvoer in elke ruimte ten minste gelijk te zijn aan het geëist debiet.

De bepaling van de vermenigvuldigingsfactor m en de reductiefactor voor voorverwarming r gebeurt per ventilatiezone. Ruimten van de EPW-eenheid waaraan geen eisen gesteld worden qua toevoer van buitenlucht, doorvoer of afvoer naar buiten, worden samengenomen met een aangrenzende ventilatiezone. In geval van meerdere aangrenzende ventilatiezones worden ze samengenomen met die zones waarmee ze desgevallend in contact staan via inwendige verbindingen. Indien er geen dergelijke verbindingen zijn, staat de keuze vrij.

Overeenkomstig de regels voor de opsplitsing van een EPW-eenheid in energiesectoren zoals vastgelegd in § 5.3, kan een energiesector zich niet over meerdere ventilatiezones uitstrekken, aangezien een energiesector met hetzelfde type ventilatiesysteem moet uitgerust zijn. Wel kan een ventilatiezoneuit verschillende energiesectoren bestaan, bv. omdat verschillende delen verschillende warmteafgiftesystemen hebben (bv. een woning met één enkel ventilatiesysteem, maar met radiatoren op de 1e verdieping en vloerverwarming op het gelijkvloers).

De minister kan nadere specificaties bepalen met betrekking tot de meting van de debieten per ruimte die gebruikt worden in de gedetailleerde berekening van de $m_{seci\ i}$ en r_{preh} factoren.

B.1 Bepaling van de vermenigvuldigingsfactor $m_{sec\ i}$ voor het debiet

De vermenigvuldigingsfactor $m_{sec\ i}$ van een energiesector i is gelijk aan de vermenigvuldigingsfactor van de ventilatiezone z waarvan de energiesector deel uitmaakt:

Eq. 139 $m_{heat,sec\ i} = m_{cool,sec\ i} = m_{overh,sec\ i} = m_{sec\ i} = m_{sec\ i} = m_{zone\ z}$ (-)

De bepaling van de vermenigvuldigingsfactor van ventilatiezone z gebeurt zoals hieronder beschreven.

B.1.1 Natuurlijke ventilatie

Bij de bepaling van de vermenigvuldigingsfactor $m_{zone\ z}$ wordt bij deze systemen met volgende aspecten rekening gehouden:

- m.b.t. de toevoer:
  - de mate van zelfregelendheid van de regelbare toevoeropeningen
- m.b.t. de afvoer:
  - de mate van zelfregelendheid van de afvoeropeningen
  - de luchtondichtheid van de natuurlijke afvoerkanalen

Bepaal $m_{zone\ z}$ per ventilatiezone z als:

Eq. 140
$$m_{zone\ z} = 1,0 + 0,5 \cdot \left(\frac{r_{nat.supply,\ zone\ z} + r_{nat.exh,\ zone\ z} + r_{leak,stack,\ zone\ z}}{r_{nat.supply,\ zone\ z,def} + r_{nat.exh,\ zone\ z,def} + r_{leak,stack,\ zone\ z,def}} \right) \quad (-)$$

met:

$r_{nat.supply,zone\ z}$	een correctiefactor voor de mate van zelfregelendheid van de regelbare toevoeropeningen in ventilatiezone z, zoals hieronder bepaald, (-);
$r_{nat.exh,zone\ z}$	een correctiefactor voor de mate van zelfregelendheid van de regelbare afvoeropeningen in ventilatiezone z, zoals hieronder bepaald, (-);
$r_{leak,stack,zone\ z}$	een correctiefactor voor de luchtondichtheid van de natuurlijke afvoerkanalen in de ventilatiezone z, zoals hieronder bepaald, (-);
$r_{nat.supply,zone\ z,def}$	de waarde bij ontstentenis voor $r_{nat.supply,zone\ z}$, zoals hieronder bepaald, (-);
$r_{nat.exh,zone\ z,def}$	de waarde bij ontstentenis voor $r_{nat.exh,zone\ z}$, zoals hieronder bepaald, (-);
$r_{leak,stack,zone\ z,def}$	de waarde bij ontstentenis voor $r_{leak,stack,zone\ z}$, zoals hieronder bepaald, (-).

B.1.1.1 Correctiefactor $r_{nat.supply,zone\ z}$

Natuurlijke toevoeropeningen die getest zijn conform de norm NBN EN 13141-1 kunnen in een bepaalde klasse ingedeeld worden volgens § Tabel [18]:.

Hierbij wordt beoordeeld in welke mate het debiet constant blijft bij variatie van het drukverschil.

Koppel de correctiefactor $r_{nat.supply,zone\ z}$ van ventilatiezone z bij conventie aan de indeling in klassen zoals aangegeven in Tabel [19]:. De regelbare toevoeropening

(RTO) met de hoogste correctiefactor bepaalt de waarde voor de ganse ventilatiezone. De waarde bij ontstentenis is 0,20.

Tabel [18]: Klassering van de zelfregelendheid i.f.v. het drukverschil

Drukverschil P	**Debiet als functie van het nominaal debiet bij 2 Pa (qN)**				
(Pa)	**Klasse P0**	**Klasse P1**	**Klasse P2**	**Klasse P3**	**Klasse P4**
0 Pa ≤ P < 2 Pa		≥ $0,8\sqrt{(P/2)}$ en ≤ $1,20q_N$	≥ $0,8\sqrt{(P/2)}$ en ≤ $1,20q_N$	≥ $0,8\sqrt{(P/2)}$ en ≤ $1,20q_N$	≥ $0,8\sqrt{(P/2)}$ en ≤ $1,20q_N$
2 Pa	qN	q_N	q_N	q_N	q_N
2 Pa < P < 5 Pa	Voldoet niet aan klasse P1	≥ $0,80q_N$ en ≤ $1,8q_N$	≥ $0,80q_N$ en ≤ $1,8q_N$	≥ $0,80q_N$ en ≤ $1,5q_N$	≥ $0,80q_N$ en ≤ $1,2q_N$
5 Pa - 10 Pa		≥ $0,70q_N$ en ≤ $2,3q_N$	≥ $0,70q_N$ en ≤ $2,0q_N$	≥ $0,70q_N$ en ≤ $1,5q_N$	≥ $0,80q_N$ en ≤ $1,2q_N$
10 Pa – 25 Pa		≥ $0,50q_N$ en ≤ $3,0q_N$	≥ $0,50q_N$ en ≤ $2,0q_N$	≥ $0,50q_N$ en ≤ $1,5q_N$	≥ $0,80q_N$ en ≤ $1,2q_N$
25 Pa – 50 Pa		≥ $0,30q_N$ en ≤ $3,0q_N$	≥ $0,30q_N$ en ≤ $2,0q_N$	≥ $0,30q_N$ en ≤ $1,5q_N$	≥ $0,30q_N$ en ≤ $1,5q_N$
50 Pa - 100 Pa		≤ $3,0q_N$	≤ $2,0q_N$	≤ $2,0q_N$	≤ $2,0q_N$
100 Pa - 200 Pa		≤ $4,0q_N$	≤ $3,0q_N$	≤ $3,0q_N$	≤ $3,0q_N$

Tabel [19]: Correctiefactor $r_{nat.supply,zone\ z}$

Klasse RTO	$r_{nat.supply,zone\ z}$
P0	0,20
P1	0,18
P2	0,14
P3	0,08
P4	0,02

B.1.1.2 Correctiefactor $r_{nat.exh,zone\ z}$

Natuurlijke afvoeropeningen die niet zelfregelend zijn krijgen als waarde: $r_{nat.exh,zone\ z} = 0,20$

Dit is ook de waarde bij ontstentenis.

Betere waarden kunnen bepaald worden volgens vooraf door de minister bepaalde regels.

B.1.1.3 Correctiefactor $r_{leak,stack,zone\ z}$

Bereken $r_{leak,stack,zone\ z}$ van ventilatiezone z bij conventie als:

Eq. 141 $$r_{leak,stack,\ zone\ z} = \frac{\sum_k \dot{V}_{leak,stack,zone\ z,k}}{\dot{V}_{req,exh,zone\ z}} \quad (-)$$

met:

$\dot{V}_{leak,stack,zonez,k}$ het conventioneel lekdebiet van natuurlijk afvoerkanaal k in ventilatiezone z, in m^3/h;

$\dot{V}_{req,exh,zonez}$ het geëiste totaal afvoerdebiet van de ventilatiezone z, als som van de geëiste afvoerdebieten naar buiten van de individuele ruimten, in m^3/h.

Er dient gesommeerd te worden over alle natuurlijke afvoerkanalen k die in de ventilatiezone z voorkomen. Bepaal het lekdebiet $\dot{V}_{leak,stack,zone\ z,k}$ van een natuurlijk afvoerkanaal k bij de optredende werkingsdruk volgens de procedure bepaald door de minister, of bij afwezigheid daarvan conform de procedures beschreven in de norm NBN EN 14134. De bij conventie te beschouwen werkingsdruk is 2 Pa.

Neem in geval geen meetresultaten voorgelegd worden, $r_{leak,stack,zone\ z} = 0,025$. Dit is de waarde bij ontstentenis.

B.1.2 Mechanische toevoerventilatie

Bij de bepaling van de vermenigvuldigingsfactor $m_{zone\ z}$ wordt bij deze systemen met volgende aspecten rekening gehouden:

- m.b.t. de toevoer:
  - de eventueel gebrekkige afstelling van de toevoeropeningen
  - de luchtondichtheid van de mechanische toevoerkanalen
- m.b.t. de afvoer:
  - de mate van zelfregelendheid van de afvoeropeningen
  - de luchtondichtheid van de natuurlijke afvoerkanalen

Bepaal $m_{zone\ z}$ per ventilatiezone z als:

Eq. 142 $$m_{zone\ z} = 1,0 + 0,5 \times \left(\frac{r_{mech.supply,\ zone\ z} + r_{nat.exh,\ zone\ z} + r_{leak,stack,\ zone\ z}}{r_{mech.supply,\ zone\ z,def} + r_{nat.exh,\ zone\ z,def} + r_{leak,stack,\ zone\ z,def}} \right) \quad (-)$$

met:

$r_{mech.supply,zone\ z}$	een correctiefactor voor de eventueel gebrekkige afstelling van de toevoeropeningen in elk van de ruimten en de luchtondichtheid van de mechanische toevoerkanalen in ventilatiezone z, zoals hieronder bepaald, (-);
$r_{nat.exh,zone\ z}$	een correctiefactor voor de mate van zelfregelendheid van de afvoeropeningen in ventilatiezone z, zoals bepaald in B.1.1, (-);
$r_{leak,stack,zone\ z}$	een correctiefactor voor de luchtondichtheid van de natuurlijke afvoerkanalen in de ventilatiezone z, zoals bepaald in B.1.1, (-);
$r_{mech.supply,zone\ z,def}$	de waarde bij ontstentenis voor $r_{mech.supply,zone\ z}$, zoals hieronder bepaald, (-);
$r_{nat.exh,zone\ z,def}$	de waarde bij ontstentenis voor $r_{nat.exh,zone\ z}$, zoals bepaald in B.1.1, (-);
$r_{leak,stack,zone\ z,def}$	de waarde bij ontstentenis voor $r_{leak,stack,zone\ z}$, zoals bepaald in B.1.1, (-).

B.1.2.1 Correctiefactor $r_{mech.supply,zone\ z}$

Bereken $r_{mech.supply,zone\ z}$ *per ventilatiezone z* als:

Eq. 143 $$r_{mech.supply,zone\ z} = r_{adj.mech.supply,zone\ z} + \frac{\sum_{l} \dot{V}_{leak,supply\ duct,zone\ z,l}}{\dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z}} \quad (-)$$

met:

$r_{adj,mech.supply,zone\ z}$	een correctiefactor voor de eventueel gebrekkige afstelling van de toevoeropeningen in ventilatiezone z, zoals hieronder bepaald, (-);
$\dot{V}_{leak,supply\ duct,zone\ z,l}$	de lekverliezen van het toevoerkanaalnet l in ventilatiezone z, bij nominale ventilatorstand, in m^3/h, zoals hieronder bepaald;
$\dot{V}_{req,mech.supply,zonez}$	het geëiste totale toevoerdebiet van ventilatiezone z, als som van de geëiste buitenluchttoevoerdebieten van de individuele ruimten, in m^3/h.

In de tweede term dient gesommeerd te worden over alle toevoerkanaalnetten l in ventilatiezone z.

De correctiefactor voor de eventueel gebrekkige afstelling van de toevoeropeningen in een ventilatiezone z als volgt:

- indien in ventilatiezone z de debieten (bij nominale ventilatorstand) van de mechanische toevoeropeningen niet, of niet allemaal, gemeten zijn, geldt:

  $r_{adj,mech.supply,zone\ z} = 0,20$

  Dit is de waarde bij ontstentenis.

- indien in ventilatiezone z de debieten (bij nominale ventilatorstand) van alle mechanische toevoeropeningen gemeten zijn, geldt:
  - indien elk van de meetwaarden per ruimte van de mechanische toevoerdebieten tussen 100% en 120% ligt van de geëiste waarde voor de betreffende ruimte, geldt:

    $r_{adj,mech.supply,zone\ z} = 0$

  - indien elk van de meetwaarden per ruimte van de mechanische toevoerdebieten minstens 100% bedraagt van de geëiste waarde voor de betreffende ruimte, maar 1 of meer waarden meer dan 120% van de geëiste waarden bedragen, geldt:
- indien elk van de meetwaarden per ruimte van de mechanische toevoerdebieten tussen 100% en 120% ligt van de geëiste waarde voor de betreffende ruimte, geldt:

  $r_{adj,mech.supply,zone\ z} = 0$

- indien elk van de meetwaarden per ruimte van de mechanische toevoerdebieten minstens 100% bedraagt van de geëiste waarde voor de betreffende ruimte, maar 1 of meer waarden meer dan 120% van de geëiste waarden bedragen, geldt:

Eq. 144
$$r_{adj,mech.supply,zone\ z} = \max\left[0\ ;\ \min\left\{0,20;\ \frac{\sum_{j} \dot{V}_{meas,mech.supply,rm\ j}}{\dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z}} - 1,20\right\}\right] \quad (-)$$

  waarbij de per ruimte gemeten mechanische debieten ($\dot{V}_{meas,mech.supply,rmj}$, in m^3/h) moeten gesommeerd worden over alle toevoerruimten j van ventilatiezone z. $\dot{V}_{req,mech.supply,zonez}$ is het geëiste totaal mechanisch toevoerdebiet in de ventilatiezone z; dit is de som van de geëiste buitenluchttoevoerdebieten van de individuele ruimten, in m^3/h.

  - zoniet:

    $r_{adj,mech.supply,zone\ z} = 0,20$

  waarbij de per ruimte gemeten mechanische debieten ($\dot{V}_{meas,mech.supply,rmj}$, in m^3/h) moeten gesommeerd worden over alle toevoerruimten j van ventilatiezone z. $\dot{V}_{req,mech.supply,zonez}$ is het geëiste totaal mechanisch toevoerdebiet in de ventilatiezone z; dit is de som van de geëiste buitenluchttoevoerdebieten van de individuele ruimten, in m^3/h.

Bepaal de lekverliezen van alle toevoerkanaalnetten bij de optredende werkingsdruk in ventilatiezone z als volgt:

- via meting van elk van de toevoerkanaalnetten. De metingen worden uitgevoerd volgens de procedures bepaald door de minister, of bij afwezigheid daarvan conform de procedures beschreven in de norm NBN EN 14134.
- de waarde bij ontstentenis bedraagt:

Eq. 145 $\sum_k \dot{V}_{leak,supply\ duct,zone\ z,k} = 0,18 \cdot \dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z}$ (m³/h)

Deze is van toepassing:

- indien voorgaande meting niet voor alle toevoerkanaalnetten uitgevoerd wordt;
- of indien de gemeten lekdebieten groter zijn dan deze waarde bij ontstentenis.

B.1.3 Mechanische afvoerventilatie

Bij de bepaling van de vermenigvuldigingsfactor $m_{zone\ z}$ wordt bij deze systemen met volgende aspecten rekening gehouden:

- m.b.t. de toevoer:
  - de mate van zelfregelendheid van de regelbare toevoeropeningen
- m.b.t. de afvoer:
  - de eventueel gebrekkige afstelling van de afvoeropeningen
  - de luchtondichtheid van de mechanische afvoerkanalen

Bepaal $m_{zone\ z}$ per ventilatiezone z als:

Eq. 146 $$m_{zone\ z} = 1,0 + 0,5 \times \left(\frac{r_{nat.supply,zone\ z} + r_{mech.extr,zone\ z}}{r_{nat.supply,zone\ z,def} + r_{mech.\ extr,zone\ z,def}} \right)$$ (-)

met:

$r_{nat.supply,zone\ z}$ een correctiefactor voor de mate van zelfregelendheid van de regelbare toevoeropeningen in ventilatiezone z, zoals bepaald in B.1.1, (-);

$r_{mech.extr,zone\ z}$ een correctiefactor voor de eventueel gebrekkige afstelling van de afvoeropeningen in elk van de ruimten en de luchtondichtheid van de mechanische afvoerkanalen in ventilatiezone z, zoals hieronder bepaald, (-);

$r_{nat.supply,zone\ z,def}$ de waarde bij ontstentenis voor $r_{nat.supply,zone\ z}$, zoals bepaald in B.1.1, (-);

$r_{mech.extr,zone\ z,def}$ de waarde bij ontstentenis voor $r_{mech.extr,zone\ z}$, zoals hieronder bepaald, (-).

B.1.3.1 Correctiefactor $r_{mech.extr,zone\ z}$

Bereken $r_{mech.extr,zone\ z}$ per ventilatiezone z als:

Eq. 147 $$r_{mech.extr,zone\ z} = r_{adj,mech.extr,zone\ z} + \frac{\sum_m \dot{V}_{leak,extr.duct,zone\ z,m}}{\dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z}}$$ (-)

met:

$r_{adj,mech.extr,zone\ z}$ een correctiefactor voor de eventueel gebrekkige afstelling van de afvoeropeningen in ventilatiezone z, zoals hieronder bepaald, (-);

$\dot{V}_{leak,extr.duct,zonez,m}$ de lekverliezen van het afvoerkanaalnet m bij nominale ventilatorstand in ventilatiezone z, in m^3/h, zoals hieronder bepaald;

$\dot{V}_{req,mech.extr,zonez}$ het geëiste totale afvoerdebiet van ventilatiezone z, als som van de geëiste afvoerdebieten naar buiten van de individuele ruimten, in m^3/h.

In de tweede term dient gesommeerd te worden over alle afvoerkanaalnetten m in ventilatiezone z.

Bepaal de correctiefactor voor de eventueel gebrekkige afstelling van de afvoeropeningen in een ventilatiezone z als volgt:

- indien in ventilatiezone z de debieten (bij nominale ventilatorstand) van de mechanische afvoeropeningen niet, of niet allemaal, gemeten zijn, geldt:

  $r_{adj,mech.extr,zone\ z} = 0,20$

  Dit is de waarde bij ontstentenis.

- indien in ventilatiezone z de debieten (bij nominale ventilatorstand) van alle mechanische afvoeropeningen gemeten zijn, geldt:
  - indien elk van de meetwaarden per ruimte van de mechanische afvoerdebieten tussen 100% en 120% ligt van de geëiste waarde voor de betreffende ruimte, geldt:

    $r_{adj,mech.extr,zone\ z} = 0$

  - indien elk van de meetwaarden per ruimte van de mechanische afvoerdebieten minstens 100% bedraagt van de geëiste waarde voor de betreffende ruimte, maar 1 of meer waarden meer dan 120% van de geëiste waarden bedragen, geldt:
- indien elk van de meetwaarden per ruimte van de mechanische afvoerdebieten tussen 100% en 120% ligt van de geëiste waarde voor de betreffende ruimte, geldt:

  $r_{adj,mech.extr,zone\ z} = 0$

- indien elk van de meetwaarden per ruimte van de mechanische afvoerdebieten minstens 100% bedraagt van de geëiste waarde voor de betreffende ruimte, maar 1 of meer waarden meer dan 120% van de geëiste waarden bedragen, geldt:

Eq. 148 $$r_{adj,mech.extr,zone\ z} = \max\left[0\ ; \min\left\{0,20; \frac{\sum_j \dot{V}_{meas,mech.extr,rm\ j}}{\dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z}} - 1,20\right\}\right] \quad (-)$$

waarbij de per ruimte gemeten mechanische debieten ($\dot{V}_{meas,mech.extr,rmj}$, in m^3/h) moeten gesommeerd worden over alle afvoerruimten j van ventilatiezone z. $\dot{V}_{req,mech.extr,zonez}$ is het geëiste totale mechanische afvoerdebiet in de ventilatiezone z; dit is de som van de geëiste afvoerdebieten naar buiten van de individuele ruimten, in m^3/h.

zoniet:

$r_{adj,mech.extr,zonez}=0,20$

waarbij de per ruimte gemeten mechanische debieten ($\dot{V}_{meas,mech.extr,rmj}$, in m³/h) moeten gesommeerd worden over alle afvoerruimten j van ventilatiezone z. $\dot{V}_{req,mech.extr,zonez}$ is het geëiste totale mechanische afvoerdebiet in de ventilatiezone z; dit is de som van de geëiste afvoerdebieten naar buiten van de individuele ruimten, in m³/h.

Bepaal de lekverliezen van alle afvoerkanaalnetten bij de optredende werkingsdruk in ventilatiezone z als volgt:

- via meting van elk van de afvoerkanaalnetten. De metingen worden uitgevoerd volgens de procedures bepaald door de minister, of bij afwezigheid daarvan conform de procedures beschreven in NBN EN 14134.
- de waarde bij ontstentenis bedraagt:

Eq. 149 $$\sum_{l} \dot{V}_{leak,\ extr\ duct,\ zone\ z,\ l} = 0,18 . \dot{V}_{req,\ mech.\ extr,\ zone\ z} \quad (m^3/h)$$

Deze is van toepassing:

- indien voorgaande meting niet voor alle afvoerkanaalnetten uitgevoerd wordt;
- of indien de gemeten lekdebieten groter zijn dan deze waarde bij ontstentenis.

B.1.4 Mechanische toe- en afvoerventilatie

Bij de bepaling van de vermenigvuldigingsfactor $m_{zone\ z}$ wordt bij deze systemen met volgende aspecten rekening gehouden:

- m.b.t. de toevoer:
  - de eventueel gebrekkige afstelling van de toevoeropeningen
  - de luchtondichtheid van de mechanische toevoerkanalen
- m.b.t. de afvoer:
  - de eventueel gebrekkige afstelling van de afvoeropeningen
  - de luchtondichtheid van de mechanische afvoerkanalen

Bepaal $m_{zone\ z}$ per ventilatiezone z als:

Eq. 150 $$m_{zone\ z} = 1,0 + 0,5 . \frac{r_{all\ mech,zone\ z}}{r_{all\ mech,zone\ z,def}} \quad (-)$$

met:

$r_{all\ mech,zone\ z}$ een correctiefactor voor het gebrek aan luchtdichtheid van de toe- en afvoerkanalen en de eventueel gebrekkige afstelling van de toe- en afvoeropeningen in elk van de ruimten in de ventilatiezone z, zoals hieronder bepaald, (-);

$r_{all\ mech,zone\ z,def}$ de waarde bij ontstentenis voor $r_{all\ mech,zone\ z}$, zoals hieronder bepaald, (-).

B.1.4.1 Correctiefactor $r_{all\ mech,zone\ z}$

Bereken $r_{all\ mech,zone\ z}$ per ventilatiezone z als:

Eq. 151 $$r_{all\ mech,zone\ z} = \frac{\max\left(\dot{V}_{calc,mech.supply,\ zone\ z}\ ;\ \dot{V}_{calc,mech.extr,\ zone\ z}\right)}{\max\left(\dot{V}_{req,mech.supply,\ zone\ z}\ ;\ \dot{V}_{req,mech.extr,\ zone\ z}\right)} \quad (-)$$

waarin:

Eq. 152 $$\dot{V}_{calc,mech.supply,zone\ z} = r_{adj,mech.supply,zone\ z} \cdot \dot{V}_{req,mech.supply,zone\ z} + \sum_{l} \dot{V}_{leak,supplyduct,zone\ z,l} \quad (m^3/h)$$

Eq. 153 $$\dot{V}_{calc,mech.extr,zone\ z} = r_{adj,mech.extr,zone\ z} \cdot \dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z} + \sum_{m} \dot{V}_{leak,extr\ duct,zone\ z,m} \quad (m^3/h)$$

met:

$r_{adj,mech.supply,zone\ z}$	een correctiefactor voor de eventueel gebrekkige afstelling van de toevoeropeningen in ventilatiezone z, zoals bepaald in B.1.2, (-);
$\dot{V}_{leak,supply\ duct,zone\ z,l}$	de lekverliezen van het toevoerkanaalnet l bij nominale ventilatorstand in ventilatiezone z, in m^3/h, zoals bepaald in B.1.2;
$\dot{V}_{req,mech.supply,zonez}$	het geëiste totale toevoerdebiet van ventilatiezone z, als som van de geëiste buitenluchttoevoerdebieten van de individuele ruimten, in m^3/h;
$r_{adj,mech.extr,zone\ z}$	een correctiefactor voor de eventueel gebrekkige afstelling van de afvoeropeningen in ventilatiezone z, zoals bepaald in B.1.3, (-);
$\dot{V}_{leak,extr\ duct,zone\ z,m}$	de lekverliezen van het afvoerkanaalnet m bij nominale ventilatorstand in ventilatiezone z, in m^3/h, zoals bepaald in B.1.3;
$\dot{V}_{req,mech.extr,zonez}$	het geëiste totale afvoerdebiet van ventilatiezone z, als som van de geëiste afvoerdebieten naar buiten van de individuele ruimten, in m^3/h.

Er dient gesommeerd te worden over alle toevoerkanaalnetten l en alle afvoerkanaalnetten m in ventilatiezone z.

B.2 Reductiefactor voor voorverwarming

De reductiefactor voor voorverwarming r van een energiesector i is gelijk aan de reductiefactor voor voorverwarming van de ventilatiezone z waarvan de energiesector i deel uitmaakt:

Eq. 154 $$r_{preh,heat,sec\ i} = r_{preh,heat,zone\ z}$$

Eq. 155 $$r_{preh,cool,sec\ i} = r_{preh,cool,zone\ z}$$

Eq. 156 $$r_{preh,overh,sec\ i} = r_{preh,overh,zone\ z}$$

De bepaling van de reductiefactor voor voorverwarming van ventilatiezone z d.m.v. een warmteterugwinapparaat gebeurt zoals hieronder beschreven. Voorverwarming d.m.v. doorgang doorheen een aangrenzende onverwarmde ruimte en/of doorheen een ondergronds aanvoerkanaal dient behandeld te worden door vooraf door de minister bepaalde regels of, bij gebrek daaraan, op basis van een gelijkwaardigheidsaanvraag.

Als er geen voorverwarming plaatsvindt, is de waarde voor r in elk van de gevallen 1.

Een warmtepomp die als warmtebron de afvoerlucht gebruikt, wordt niet in deze bijlage behandeld.

- Indien de warmtepomp dient voor ruimteverwarming, gebeurt de inrekening volgens § 10.2.3.3.
- Indien de warmtepomp dient voor de bereiding van warm tapwater, gebeurt de inrekening volgens § 10.3.3.

Warmteterugwinapparaat in geval van mechanische toe- en afvoerventilatie

In een ventilatiezone z met mechanische toe- en afvoerventilatie is het mogelijk de toevoer van buitenlucht in min of meerdere mate voor te verwarmen m.b.v. een warmtewisselaar die warmte onttrekt aan de afvoerlucht naar buiten. Toevoerlucht van buiten kan ev. via verschillende luchtinlaten de ventilatiezone z binnengebracht worden. In dat geval is het ev. mogelijk dat niet alle luchttoevoeren voorverwarmd worden. Omgekeerd kan de mechanische afvoer naar buiten ev. via verschillende luchtuitlaten plaatsvinden en is het ev. mogelijk dat op sommige van deze luchtstromen geen warmterecuperatie plaatsvindt. Indien ten slotte het totaal mechanisch toevoerdebiet verschilt van het totaal mechanisch afvoerdebiet in de ventilatiezone z, dan zal er noodzakelijkerwijs een extra (in- of uitwaartse) ongecontroleerde luchtstroom doorheen de schil optreden[18].

In het meest algemene geval kan de reductiefactor voor ruimteverwarming ingevolge de voorverwarming van de buitenluchttoevoer in een ventilatiezone z m.b.v. warmteterugwinning aan de hand van de volgende formule bepaald worden:

Eq. 157

$$r_{preh,heat,zone\ z} = \frac{\sum_p \left\{\dot{V}_{in,p} - e_{heat,hr,p}\min\left(\dot{V}_{in,p}; \dot{V}_{out,p}\right)\right\} + \max\left\{0, \sum_p \left(\dot{V}_{out,p} - \dot{V}_{in,p}\right)\right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{in,p}; \sum_p \dot{V}_{out,p}\right)} \quad (-)$$

met:

$e_{heat,hr,p}$ een dimensieloze factor die de mate van warmteterugwinning op plaats p aangeeft, als volgt bepaald:

- indien de buitenlucht toevoerstroom p niet voorverwarmd wordt, geldt $e_{heat,hr,p} = 0$;
- indien de buitenlucht toevoerstroom p wel voorverwarmd wordt m.b.v. een warmteterugwinapparaat, geldt $e_{heat,hr,p} = r_p.\eta_{test,p}$

De factor r_p wordt bepaald zoals hieronder beschreven. Het thermisch rendement $\eta_{test,p}$ van het warmteterugwinapparaat op plaats p wordt bepaald zoals beschreven in Bijlage G van deze tekst. Een waarde voor het thermisch rendement mag slechts gebruikt worden in

[18] Omwille van de eenvoud wordt net zoals in § 7.8.2 bij conventie de mogelijke interactie tussen de in/exfiltratieterm en de term voor bewuste ventilatie buiten beschouwing gelaten.

zoverre zowel $\dot{V}_{in,p}$ als $\dot{V}_{out,p}$ niet groter zijn dan het volumedebiet tijdens de proef zoals gedefinieerd in Bijlage G van deze tekst;

$\dot{V}_{in,p}$ het ingaand luchtdebiet op plaats p, in m^3/h, bepaald zoals hieronder beschreven;

$\dot{V}_{out,p}$ het uitgaand luchtdebiet op plaats p, in m^3/h, bepaald zoals hieronder beschreven.

Er dient gesommeerd te worden over alle plaatsen p in ventilatiezone z waar mechanische buitenlucht toevoer en/of mechanische afvoer naar buiten plaatsvindt.

Bepaal het binnenkomende buitenlucht debiet op plaats p als volgt:

- als de prestaties van de toevoeropeningen zijn bepaald volgens de door de minister bepaalde regels en gebeurt op plaats p een continue meting van het ingaand debiet en vindt op basis daarvan een continue en automatische aanpassing aan de instelwaarde plaats zodat het ingaand debiet bij geen enkele ventilatorstand meer dan 5% van de instelwaarde afwijkt, dan geldt:

Eq. 158 $\dot{V}_{in,p} = \dot{V}_{supply,setpoint,nom,p}$ (m^3/h)

waarbij de instelwaarde van het debiet op plaats p bij nominale ventilatorstand beschouwd wordt, in m^3/h;

- in alle andere gevallen geldt:

Eq. 159 $\dot{V}_{in,p} = \dot{V}_{mechsupply,p} + \dot{V}_{leak,supplyduct,p}$ (m^3/h)

Voor de bepaling van de lekverliezen van het toevoerkanaalnet ($\dot{V}_{leak,supply\,duct,p}$, in m^3/h) gelden dezelfde regels als bij mechanische toevoerventilatie (zie B.1.2). Ligt geen meetwaarde van de lekverliezen voor, dan wordt de waarde ervan nul gesteld. Worden Als de prestaties van de toevoeropeningen zijn bepaald volgens de door de minister bepaalde regels en zijn de toevoerdebieten bij de nominale ventilatorstand effectief gemeten in alle ruimten die via plaats p van buitenlucht voorzien worden, dan gebruikt men voor $\dot{V}_{mech\,sup\,ply,p}$ de som van deze meetwaarden. In het andere geval wordt $\dot{V}_{mech\,sup\,ply,p}$ gelijk gesteld aan de som van de geëiste buitenluchttoevoerdebieten per ruimte.

Als het warmteterugwinapparaat voor meerdere EPB-eenheden instaat, wordt voor de bepaling van de reductiefactor geen rekening gehouden met de debieten van de andere EPB-eenheden.

Bepaal het afvoerdebiet naar buiten op plaats p als volgt:

- als de prestaties van de afvoeropeningen zijn bepaald volgens de door de minister bepaalde regels en gebeurt op plaats p een continue meting van het uitgaand debiet en vindt op basis daarvan een continue en automatische aanpassing aan de instelwaarde plaats zodat het uitgaand debiet bij geen enkele ventilatorstand meer dan 5% van de instelwaarde afwijkt, dan geldt:

Eq. 160 $\dot{V}_{out,p} = \dot{V}_{extr,setpoint,nom,p}$ (m^3/h)

waarbij de instelwaarde van het debiet op plaats p bij nominale ventilatorstand beschouwd wordt, in m^3/h;

- in alle andere gevallen geldt:

Eq. 161 $\dot{V}_{out,p} = \dot{V}_{mechextr,p} + \dot{V}_{leak,extr\ duct,p}$ (m³/h)

Voor de bepaling van de lekverliezen van het afvoerkanaalnet ($\dot{V}_{leak,extrduct,p}$, in m³/h) gelden dezelfde regels als bij mechanische afvoerventilatie (zie B.1.3). Ligt geen meetwaarde van de lekverliezen voor, dan wordt de waarde ervan nul gesteld. Worden Als de prestaties van de afvoeropeningen zijn bepaald volgens de door de minister bepaalde regels en zijn de afvoerdebieten bij nominale ventilatorstand effectief gemeten in alle ruimten van waaruit via plaats p naar buiten afgezogen wordt, dan gebruikt men voor $\dot{V}_{mech\ extr,p}$ de som van deze meetwaarden. In het andere geval wordt $\dot{V}_{mech\ extr,p}$ gelijk gesteld aan de som van de geëiste afvoerdebieten naar buiten.

Als het warmteterugwinapparaat voor meerdere EPB-eenheden instaat, wordt voor de bepaling van de reductiefactor geen rekening gehouden met de debieten van de andere EPB-eenheden.

Bepaal in geval er warmteterugwinning plaatsvindt op plaats p r_p als volgt:

- gebeurt in het warmteterugwinapparaat een continue meting van zowel het ingaand als het uitgaand debiet en vindt op basis daarvan een continue en automatische aanpassing aan de instelwaarden plaats zodat in- en uitgaand debiet bij geen enkele ventilatorstand meer dan 5% van hun respectievelijke instelwaarde afwijken, dan geldt:
  $r_p = 0,95$

- in alle andere gevallen geldt:
  $r_p = 0,85$

Bepaal de reductiefactor voor de berekening van het risico op oververhitting en van de netto energiebehoefte voor ruimtekoeling als volgt:

Eq. 162
$$r_{preh,overh,zone\ z} = r_{preh,cool,zone\ z} = \frac{\sum_p \left\{\dot{V}_{in,p} - e_{cool,hr,p}\min\left(\dot{V}_{in,p}; \dot{V}_{out,p}\right)\right\} + \max\left\{0, \sum_p \left(\dot{V}_{out,p} - \dot{V}_{in,p}\right)\right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{in,p}; \sum_p \dot{V}_{out,p}\right)}$$ (-)

waarbij de verschillende termen dezelfde zijn als hierboven, met uitzondering van $e_{cool,hr,p}$, waarvan de waarde als volgt bepaald wordt:

- indien warmteterugwinapparaat p van een by-pass voorzien is waarbij de doorgang doorheen de warmtewisselaar volledig afgesloten wordt, of op een andere manier volledig geïnactiveerd kan worden (bv. stilzetten van een roterend warmtewiel), geldt:

Eq. 163 $e_{cool,hr,p} = 0$ (-)

- indien warmteterugwinapparaat p van een by-pass voorzien is maar de doorgang doorheen de warmtewisselaar daarbij niet volledig afgesloten wordt of niet op een andere manier volledig geïnactiveerd wordt, geldt:

Eq. 164 $e_{cool,hr,p} = 0,5 \times e_{heat,hr,p}$ (-)

- in alle andere gevallen geldt:

Eq. 165 $e_{cool,hr,p} = e_{heat,hr,p}$ (-)

B.3 Voorkoeling van ventilatielucht

B.3.1 Rekenregel

De maandelijkse vermenigvuldigingsfactor $r_{precool,seci,m}$ voor het effect van voorkoeling van ventilatielucht voor de koelberekeningen en voor de bepaling van de oververhittingsindicator van energiesector i is gelijk aan de maandelijkse vermenigvuldigingsfactor voor het effect van voorkoeling van ventilatielucht van de ventilatiezone z waarvan de energiesector deel uitmaakt:

Eq. 166 $r_{precool,seci,m} = r_{precool,zone\ z,m}$ (-)

Indien er geen systeem is voor voorkoeling van ventilatielucht in ventilatiezone z, of indien slechts een gedeelte van het hygiënisch ventilatiedebiet van ventilatiezone z gekoeld wordt met behulp van een systeem voor voorkoeling van ventilatielucht, is $r_{precool,zone\ z,m}$ gelijk aan 1.

Indien er meerdere EPB-eenheden gebruik maken van hetzelfde systeem voor voorkoeling van ventilatielucht is de waarde bij ontstentenis voor $r_{precool,zone\ z,m}$ gelijk aan 1, betere waarden kunnen bepaald worden op basis van een gelijkwaardigheidsaanvraag.

Indien er wel een systeem voor voorkoeling aanwezig is en het ganse hygiënisch ventilatiedebiet van ventilatiezone z gekoeld wordt met behulp van een systeem voor voorkoeling van ventilatielucht dient $r_{precool,zone\ z,m}$ te worden bepaald als volgt:

Eq. 167
$$r_{precool,zone\ z,m} = 1 - e_{precool,m} \cdot \frac{\theta_{precool,ref,max,m} - \left(\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m}\right)}{23 - \left(\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m}\right)} \quad (-)$$

met:

$e_{precool,m}$ de maandelijkse effectiviteit van het betreffende voorkoelsysteem, zoals hieronder bepaald, (-);

$\theta_{precool,ref,max,m}$ de referentietemperatuur voor maximale temperatuurdaling, zoals hieronder bepaald, in °C;

$\theta_{e,m}$ de maandgemiddelde buitentemperatuur, ontleend aan Tabel [1], in °C;

$\Delta\theta_{e,m}$ een verhoging van de maandgemiddelde buitentemperatuur voor de berekening van de netto energiebehoefte voor koeling, gelijk te nemen aan 1°C.

Voor twee types technologieën wordt een uitdrukking voor $e_{precool,m}$ en $\theta_{precool,ref,max,m}$ uitgewerkt in volgende paragrafen. Voor andere technologieën dient $r_{precool,zone\ z,m}$ bepaald te worden volgens vooraf door de minister bepaalde regels.

B.3.2 Aarde-water warmtewisselaar

Bodemwarmtewisselaars worden gebruikt om ventilatielucht te koelen of te verwarmen (voorverwarming/voorkoeling). Hierbij wordt gebruik gemaakt van de thermische massa van aarde om warmte naar over te dragen. Op een voldoende

diepte is de grondtemperatuur stabiel. In de zomer betekent dit dat de toegevoerde ventilatielucht kan worden afgekoeld, in de winter kan deze worden opgewarmd. Bij aarde-water warmtewisselaars wordt water door een reeks buizen gestuurd, die via een collector aan een luchtbatterij zijn gekoppeld. Het water dat door een pomp door de buizen wordt gecirculeerd, zal de lucht verwarmen of koelen.

B.3.2.1 Effectiviteit $e_{precool,m}$ van het voorkoelsysteem

Voor een aarde-water warmtewisselaar is de waarde bij ontstentenis:

Eq. 168 $$e_{precool,m} = 0{,}7 \cdot w_{soil/water,m} \quad (-)$$

met:

$w_{soil/water,m}$ Een maandelijkse factor die de werkingstijd van de aarde-water warmtewisselaar inrekent, (-)

Eq. 169

als $\theta_{e,m} - \theta_{soil,m} \leq 0$ stel $w_{soil/water,m} = 0$

als $0 < \theta_{e,m} - \theta_{soil,m} \leq 2$ stel $w_{soil/water,m} = 0{,}5$

als $\theta_{e,m} - \theta_{soil,m} > 2$ stel $w_{soil/water,m} = 1$ (-)

waar:

$\theta_{e,m}$ de maandgemiddelde buitentemperatuur, in °C, ontleend aan Tabel [1];

$\theta_{soil,m}$ de maandgemiddelde bodemtemperatuur afhankelijk van de diepte van de grondbuis, zoals bepaald in B.3.2.2, in °C.

B.3.2.2 Referentietemperatuur voor maximale temperatuurdaling $\theta_{precool,ref,max,m}$

De referentietemperatuur voor de bepaling van de prestatie van de aarde-water warmtewisselaar wordt gegeven door:

Eq. 170
$$\theta_{precool,ref,max,m} = \frac{\left(\frac{e_{wt}\theta_{soil,m}}{e_{wt} - 1} - \frac{0{,}34 \sum \dot{V}_{hyg,cool,sec\,i}}{1160 \dot{V}_w} \left(\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m} \right) \right)}{\left(1 - \frac{0{,}34 \sum \dot{V}_{hyg,cool,sec\,i}}{1160 \dot{V}_w} + \frac{1}{e_{wt} - 1} \right)} \quad (°C)$$

met:

$\dot{V}_{hyg,cool,sec\,i}$ het hygiënisch ventilatiedebiet van energiesector i, voor de de koelberekeningen, zoals bepaald in § 7.8.5, in m³/h;

$\dot{V}_w$ het waterdebiet doorheen de aarde-water warmtewisselaar, in m³/h;

e_{wt} de effectiviteit van de aarde-water warmtewisselaar, zoals hieronder bepaald, (-);

$\theta_{soil,m}$ de maandgemiddelde bodemtemperatuur afhankelijk van de diepte van de grondbuis, zoals hieronder bepaald, in °C;

$\theta_{e,m}$ de maandgemiddelde buitentemperatuur, ontleend aan Tabel [1], in °C;

$\Delta\theta_{e,m}$ een verhoging van de maandgemiddelde buitentemperatuur voor de berekening van de netto energiebehoefte voor koeling, gelijk te nemen aan 1°C.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i van ventilatiezone z die aangesloten zijn op de aarde-water warmtewisselaar.

Voor de bepaling van de maandgemiddelde bodemtemperatuur $\theta_{soil,m}$ wordt er onderscheid gemaakt tussen horizontale en vertikale grondbuizen.

- Horizontale grondbuizen: ontleen de maandgemiddelde bodemtemperatuur aan Tabel [20]:;
- Vertikale grondbuizen: bepaal de maandgemiddelde bodemtemperatuur met onderstaande formule:

Eq. 171 $$\theta_{soil,m} = \frac{\theta_{soil,1m,m} + \theta_{soil,2m,m} + \theta_{soil,3m,m} + \theta_{soil,4m,m} + \theta_{soil,5m,m} \cdot \left(L_{soil\,/\,water} - 4\right)}{L_{soil\,/\,water}} \quad (°C)$$

$\theta_{soil,1m,m}$, $\theta_{soil,2m,m}$, $\theta_{soil,3m,m}$, $\theta_{soil,4m,m}$ en $\theta_{soil,5m,m}$ de maandgemiddelde bodemtemperatuur op respectievelijk 1, 2, 3, 4 en 5 m diepte, ontleend aan Tabel [20]:;

$L_{soil/water}$ de maximale diepte van de grondbuis, in m.

Tabel [20]: Gemiddelde bodemtemperaturen voor de bepaling van $\theta_{soil,m}$

	Jan	Feb	Maa	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
0,5 m	4,2	4,3	5,8	8,8	12,1	15,1	16,8	16,8	15,0	12,1	8,7	5,9
1 m	5,4	5,0	6,0	8,2	11,0	13,8	15,5	16,0	14,9	12,7	9,8	7,2
2 m	7,5	6,5	6,6	7,8	9,6	11,7	13,5	14,5	14,3	13,2	11,3	9,2
3 m	9,0	7,9	7,6	7,9	9,0	10,5	11,9	13,1	13,4	13,1	11,9	10,5
4 m	10,0	9,0	8,5	8,4	8,9	9,8	10,9	11,9	12,5	12,6	12,1	11,2
5 m+	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

Voor tussenliggende diepten wordt de tabel geïnterpoleerd.

De effectiviteit van de aarde-water warmtewisselaar wordt gegeven door:

Eq. 172 $$e_{wt} = 1 - e^{-\frac{\alpha_{wt}\ A_{wt}}{1160\ \dot{V}_W}} \quad (-)$$

met:

α_{wt} de warmtedoorgangscoëfficiënt van de buizen in de aarde-water warmtewisselaar, zoals hieronder bepaald, in W/(m².K);

A_{wt} de warmtewisselende oppervlakte van de buizen, in m², zoals hieronder bepaald;

$\dot{V}_W$ het waterdebiet doorheen de aarde-water warmtewisselaar, in m³/h.

De warmtedoorgangscoëfficiënt van de buizen α_{wt} wordt gegeven door:

Eq. 173 $$\alpha_{wt} = \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\ln\left(\left(D_{tube} + 2t_{tube}\right)/D_{tube}\right)}{2\lambda_{tube}/D_{tube}} + \frac{\ln\left(\left(D_{tube} + 2t_{soil}\right)/\left(D_{tube} + 2t_{tube}\right)\right)}{2\lambda_{soil}/D_{tube}} \right)^{-1} \quad (W/(m^2.K)))$$

met:

α_i de inwendige convectiecoëfficiënt van stroming in de buis van de warmtewisselaar voor voorkoeling, zoals hieronder bepaald, in W/(m².K);

t_{soil} de dikte van het grondmassief rond de buis dat in rekening wordt gebracht, zoals hieronder bepaald, in m;

D_{tube} de binnendiameter van de buis, in m;

t_{tube} de dikte van de buiswand, in m;

λ_{tube} de thermische geleidbaarheid van de buis, in W/mK;

λ_{soil} de thermische geleidbaarheid van de grond, gelijk te nemen aan 2, in W/mK.

De inwendige convectiecoëfficiënt wordt gegeven door:

- voor water:

Eq. 174 $$\alpha_i = 0{,}58 \frac{Nu}{D_{tube}} \quad (W/(m^2.K))$$

- voor een oplossing water/glycol (alle types):

Eq. 175 $$\alpha_i = 0{,}43 \frac{Nu}{D_{tube}} \quad (W/(m^2.K))$$

met:

Eq. 176 $$Nu = \left(Nu_{lam}^5 + Nu_{turb}^5\right)^{1/5} \quad (-)$$

Eq. 177 $$Nu_{lam} = \left[3{,}66^3 + 1{,}61^3 \times \left(\frac{Re \times Pr \times D_{tube}}{L_{tube}}\right)\right]^{1/3} \quad (-)$$

met:

Eq. 178 $$Nu_{turb} = \frac{f_{turb} \times (Re - 1000) \times Pr}{2 \times \left(1 + 12{,}7 \times \sqrt{\frac{f_{turb}}{2}} \times \left(Pr^{2/3} - 1\right)\right)} \quad (-)$$

met:

Eq. 179 $$f_{turb} = (1{,}58 \times \ln Re - 3{,}28)^{-2} \quad (-)$$

met:

- voor water:

Eq. 180 $$Re = 996200 \frac{4}{3600\pi} \frac{\dot{V}_w}{n_{tube} D_{tube}} \quad (-)$$

Pr = 7

- voor een oplossing water/glycol (alle types):

Eq. 181 $$Re = 624200 \frac{4}{3600\pi} \frac{\dot{V}_w}{n_{tube} D_{tube}} \quad (-)$$

Pr = 12,5

De dikte van het grondmassief rond de buis dat in rekening wordt gebracht t_{soil} wordt gegeven door:

Eq. 182
$$t_{soil} = \frac{p_{tube} - D_{tube}}{2} \text{ als } p_{tube} - D_{tube} < 0{,}5$$
$$t_{soil} = 0.25 \text{ als } p_{tube} - D_{tube} \geq 0{,}5 \quad (m)$$

met:

p_{tube} de afstand tussen de parallelle buizen, in m;

D_{tube} de binnendiameter van de buis, in m.

De warmtewisselende oppervlakte A_{wt} wordt gegeven door:

Eq. 183 $$A_{wt} = \pi . D_{tube} . L_{tube} . n_{tube} \quad (m^2)$$

met:

D_{tube} de binnendiameter van de buis, in m;

L_{tube} de lengte van de buis, in m;

n_{tube} het aantal buizen in parallel, (-).

B.3.3 Verdampingskoeling

Verdampingskoeling (of adiabate koeling) bestaat in principe uit een methode om door injectie van water de toevoerlucht van een gebouw te koelen. Er bestaan een groot aantal variaties van deze technologie, met verschillende voorbehandelingen en recuperatietechnologieën. De prestatie van verdampingskoelsystemen is sterk variabel met de wijze van ontwerp van deze systemen.

Indien gewoon water wordt geïnjecteerd in de toevoerlucht of afvoerlucht dan kan gebruik gemaakt worden van onderstaande methode.

Voor andere meer complexe systemen dient $r_{precool,zone\ z,m}$ bepaald te worden volgens het principe van gelijkwaardigheid.

B.3.3.1 Effectiviteit $e_{precool,m}$ van het voorkoelsysteem

Voor verdampingskoeling is de waarde bij ontstentenis voor de effectiviteit:

Eq. 184 $e_{precool,m} = 0{,}8 \cdot w_{evap,m}$ (-)

met:

$w_{evap,m}$ een maandelijkse factor die de werkingstijd van de verdampingskoeling inrekent, (-):

Eq. 185 als $Q_{cool,net,m} \leq 0$ $Q_{cool,net,m} \leq 0$ stel $w_{evap,m} = 0$

als $Q_{cool,net,m} > 0$ stel $w_{evap,m} = 1$ (MJ)

met:

$Q_{cool,net,seci,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i, bepaald zonder de verdampingskoeling in rekening te brengen, in MJ.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i van de ventilatiezone z die gebruik maken van verdampingskoeling.

B.3.3.2 Referentietemperatuur voor maximale temperatuurdaling $\theta_{precool,ref,max,m}$

Indien gewoon water wordt geïnjecteerd in de toevoerlucht of afvoerlucht dan is de referentietemperatuur de natteboltemperatuur van de respectievelijke luchtstroom. De waarde bij ontstentenis voor $\theta_{precool,ref,max,m}$ wordt gelijk gesteld aan de maandgemiddelde natteboltemperatuur ontleend aan Tabel [21]: .

Tabel [21]: Maandgemiddelde natteboltemperatuur (°C)

Jan	Feb	Maa	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
1,9	1,7	3,0	5,9	9,3	12,7	14,6	14,7	12,0	9,7	4,8	2,3

Bijlage C De maandelijkse bezonning

C.1 Inleiding

In deze bijlage worden de rekenalgoritmes beschreven voor de berekening van de maandelijkse bezonning op een willekeurig vlak j. De bezonning wordt berekend bij vensters, passieve zonne-energiesystemen, thermische zonne-energiesystemen en fotovoltaïsche zonne-energiesystemen. Voor de gebruiker is enkel C.2 van belang waarin gedefinieerd wordt hoe beschaduwing gekarakteriseerd wordt.

De helling θ_j van vlak j is de hoek, uitgedrukt in graden, tussen de verticale en de normale op vlak j. Voor een horizontaal vlak is de helling 0°, voor een verticaal vlak 90°.

De oriëntatie ϕ_j van vlak j is de hoek, uitgedrukt in graden, tussen het zuiden en de horizontale projectie van de normale op vlak j. In de richting van het westen is de oriëntatie positief, in de richting van het oosten negatief.

C.2 Schematisering van de beschaduwing

C.2.1 Algemeen

Een zonontvangend vlak j kan door gebouwvreemde omgevingselementen, belemmeringen genoemd, en door gebouwgebonden elementen, horizontale of zijdelingse overstekken genoemd, beschaduwd worden. Belemmeringen schermen de directe zonnestraling af als de zon onder een bepaalde hoogte daalt. Horizontale overstekken schermen de directe zonnestraling af als de zon boven een bepaalde hoogte staat en zijdelingse overstekken schermen de directe zonnestraling af als de uurhoek kleiner of groter is dan een bepaalde waarde. Belemmeringen bestaan uit omliggende gebouwen, bomen en heuvels. Overstekken bestaan uit overstekende dakranden, balkons, horizontale luifels en doorschietende zijmuren.

C.2.2 Geometrie van een belemmering

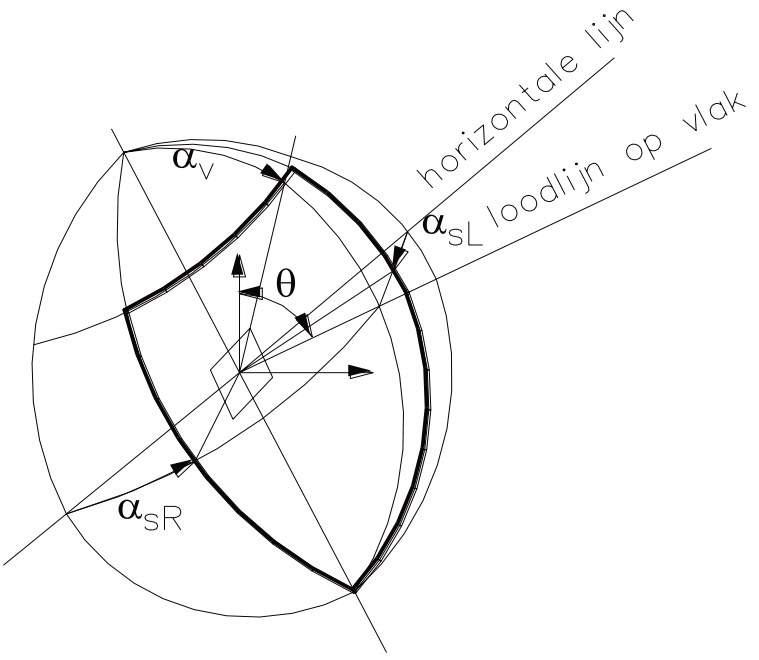
Belemmeringen worden geschematiseerd tot één enkel verticaal belemmeringsvlak. De horizonhoek α_h is de hoek tussen het horizontaal vlak en de verbindingslijn van het middelpunt van het zonontvangend vlak met de bovenrand van het belemmeringsvlak.

C.2.3 Geometrie van overstekken

Overstekken worden geschematiseerd tot 1 horizontale en 2 verticale overstekvlakken gedefinieerd via een verticale overstekhoek α_v (0° bij afwezigheid van een horizontale overstek, maximale waarde 180°), via een linker overstekhoek α_{sL} (0° bij afwezigheid van een linker overstek, maximale waarde 180°) en via een rechter overstekhoek α_{sR} (0° bij afwezigheid van een rechter overstek, maximale waarde 180°) zoals aangegeven in onderstaande figuur.

Toelichting: de overstekgrenzen vormen een rechthoek op een zogenaamde visoogfoto genomen vanuit het middelpunt van het beschouwde vlak in de richting loodrecht op dat vlak. Deze rechthoek wordt vlakhemel genoemd en komt overeen met het deel van de hemel dat vanuit het vlak zichtbaar is.

Figuur [1]: Geometrie van overstekken



C.2.4 Waarden bij ontstentenis

Indien waarden bij ontstentenis gebruikt worden moeten deze van toepassing zijn op alle hoeken van het zonontvangend vlak (venster of paneel).

De waarden bij ontstentenis te gebruiken voor vaste afschermhoeken zijn:

- voor verwarmingsberekeningen en thermische zonnecollectoren:
  - horizonhoek: 25°
  - linker overstekhoek α_{sL}, rechter overstekhoek α_{sR} en verticale overstekhoek α_V: 0°
- voor de koelbehoefte en oververhitting:
  - horizonhoek: 15°
  - linker overstekhoek α_{sL}, rechter overstekhoek α_{sR} en verticale overstekhoek α_V: 0°

Voor fotovoltaïsche installaties gelden deze waarden bij ontstentenis niet en is het verplicht de beschaduwing steeds in detail in te geven (zie § 12.1).

C.3 Maandelijkse bezonning op een onbeschaduwd vlak

C.3.1 Totale bezonning

Stel de maandelijkse bezonning op een willekeurig, onbeschaduwd vlak j gelijk aan de som van de maandelijkse directe, diffuse en gereflecteerde bezonningen:

Eq. 186 $I_{s,m,j,unshad} = I_{s,dir,m,j,unshad} + I_{s,dif,m,j,unshad} + I_{s,refl,m,j,unshad}$ (MJ/m²)

met:

$I_{s,dir,m,j,unshad}$ de directe bezonning voor de beschouwde maand op vlak j, in MJ/m²;

$I_{s,dif,m,j,unshad}$ de diffuse bezonning voor de beschouwde maand op vlak j, in MJ /m²;

$I_{s,refl,m,j,unshad}$ de gereflecteerde bezonning voor de beschouwde maand op vlak j, in MJ /m².

De verschillende termen worden in de volgende paragrafen berekend.

C.3.2 Directe bezonning

De berekening van de maandelijkse directe bezonning gebeurt m.b.v. een karakteristieke dag voor de maand. Dit is de 15e van elke maand. Het dagnummer van de karakteristieke dag geeft het aantal dagen vanaf 1 januari (365 dagen), zie Tabel [1].

Bepaal de maandelijkse directe bezonning op een onbeschaduwd vlak als:

Eq. 187 $$I_{s,dir,m,j,unshad} = \left[I_{s,tot,m,hor} - I_{s,dif,m,hor}\right] \frac{Q_{s,dir,char,j}}{Q_{s,dir,char,hor}} \quad (MJ/m^2)$$

met:

$I_{s,tot,m,hor}$ de maandelijkse bezonning op een onbeschaduwd horizontaal vlak voor het referentiejaar te Ukkel in MJ/m², zie Tabel [1];

$I_{s,dif,m,hor}$ de maandelijkse diffuse bezonning op een onbeschaduwd horizontaal vlak voor het referentiejaar te Ukkel in MJ/m², zie Tabel [1];

$Q_{s,dir,char,j}$ de dagelijkse directe bezonning op een onbeschaduwd vlak j voor de karakteristieke dag van de beschouwde maand, in J/(m².dag);

$Q_{s,dir,char,hor}$ de dagelijkse directe bezonning op een onbeschaduwd horizontaal vlak voor de karakteristieke dag van de beschouwde maand, in J/(m².dag);

Bereken de dagelijkse directe bezonning op een onbeschaduwd vlak en de dagelijkse directe bezonning op een onbeschaduwd horizontaal vlak voor de karakteristieke dag van de beschouwde maand als:

Eq. 188 $$Q_{s,dir,char,j} = 240 \times \sum_{\omega_1}^{\omega_2} \max\left\{0 ; \left[q_{s,dir,n} \times \cos \chi_{s,j} \times \Delta\omega\right]\right\} \quad (J/(m^2.dag))$$

Eq. 189 $$Q_{s,dir,char,hor} = 240 \times \sum_{\omega_3}^{\omega_4} \max\left\{0 ; \left[q_{s,dir,n} \times \cos \chi_{s,hor} \times \Delta\omega\right]\right\} \quad (J/(m^2. dag))$$

met:

$q_{s,dir,n}$ de directe bezonning op een vlak loodrecht op de zonnerichting voor de karakteristieke dag van maand, in W/m², zoals hieronder berekend;

ω de uurhoek (middernacht 180°, om 6 h 90°, 's middags 0°, om 18 h -90°);

$\Delta\omega$ de stap in uurhoek, in ° (1 uur=15°);

ω_1 de uurhoek 's morgens waarbij $\cos\chi_{s,hor}$ groter is dan nul en waarbij $\cos\chi_{s,j}$ groter wordt dan nul, in °;

ω_2 de uurhoek 's avonds waarbij $\cos\chi_{s,hor}$ groter is dan nul en waarbij $\cos\chi_{s,j}$ nog net groter is dan nul, in °;

ω_3 de uurhoek 's morgens waarbij $\cos\chi_{s,hor}$ groter wordt dan nul, in °;

ω_4 de uurhoek 's avonds waarbij $\cos\chi_{s,hor}$ nog net groter is dan nul, in °;

$\chi_{s.j}$ de invalshoek per stap $\Delta\omega$ van de zon op vlak j, in °, zoals hieronder berekend;

$\chi_{s.hor}$ de invalshoek per stap $\Delta\omega$ van de zon op het horizontaal vlak, in °, zoals hieronder berekend;

240 omrekenfactor van uurhoek naar s.

Neem als tijdstap bij de berekening een uurhoek van 15°.

Bepaal voor de karakteristieke dag van elke maand per uur de directe bezonning op een vlak loodrecht op de zonnerichting als:

Eq. 190 $$q_{s,dir,n} = \max[0;1353[1 + 0,033 \times \cos[360 \times d/365]] \times \exp(-m \times d_R \times T_L)] \quad (W/m^2)$$

met:

d het dagnummer van elk van de karakteristieke dagen, zie Tabel [1];

m de wegfactor, in m^{-1};

d_R de optische weglengte, in m;

T_L de troebelheidsfactor van de atmosfeer, (-).

De wegfactor, de optische weglengte en de troebelheidsfactor worden gegeven door:

Eq. 191 $$m = \frac{0,992}{\sin(\beta) + 0,15(\pi\beta/180 + 3,885)^{-1,253}} \quad (m^{-1})$$

Eq. 192 $$d_R = 1,4899 - 2,1099\cos(\beta) + 0,6322\cos(2\beta) + 0,0253\cos(3\beta) - 1,0022\sin(\beta) + 1,0077\sin(2\beta) - 0,2606\sin(3\beta) \quad (m)$$

Eq. 193 $$T_L = 3,372 + 0,053(\pi\beta/180) - 0,296\cos(30m) \quad (-)$$

met:

β de zonnehoogtehoek, in °;

m het rangnummer van de maand (januari is 1, februari 2, enz.).Het argument van de cos is uitgedrukt in °.

De zonnehoogtehoek is gelijk aan:

Eq. 194 $$\beta = \max[0;90 - \arccos[\cos\varphi \,.\, \cos\delta \,.\, \cos\omega + \sin\varphi \,.\, \sin\delta]] \quad (°)$$

met:

φ de breedteligging, voor Ukkel +50,8°

δ de declinatiehoek voor elk van de karakteristieke dagen, in °, gelijk aan

Eq. 195 $$\delta = \text{bgsin}\left[-\sin(23,45) \times \cos\left(\frac{360}{365} \times (d + 10)\right)\right] \quad (°)$$

met:

d het dagnummer van elk van de karakteristieke dagen, zie Tabel [1].

Bepaal de invalshoek van de zon op het vlak j en op het horizontale vlak als:

Eq. 196
$$\begin{aligned}\cos\chi_{s,j} = {} & 0,775\left[\sin\delta \times \cos\theta_j + \cos\delta \times \sin\theta_j \times \cos\varphi_j \times \cos\omega\right] \\ & - 0,632\left[\sin\delta \times \sin\theta_j \times \cos\varphi_j - \cos\delta \times \cos\theta_j \times \cos\omega\right] \\ & + \cos\delta \times \sin\theta_j \times \sin\varphi_j \cdot \sin\omega\end{aligned} \quad (-)$$

Eq. 197 $\chi_{s.hor} = 90 - \beta$ (-)

C.3.3 Diffuse bezonning

Bepaal de maandelijkse diffuse bezonning op een onbeschaduwd vlak als:

Eq. 198 $$I_{s,dif,m,j,unshad} = I_{s,dif,m,hor}\ c_m \left(\frac{1 + \cos\theta_j}{2}\right) \quad (MJ/m^2)$$

met:

$I_{s,dif,m,hor}$ de maandelijkse diffuse bezonning op een onbeschaduwd horizontaal vlak voor het referentiejaar te Ukkel, in MJ/m², zie Tabel [1];

c_m een correctiefactor voor het anisotroop karakter van de diffuse straling, zie Tabel [22];

θ_j de helling (de hoek tussen de verticale en de normale op het vlak) van vlak j, in °.

Tabel [22]: correctiefactor voor het anisotroop karakter van de diffuse straling

		Oriëntatie (°)								
		0 (Z)	±22,5	±45	±67,5	±90 (O/W)	±112,5	±135	±157,5	±180 (N)
Helling (°)	0 (H)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	22,5	1,03	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96
	45	1,05	1,04	1,03	1,01	0,99	0,96	0,94	0,92	0,92
	67,5	1,06	1,05	1,03	0,99	0,94	0,90	0,86	0,84	0,83
	90 (V)	1,06	1,04	1,00	0,94	0,87	0,81	0,76	0,73	0,71
	112,5	0,98	0,97	0,92	0,85	0,76	0,68	0,63	0,60	0,60
	135	0,80	0,78	0,74	0,67	0,59	0,53	0,49	0,47	0,47
	157,5	0,58	0,56	0,51	0,48	0,46	0,43	0,41	0,40	0,34
	180	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Voor tussenliggende oriëntaties en hellingen wordt in de tabel eerst geïnterpoleerd volgens de oriëntatie bij constante helling. Vervolgens § wordt in een 2e stap geïnterpoleerd volgens de helling bij constante oriëntatie.

C.3.4 Gereflecteerde bezonning

Bereken de maandelijkse gereflecteerde bezonning op een onbeschaduwd vlak als:

Eq. 199 $$I_{s,refl,m,j,unshad} = 0{,}2 \cdot I_{s,tot,m,hor}\left(\frac{1-\cos\theta_j}{2}\right) \quad (MJ/m^2)$$

met:

$I_{s,tot,m,hor}$ de maandelijkse totale bezonning op een onbeschaduwd horizontaal vlak voor het referentiejaar te Ukkel, in MJ/m², zie Tabel [1].

C.4 Maandelijkse bezonning op een beschaduwd vlak

C.4.1 Voor een horizonhoek ah ≤ 60°

C.4.1.1 Totale bezonning

Stel de maandelijkse bezonning op een willekeurig, beschaduwd vlak j gelijk aan de som van de maandelijkse directe, diffuse en gereflecteerde bezonningen:

Eq. 200 $$I_{s,m,j,shad} = I_{s,dir,m,j,shad} + I_{s,dif,m,j,shad} + I_{s,refl,m,j,shad} \quad (MJ/m^2)$$

met:

$I_{s,dir,m,j,shad}$ de directe bezonning voor de beschouwde maand op vlak j, in MJ/m²;

$I_{s,dif,m,j,shad}$ de diffuse bezonning voor de beschouwde maand op vlak j, in MJ/m²;

$I_{s,refl,m,j,shad}$ de gereflecteerde bezonning voor de beschouwde maand op vlak j, in MJ /m².

De verschillende termen worden in de volgende paragrafen berekend.

C.4.1.2 Directe bezonning

Bepaal de maandelijkse directe bezonning op het beschaduwd vlak ($I_{s,dir,m,j,shad}$) op dezelfde wijze als op een niet beschaduwd vlak. Pas bij de berekening van de dagelijkse directe bezonning op het beschouwde vlak voor de karakteristieke dag van de betreffende maand wel voor elke uurhoek waarbij de zon boven de horizon staat volgende regels toe:

- Voor uurhoeken tussen ω_1 en ω_2, waarvoor de zonnehoogte β kleiner is dan de belemmeringshoek α_h, wordt de directe bezonning nul gesteld;
- Doe voor de overige uurhoeken een bolcoördinatentransformatie voor de azimutaal hoek van de zon γs en de zonnehoogte β naar een assenstelsel waarvoor de belemmeringen zijn gedefinieerd. Dit resulteert in de getransformeerde hoeken γ_s' en β';
- Indien het punt (γ_s', β') buiten de vlakhemel valt wordt de directe bezonning op nul gesteld. Zoniet wordt de directe bezonning gelijk gesteld aan de onbeschaduwde waarde.

De azimutaal hoek van de zon γ_s wordt gegeven door:

Eq. 201 $$\gamma_s = -\text{teken}(\omega) \cdot \text{bgcos}\left(\frac{\cos\chi_{s,hor} \,.\, \sin\varphi - \sin\delta}{\sin\chi_{s,hor} \,.\, \cos\varphi}\right) \quad (-)$$

C.4.1.3 Diffuse bezonning

Bepaal de maandelijkse diffuse bezonning op het beschaduwd vlak als:

Eq. 202 $$I_{s,dif,m,j,shad} = I_{s,dif,m,hor}\left(\frac{1 + \cos\theta_j}{2}\right)c_m c_n \quad (MJ/m^2)$$

Eq. 203 $$c_n = \frac{\left(\frac{180 - \theta_j}{90}(1 - \sin\alpha_h) - (1 - \cos\alpha_v)\right) . (180 - \alpha_{sL} - \alpha_{sR})}{2 \times (180 - \theta_j)} \quad (-)$$

met:

$I_{s,dif,m,hor}$ de maandelijkse diffuse bezonning op een onbeschaduwd horizontaal vlak voor Ukkel, in MJ/m², zie Tabel [1].

Indien de formule voor c_n leidt tot een negatief getal, stel dan $c_n = 0$.

C.4.1.4 Gereflecteerde bezonning

Bereken de maandelijkse gereflecteerde bezonning op een willekeurig vlak als:

Eq. 204 $$I_{s,refl,m,j,shad} = 0{,}2 \cdot I_{s,tot,m,hor}\left(\frac{1-\cos\theta_j}{2}\right) \quad (MJ/m^2)$$

met:

$I_{s,tot,m,hor}$ de maandelijkse totale bezonning op een onbeschaduwd horizontaal vlak te Ukkel, in MJ/m², zie Tabel [1].

C.4.2 Voor een horizonhoek αh > 60°

Voor een horizonhoek α_h > 60° wordt er onderscheid gemaakte tussen obstakels die vastzitten aan het gebouw en obstakels uit de omgeving.

De berekening van de maandelijkse bezonning van een beschaduwd vlak j gebeurt als volgt:

Eq. 205 $$I_{s,m,j,shad} = F_{s,m,j,env\ obst} \cdot I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build} \quad (MJ/m^2)$$

met:

$F_{s,m,j,env\ obst}$ beschaduwingsfactor ten gevolge van obstakels uit de omgeving (-);

$I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$ bezonning van het venster j voor de beschouwde maand, rekening houdend met de beschaduwing door obstakels die vastzitten aan het gebouw, zoals hieronder bepaald, in MJ/m².

C.4.2.1 Bezonning $I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$

De bezonning $I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$ van het venster j voor de beschouwde maand, rekening houdend met de beschaduwing door obstakels die vastzitten aan het gebouw, wordt berekend als volgt.

Hierbij wordt uitgegaan van een bezonning $I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$ die gelijk is aan de som van de maandelijkse directe, diffuse en gereflecteerde bezonning door enkel rekening te houden met obstakels die vastzitten aan het gebouw (horizonhoek α_h = 0°).

Eq. 206 $$I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build} = I_{s,dir,m,j,shad} + I_{s,dif,m,j,shad} + I_{s,refl,m,j,shad} \quad (MJ/m^2)$$

met:

$I_{s,dir,m,j,shad}$ directe bezonning van het venster j voor de beschouwde maand rekening houdend met de beschaduwing door obstakels die vastzitten aan het gebouw, in MJ/m²;

$I_{s,dif,m,j,shad}$ diffuse bezonning van het venster j voor de beschouwde maand rekening houdend met de beschaduwing door obstakels die vastzitten aan het gebouw, in MJ/m²;

$I_{s,refl,m,j,shad}$ gereflecteerde bezonning van het venster j voor de beschouwde maand rekening houdend met de beschaduwing door obstakels die vastzitten aan het gebouw, in MJ/m².

C.4.2.2 Beschaduwingsfactor

De beschaduwingsfactor ten gevolge van obstakels uit de omgeving $F_{s,m,j,env\ obst}$ wordt berekend door lineaire interpolatie door de volgende vergelijking:

Eq. 207 $$F_{s,m,j,env\ obst} = F_{s,m,j,env\ obst,60°} \cdot \frac{(90 - \alpha_h)}{30} \quad (-)$$

met:

$F_{s,m,j,env\ obst,60°}$ de beschaduwingsfactor ten gevolge van obstakels uit de omgeving met een horizonhoek van 60°.

Ontleen de waarden voor $F_{s,m,j,env\ obst,60°}$ aan tabellen C0, in functie van de oriëntatie en de helling van het beglaasde oppervlak.

C.4.2.3 Beschaduwingsfactor ten gevolge van obstakels uit de omgeving met een horizonhoek van 60°

Deze bijlage bevat de tabellen C0 met de maandelijkse waarden voor de beschaduwingsfactoren $F_{s,m,j,env\ obst,60°}$ voor een reeks oriëntaties en hellingen van de beglaasde oppervlakken.

De waarden worden gegeven voor een horizonhoek van 60°, hoek vanaf dewelke de gedetailleerde manier van inrekenen van de beschaduwing gewijzigd is.

Voor tussenliggende oriëntaties en hellingen wordt in de tabel eerst geïnterpoleerd volgens de oriëntatie bij constante helling. Vervolgens § wordt in een 2e stap geïnterpoleerd volgens de helling bij constante oriëntatie.

Voor hellingshoeken groter dan 90° zijn de waarden voor een hellingshoek van 90° van toepassing.

Tabellen C0: Beschaduwingsfactor – Horizonhoek van 60°

Tabellen C0 / Oriëntatie ϕ = 0° (Zuid)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
Februari	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04
Maart	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05
April	0,06	0,05	0,05	0,05	0,07
Mei	0,08	0,08	0,08	0,08	0,10
Juni	0,21	0,21	0,22	0,22	0,20
Juli	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12
Augustus	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07
September	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
Oktober	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03
November	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
December	0,09	0,06	0,05	0,05	0,05

Tabellen C0 / Oriëntatie ϕ = 45° (Zuid-West)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,08	0,05	0,05	0,04	0,05
Februari	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04
Maart	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
April	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
Mei	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Juni	0,21	0,21	0,20	0,18	0,14
Juli	0,11	0,12	0,12	0,11	0,11
Augustus	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07
September	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Oktober	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
November	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
December	0,09	0,06	0,06	0,05	0,05

Tabellen C0 / Oriëntatie ϕ = 90° (West)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07
Februari	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Maart	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
April	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Mei	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
Juni	0,21	0,14	0,12	0,11	0,08
Juli	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
Augustus	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
September	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Oktober	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
November	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06
December	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09

Tabellen C0 / Oriëntatie ϕ = 135° (Noord-West)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12
Februari	0,06	0,11	0,11	0,11	0,11
Maart	0,06	0,09	0,09	0,09	0,10
April	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09
Mei	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08
Juni	0,21	0,09	0,08	0,08	0,09
Juli	0,11	0,09	0,09	0,09	0,10
Augustus	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09
September	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09
Oktober	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08
November	0,08	0,11	0,11	0,11	0,11
December	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13

Tabellen C0 / Oriëntatie ϕ = 180° (Noord)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13
Februari	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12
Maart	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12
April	0,06	0,11	0,11	0,12	0,12
Mei	0,08	0,10	0,10	0,10	0,11
Juni	0,21	0,11	0,11	0,11	0,12
Juli	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12
Augustus	0,06	0,11	0,11	0,11	0,11
September	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12
Oktober	0,05	0,12	0,12	0,12	0,12
November	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13
December	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13

Tabellen C0 / Oriëntatie ϕ = -135° (Noord-Oost)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12
Februari	0,06	0,11	0,11	0,11	0,12
Maart	0,06	0,10	0,10	0,10	0,11
April	0,06	0,09	0,09	0,10	0,10
Mei	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09
Juni	0,21	0,09	0,09	0,09	0,11
Juli	0,11	0,09	0,09	0,09	0,10
Augustus	0,06	0,09	0,09	0,09	0,10
September	0,06	0,10	0,10	0,10	0,11
Oktober	0,05	0,11	0,11	0,11	0,11
November	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13
December	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13

Tabellen C0 / Oriëntatie ϕ = -90° (Oost)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09
Februari	0,06	0,08	0,07	0,07	0,08
Maart	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
April	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Mei	0,08	0,06	0,06	0,06	0,07
Juni	0,21	0,15	0,14	0,13	0,11
Juli	0,11	0,10	0,09	0,09	0,09
Augustus	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
September	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Oktober	0,05	0,07	0,07	0,07	0,08
November	0,08	0,10	0,09	0,09	0,10
December	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10

Tabellen C0 / Oriëntatie ϕ = -45° (Zuid-Oost)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,08	0,06	0,05	0,05	0,06
Februari	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Maart	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
April	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Mei	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Juni	0,21	0,22	0,21	0,20	0,17
Juli	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11
Augustus	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
September	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07
Oktober	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
November	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06
December	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06

C.5 Gebruiksfactor $a_{C,m,j}$: tabellen

Deze bijlage bevat de tabellen met de maandelijkse waarden voor de gebruiksfactoren $a_{C,m,j}$ van de zonneweringen voor een reeks oriëntaties en hellingen van de zonontvangende vlakken.

Voor tussenliggende oriëntaties en hellingen wordt in de tabel eerst geïnterpoleerd volgens de oriëntatie bij constante helling. Vervolgens § wordt in een 2e stap geïnterpoleerd volgens de helling bij constante oriëntatie.

Voor hellingshoeken groter dan 90° zijn de waarden voor een hellingshoek van 90° van toepassing.

Tabellen C1: Gebruiksfactoren zonnewering –Handbediend (residentieel en niet-residentieel) – Automatische bediening (niet-residentieel, voor verwarmingsberekeningen)

Tabellen C1 / Oriëntatie ϕ = 0° (Zuid)

Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,00	0,31	0,46	0,51	0,53
Februari	0,10	0,53	0,58	0,62	0,59
Maart	0,46	0,64	0,67	0,68	0,62
April	0,57	0,67	0,67	0,65	0,53
Mei	0,67	0,68	0,69	0,68	0,45
Juni	0,70	0,70	0,71	0,67	0,42
Juli	0,66	0,68	0,66	0,63	0,33
Augustus	0,63	0,70	0,70	0,67	0,46
September	0,49	0,65	0,66	0,67	0,56
Oktober	0,33	0,65	0,71	0,73	0,72
November	0,00	0,34	0,45	0,51	0,49
December	0,00	0,21	0,36	0,44	0,42

Tabellen C1 / Oriëntatie ϕ = 30°

Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,00	0,31	0,43	0,48	0,51
Februari	0,10	0,49	0,59	0,62	0,61
Maart	0,46	0,66	0,67	0,69	0,63
April	0,57	0,67	0,68	0,66	0,57
Mei	0,67	0,71	0,69	0,66	0,51
Juni	0,70	0,72	0,70	0,66	0,47
Juli	0,66	0,68	0,66	0,60	0,34
Augustus	0,63	0,70	0,70	0,65	0,52
September	0,49	0,66	0,69	0,68	0,61
Oktober	0,33	0,68	0,73	0,75	0,76
November	0,00	0,36	0,47	0,51	0,54
December	0,00	0,20	0,27	0,34	0,35

Tabellen C1 / Oriëntatie ϕ = 45° (Zuid-West)

Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,00	0,29	0,39	0,47	0,45
Februari	0,10	0,45	0,56	0,59	0,60
Maart	0,46	0,63	0,67	0,67	0,61
April	0,57	0,67	0,66	0,68	0,60
Mei	0,67	0,70	0,70	0,67	0,53
Juni	0,70	0,71	0,71	0,68	0,51
Juli	0,66	0,68	0,67	0,63	0,37
Augustus	0,63	0,70	0,69	0,66	0,54
September	0,49	0,65	0,68	0,69	0,63
Oktober	0,33	0,68	0,73	0,76	0,75
November	0,00	0,33	0,47	0,52	0,52
December	0,00	0,18	0,24	0,27	0,29

Tabellen C1 / Oriëntatie ϕ = 60°

Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,00	0,20	0,33	0,40	0,42
Februari	0,10	0,43	0,53	0,56	0,57
Maart	0,46	0,63	0,61	0,62	0,57
April	0,57	0,64	0,68	0,65	0,59
Mei	0,67	0,71	0,68	0,66	0,57
Juni	0,70	0,72	0,70	0,66	0,55
Juli	0,66	0,69	0,66	0,60	0,40
Augustus	0,63	0,68	0,68	0,64	0,54
September	0,49	0,65	0,67	0,66	0,62
Oktober	0,33	0,66	0,70	0,73	0,71
November	0,00	0,32	0,43	0,50	0,49
December	0,00	0,15	0,18	0,22	0,22

Tabellen C1 / Oriëntatie ϕ = 90° (West)

Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,00	0,04	0,08	0,18	0,12
Februari	0,10	0,28	0,35	0,38	0,32
Maart	0,46	0,50	0,51	0,49	0,44
April	0,57	0,61	0,61	0,59	0,51
Mei	0,67	0,66	0,64	0,62	0,54
Juni	0,70	0,67	0,68	0,66	0,56
Juli	0,66	0,64	0,60	0,50	0,38
Augustus	0,63	0,63	0,62	0,57	0,50
September	0,49	0,57	0,59	0,59	0,52
Oktober	0,33	0,55	0,59	0,61	0,64
November	0,00	0,19	0,26	0,30	0,37
December	0,00	0,00	0,03	0,06	0,03

Tabellen C1 / Oriëntatie ϕ = 120°

Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,46	0,34	0,31	0,30	0,17
April	0,57	0,52	0,50	0,45	0,33
Mei	0,67	0,62	0,59	0,52	0,41
Juni	0,70	0,65	0,64	0,58	0,47
Juli	0,66	0,59	0,47	0,40	0,29
Augustus	0,63	0,55	0,50	0,47	0,37
September	0,49	0,40	0,40	0,36	0,28
Oktober	0,33	0,26	0,32	0,35	0,32
November	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C1 / Oriëntatie ϕ = 135° (Noord-West)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,46	0,13	0,06	0,07	0,04
April	0,57	0,47	0,38	0,30	0,20
Mei	0,67	0,58	0,51	0,46	0,34
Juni	0,70	0,62	0,57	0,52	0,40
Juli	0,66	0,54	0,39	0,33	0,23
Augustus	0,63	0,49	0,41	0,36	0,25
September	0,49	0,30	0,19	0,17	0,11
Oktober	0,33	0,05	0,06	0,07	0,10
November	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C1 / Oriëntatie ϕ = 150°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,46	0,01	0,00	0,00	0,00
April	0,57	0,36	0,18	0,13	0,06
Mei	0,67	0,54	0,43	0,33	0,25
Juni	0,70	0,60	0,48	0,40	0,30
Juli	0,66	0,50	0,31	0,23	0,15
Augustus	0,63	0,41	0,29	0,20	0,08
September	0,49	0,09	0,05	0,04	0,01
Oktober	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
November	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C1 / Oriëntatie ϕ = 180° (Noord)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
April	0,57	0,15	0,00	0,00	0,00
Mei	0,67	0,49	0,00	0,00	0,00
Juni	0,70	0,55	0,11	0,00	0,00
Juli	0,66	0,44	0,06	0,01	0,00
Augustus	0,63	0,21	0,00	0,00	0,00
September	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00
Oktober	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
November	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C1 / Oriëntatie ϕ = -150°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
April	0,57	0,28	0,07	0,01	0,00
Mei	0,67	0,51	0,36	0,26	0,08
Juni	0,70	0,57	0,46	0,30	0,10
Juli	0,66	0,46	0,33	0,25	0,09
Augustus	0,63	0,34	0,15	0,10	0,03
September	0,49	0,06	0,00	0,00	0,00
Oktober	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
November	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C1 / Oriëntatie ϕ = -135° (Noord-Oost)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,46	0,08	0,00	0,00	0,00
April	0,57	0,37	0,23	0,14	0,03
Mei	0,67	0,57	0,47	0,38	0,25
Juni	0,70	0,61	0,52	0,43	0,28
Juli	0,66	0,52	0,43	0,35	0,20
Augustus	0,63	0,42	0,32	0,26	0,13
September	0,49	0,20	0,07	0,04	0,00
Oktober	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
November	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C1 / Oriëntatie ϕ = -120°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,46	0,23	0,18	0,15	0,04
April	0,57	0,44	0,38	0,31	0,16
Mei	0,67	0,60	0,53	0,47	0,36
Juni	0,70	0,64	0,56	0,54	0,40
Juli	0,66	0,57	0,48	0,44	0,32
Augustus	0,63	0,49	0,39	0,35	0,26
September	0,49	0,29	0,24	0,18	0,09
Oktober	0,33	0,02	0,01	0,00	0,00
November	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C1 / Oriëntatie ϕ = -90° (Oost)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,00	0,02	0,05	0,08	0,09
Februari	0,10	0,26	0,31	0,33	0,29
Maart	0,46	0,44	0,43	0,40	0,33
April	0,57	0,55	0,51	0,49	0,37
Mei	0,67	0,66	0,63	0,59	0,46
Juni	0,70	0,67	0,65	0,61	0,49
Juli	0,66	0,62	0,58	0,53	0,42
Augustus	0,63	0,58	0,56	0,50	0,39
September	0,49	0,49	0,46	0,43	0,33
Oktober	0,33	0,28	0,28	0,30	0,18
November	0,00	0,02	0,04	0,04	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C1 / Oriëntatie ϕ = -60°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,00	0,15	0,22	0,24	0,28
Februari	0,10	0,39	0,45	0,46	0,48
Maart	0,46	0,56	0,57	0,58	0,48
April	0,57	0,62	0,59	0,58	0,47
Mei	0,67	0,69	0,68	0,64	0,50
Juni	0,70	0,70	0,69	0,66	0,53
Juli	0,66	0,66	0,64	0,59	0,45
Augustus	0,63	0,63	0,63	0,60	0,43
September	0,49	0,59	0,59	0,60	0,46
Oktober	0,33	0,48	0,53	0,54	0,46
November	0,00	0,14	0,18	0,21	0,16
December	0,00	0,02	0,09	0,17	0,17

Tabellen C1 / Oriëntatie ϕ = -45° (Zuid-Oost)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,00	0,18	0,26	0,32	0,33
Februari	0,10	0,41	0,46	0,48	0,51
Maart	0,46	0,59	0,62	0,60	0,53
April	0,57	0,63	0,64	0,60	0,49
Mei	0,67	0,69	0,68	0,65	0,49
Juni	0,70	0,70	0,68	0,67	0,50
Juli	0,66	0,66	0,64	0,60	0,42
Augustus	0,63	0,66	0,65	0,61	0,44
September	0,49	0,61	0,64	0,61	0,50
Oktober	0,33	0,55	0,58	0,60	0,54
November	0,00	0,20	0,26	0,30	0,27
December	0,00	0,05	0,28	0,31	0,28

Tabellen C1 / Oriëntatie ϕ = -30°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,00	0,21	0,36	0,40	0,39
Februari	0,10	0,46	0,53	0,56	0,51
Maart	0,46	0,62	0,63	0,64	0,59
April	0,57	0,66	0,65	0,64	0,50
Mei	0,67	0,69	0,70	0,67	0,47
Juni	0,70	0,70	0,69	0,66	0,46
Juli	0,66	0,67	0,66	0,60	0,40
Augustus	0,63	0,67	0,66	0,63	0,46
September	0,49	0,63	0,64	0,66	0,55
Oktober	0,33	0,58	0,64	0,65	0,62
November	0,00	0,26	0,33	0,36	0,34
December	0,00	0,12	0,32	0,35	0,38

Tabellen C2: Gebruiksfactoren zonnewering – Automatische bediening (residentieel)

Tabellen C2 / Oriëntatie ϕ = 0° (Zuid)

Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,04	0,56	0,62	0,65	0,68
Februari	0,34	0,70	0,72	0,73	0,74
Maart	0,64	0,77	0,78	0,78	0,75
April	0,74	0,79	0,78	0,76	0,65
Mei	0,79	0,80	0,79	0,75	0,59
Juni	0,81	0,81	0,79	0,75	0,59
Juli	0,82	0,81	0,79	0,76	0,55
Augustus	0,78	0,81	0,82	0,78	0,62
September	0,68	0,78	0,79	0,78	0,72
Oktober	0,56	0,76	0,79	0,81	0,81
November	0,10	0,50	0,60	0,62	0,64
December	0,00	0,41	0,52	0,58	0,56

Tabellen C2 / Oriëntatie ϕ = 30°

Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,04	0,50	0,59	0,62	0,63
Februari	0,34	0,65	0,69	0,72	0,71
Maart	0,64	0,76	0,77	0,78	0,74
April	0,74	0,79	0,78	0,77	0,68
Mei	0,79	0,81	0,79	0,78	0,63
Juni	0,81	0,81	0,79	0,77	0,62
Juli	0,82	0,81	0,79	0,75	0,53
Augustus	0,78	0,81	0,81	0,78	0,64
September	0,68	0,77	0,77	0,79	0,73
Oktober	0,56	0,77	0,81	0,82	0,82
November	0,10	0,51	0,58	0,63	0,64
December	0,00	0,36	0,50	0,58	0,58

Tabellen C2 / Oriëntatie ϕ = 45° (Zuid-West)

Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,04	0,46	0,54	0,57	0,60
Februari	0,34	0,60	0,67	0,69	0,68
Maart	0,64	0,74	0,76	0,76	0,70
April	0,74	0,78	0,77	0,75	0,67
Mei	0,79	0,80	0,80	0,75	0,65
Juni	0,81	0,80	0,80	0,74	0,61
Juli	0,82	0,81	0,79	0,73	0,51
Augustus	0,78	0,81	0,79	0,77	0,65
September	0,68	0,77	0,77	0,77	0,72
Oktober	0,56	0,74	0,78	0,81	0,82
November	0,10	0,50	0,57	0,61	0,62
December	0,00	0,23	0,41	0,52	0,42

Tabellen C2 / Oriëntatie ϕ = 60°

Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,04	0,37	0,48	0,54	0,54
Februari	0,34	0,55	0,61	0,64	0,64
Maart	0,64	0,73	0,75	0,71	0,67
April	0,74	0,76	0,75	0,72	0,66
Mei	0,79	0,79	0,77	0,75	0,64
Juni	0,81	0,81	0,79	0,77	0,68
Juli	0,82	0,79	0,77	0,72	0,52
Augustus	0,78	0,80	0,78	0,76	0,62
September	0,68	0,75	0,76	0,74	0,69
Oktober	0,56	0,75	0,79	0,79	0,80
November	0,10	0,48	0,55	0,59	0,62
December	0,00	0,21	0,28	0,34	0,33

Tabellen C2 / Oriëntatie ϕ = 90° (West)

Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,04	0,14	0,25	0,30	0,27
Februari	0,34	0,41	0,46	0,50	0,49
Maart	0,64	0,63	0,63	0,62	0,55
April	0,74	0,71	0,69	0,65	0,60
Mei	0,79	0,78	0,75	0,71	0,62
Juni	0,81	0,80	0,77	0,75	0,64
Juli	0,82	0,78	0,73	0,67	0,50
Augustus	0,78	0,76	0,74	0,69	0,59
September	0,68	0,70	0,69	0,68	0,62
Oktober	0,56	0,68	0,71	0,72	0,70
November	0,10	0,30	0,38	0,44	0,43
December	0,00	0,02	0,09	0,10	0,09

Tabellen C2 / Oriëntatie ϕ = 120°

Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,34	0,09	0,03	0,04	0,00
Maart	0,64	0,45	0,39	0,38	0,30
April	0,74	0,65	0,59	0,55	0,41
Mei	0,79	0,73	0,67	0,64	0,51
Juni	0,81	0,78	0,71	0,68	0,55
Juli	0,82	0,75	0,67	0,56	0,38
Augustus	0,78	0,71	0,64	0,55	0,45
September	0,68	0,60	0,55	0,51	0,40
Oktober	0,56	0,45	0,47	0,51	0,46
November	0,10	0,00	0,06	0,15	0,16
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C2 / Oriëntatie ϕ = 135° (Noord-West)

Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,64	0,36	0,25	0,17	0,07
April	0,74	0,60	0,52	0,44	0,31
Mei	0,79	0,72	0,63	0,56	0,41
Juni	0,81	0,76	0,69	0,60	0,47
Juli	0,82	0,73	0,62	0,45	0,31
Augustus	0,78	0,69	0,55	0,44	0,34
September	0,68	0,51	0,39	0,28	0,22
Oktober	0,56	0,16	0,17	0,16	0,14
November	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C2 / Oriëntatie ϕ = 150°

Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,64	0,13	0,03	0,02	0,01
April	0,74	0,55	0,38	0,24	0,12
Mei	0,79	0,69	0,57	0,43	0,29
Juni	0,81	0,74	0,65	0,53	0,34
Juli	0,82	0,73	0,54	0,34	0,21
Augustus	0,78	0,65	0,43	0,30	0,18
September	0,68	0,38	0,08	0,07	0,06
Oktober	0,56	0,03	0,00	0,00	0,00
November	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C2 / Oriëntatie ϕ = 180° (Noord)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00
April	0,74	0,42	0,00	0,00	0,00
Mei	0,79	0,72	0,36	0,04	0,00
Juni	0,81	0,74	0,62	0,07	0,00
Juli	0,82	0,73	0,46	0,03	0,01
Augustus	0,78	0,58	0,02	0,00	0,00
September	0,68	0,10	0,00	0,00	0,00
Oktober	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
November	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C2 / Oriëntatie ϕ = -150°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,64	0,13	0,00	0,00	0,00
April	0,74	0,53	0,31	0,09	0,00
Mei	0,79	0,72	0,58	0,42	0,22
Juni	0,81	0,76	0,64	0,51	0,27
Juli	0,82	0,74	0,60	0,44	0,19
Augustus	0,78	0,63	0,40	0,25	0,08
September	0,68	0,29	0,06	0,00	0,00
Oktober	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
November	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C2 / Oriëntatie ϕ = -135° (Noord-Oost)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,64	0,32	0,17	0,05	0,00
April	0,74	0,59	0,46	0,35	0,16
Mei	0,79	0,72	0,63	0,51	0,34
Juni	0,81	0,75	0,68	0,60	0,40
Juli	0,82	0,75	0,65	0,53	0,31
Augustus	0,78	0,67	0,55	0,39	0,25
September	0,68	0,43	0,24	0,13	0,04
Oktober	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
November	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C2 / Oriëntatie ϕ = -120°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,34	0,13	0,08	0,06	0,04
Maart	0,64	0,47	0,35	0,30	0,16
April	0,74	0,63	0,53	0,45	0,29
Mei	0,79	0,74	0,66	0,59	0,43
Juni	0,81	0,76	0,70	0,64	0,50
Juli	0,82	0,76	0,70	0,61	0,40
Augustus	0,78	0,71	0,61	0,51	0,33
September	0,68	0,56	0,43	0,36	0,20
Oktober	0,56	0,11	0,07	0,04	0,00
November	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C2 / Oriëntatie ϕ = -90° (Oost)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,04	0,16	0,18	0,19	0,13
Februari	0,34	0,39	0,40	0,42	0,38
Maart	0,64	0,59	0,58	0,54	0,46
April	0,74	0,71	0,67	0,58	0,47
Mei	0,79	0,76	0,75	0,68	0,56
Juni	0,81	0,78	0,74	0,71	0,60
Juli	0,82	0,79	0,75	0,68	0,50
Augustus	0,78	0,75	0,73	0,66	0,47
September	0,68	0,65	0,62	0,57	0,45
Oktober	0,56	0,48	0,45	0,42	0,35
November	0,10	0,09	0,12	0,11	0,04
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C2 / Oriëntatie ϕ = -60°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,04	0,28	0,38	0,40	0,43
Februari	0,34	0,52	0,56	0,55	0,55
Maart	0,64	0,69	0,67	0,67	0,63
April	0,74	0,73	0,72	0,71	0,57
Mei	0,79	0,78	0,78	0,75	0,61
Juni	0,81	0,81	0,78	0,73	0,61
Juli	0,82	0,81	0,78	0,73	0,55
Augustus	0,78	0,78	0,76	0,74	0,53
September	0,68	0,73	0,71	0,69	0,61
Oktober	0,56	0,64	0,65	0,65	0,57
November	0,10	0,26	0,35	0,39	0,38
December	0,00	0,22	0,31	0,35	0,32

Tabellen C2 / Oriëntatie ϕ = -45° (Zuid-Oost)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,04	0,37	0,46	0,48	0,46
Februari	0,34	0,61	0,63	0,62	0,60
Maart	0,64	0,71	0,73	0,70	0,66
April	0,74	0,75	0,75	0,71	0,61
Mei	0,79	0,80	0,78	0,75	0,64
Juni	0,81	0,81	0,78	0,74	0,63
Juli	0,82	0,81	0,79	0,75	0,57
Augustus	0,78	0,79	0,77	0,73	0,58
September	0,68	0,76	0,75	0,71	0,66
Oktober	0,56	0,67	0,70	0,71	0,67
November	0,10	0,35	0,42	0,47	0,48
December	0,00	0,33	0,40	0,44	0,46

Tabellen C2 / Oriëntatie ϕ = -30°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,04	0,45	0,56	0,59	0,54
Februari	0,34	0,66	0,70	0,71	0,69
Maart	0,64	0,75	0,76	0,75	0,69
April	0,74	0,79	0,75	0,75	0,64
Mei	0,79	0,79	0,77	0,74	0,62
Juni	0,81	0,79	0,79	0,74	0,58
Juli	0,82	0,81	0,80	0,75	0,55
Augustus	0,78	0,81	0,78	0,75	0,61
September	0,68	0,76	0,76	0,76	0,69
Oktober	0,56	0,73	0,77	0,78	0,72
November	0,10	0,45	0,53	0,56	0,54
December	0,00	0,38	0,47	0,51	0,51

Tabellen C3: Gebruiksfactoren zonnewering – Automatische bediening (niet residentieel)

Tabellen C3 / Oriëntatie ϕ = 0° (Zuid)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,06	0,59	0,64	0,68	0,69
Februari	0,39	0,71	0,74	0,75	0,75
Maart	0,70	0,79	0,81	0,82	0,76
April	0,77	0,81	0,82	0,79	0,68
Mei	0,81	0,82	0,82	0,78	0,65
Juni	0,84	0,85	0,82	0,78	0,61
Juli	0,84	0,84	0,82	0,79	0,63
Augustus	0,84	0,85	0,84	0,82	0,68
September	0,75	0,82	0,82	0,81	0,74
Oktober	0,62	0,77	0,81	0,83	0,83
November	0,14	0,56	0,66	0,69	0,69
December	0,00	0,46	0,57	0,62	0,65

Tabellen C3 / Oriëntatie ϕ = 30°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,06	0,56	0,63	0,68	0,70
Februari	0,39	0,69	0,74	0,75	0,73
Maart	0,70	0,78	0,80	0,80	0,77
April	0,77	0,81	0,80	0,80	0,72
Mei	0,81	0,82	0,82	0,80	0,66
Juni	0,84	0,84	0,81	0,80	0,65
Juli	0,84	0,84	0,82	0,80	0,62
Augustus	0,84	0,86	0,83	0,82	0,70
September	0,75	0,82	0,83	0,82	0,76
Oktober	0,62	0,79	0,83	0,84	0,83
November	0,14	0,57	0,64	0,67	0,67
December	0,00	0,42	0,56	0,59	0,62

Tabellen C3 / Oriëntatie ϕ = 45° (Zuid-West)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,06	0,51	0,58	0,64	0,63
Februari	0,39	0,65	0,70	0,72	0,72
Maart	0,70	0,77	0,78	0,79	0,74
April	0,77	0,80	0,81	0,78	0,70
Mei	0,81	0,82	0,81	0,78	0,68
Juni	0,84	0,84	0,82	0,78	0,68
Juli	0,84	0,83	0,81	0,77	0,62
Augustus	0,84	0,84	0,83	0,80	0,68
September	0,75	0,81	0,81	0,79	0,75
Oktober	0,62	0,78	0,81	0,82	0,84
November	0,14	0,55	0,60	0,63	0,65
December	0,00	0,35	0,50	0,55	0,55

Tabellen C3 / Oriëntatie ϕ = 60°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,06	0,45	0,53	0,60	0,60
Februari	0,39	0,61	0,65	0,67	0,67
Maart	0,70	0,75	0,77	0,76	0,69
April	0,77	0,80	0,78	0,78	0,67
Mei	0,81	0,80	0,81	0,78	0,66
Juni	0,84	0,82	0,83	0,79	0,68
Juli	0,84	0,82	0,80	0,76	0,58
Augustus	0,84	0,84	0,81	0,79	0,66
September	0,75	0,80	0,78	0,78	0,73
Oktober	0,62	0,76	0,80	0,81	0,83
November	0,14	0,53	0,58	0,61	0,64
December	0,00	0,23	0,31	0,38	0,40

Tabellen C3 / Oriëntatie ϕ = 90° (West)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,06	0,29	0,30	0,34	0,37
Februari	0,39	0,48	0,52	0,53	0,54
Maart	0,70	0,70	0,66	0,64	0,60
April	0,77	0,76	0,74	0,69	0,62
Mei	0,81	0,79	0,78	0,75	0,63
Juni	0,84	0,82	0,79	0,76	0,65
Juli	0,84	0,81	0,78	0,72	0,53
Augustus	0,84	0,80	0,77	0,74	0,60
September	0,75	0,75	0,73	0,70	0,64
Oktober	0,62	0,70	0,72	0,74	0,71
November	0,14	0,38	0,44	0,49	0,50
December	0,00	0,08	0,17	0,22	0,18

Tabellen C3 / Oriëntatie ϕ = 120°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,39	0,23	0,16	0,10	0,03
Maart	0,70	0,54	0,46	0,41	0,35
April	0,77	0,70	0,64	0,57	0,46
Mei	0,81	0,77	0,72	0,65	0,53
Juni	0,84	0,80	0,74	0,69	0,58
Juli	0,84	0,79	0,74	0,60	0,41
Augustus	0,84	0,76	0,70	0,62	0,49
September	0,75	0,66	0,60	0,54	0,43
Oktober	0,62	0,54	0,53	0,53	0,49
November	0,14	0,06	0,12	0,16	0,20
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C3 / Oriëntatie ϕ = 135° (Noord-West)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,70	0,39	0,29	0,25	0,15
April	0,77	0,65	0,56	0,49	0,32
Mei	0,81	0,75	0,69	0,59	0,44
Juni	0,84	0,78	0,72	0,65	0,48
Juli	0,84	0,78	0,69	0,54	0,32
Augustus	0,84	0,72	0,64	0,52	0,38
September	0,75	0,60	0,47	0,41	0,27
Oktober	0,62	0,28	0,23	0,21	0,22
November	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C3 / Oriëntatie ϕ = 150°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,70	0,22	0,06	0,02	0,01
April	0,77	0,61	0,46	0,29	0,15
Mei	0,81	0,73	0,62	0,50	0,31
Juni	0,84	0,78	0,68	0,57	0,37
Juli	0,84	0,76	0,66	0,42	0,23
Augustus	0,84	0,70	0,53	0,36	0,22
September	0,75	0,48	0,23	0,12	0,06
Oktober	0,62	0,08	0,00	0,00	0,01
November	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C3 / Oriëntatie ϕ = 180° (Noord)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,70	0,03	0,00	0,00	0,00
April	0,77	0,55	0,03	0,00	0,00
Mei	0,81	0,74	0,58	0,07	0,01
Juni	0,84	0,78	0,72	0,12	0,02
Juli	0,84	0,78	0,66	0,12	0,01
Augustus	0,84	0,68	0,10	0,00	0,00
September	0,75	0,21	0,00	0,00	0,00
Oktober	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00
November	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C3 / Oriëntatie ϕ = -150°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,70	0,18	0,00	0,00	0,00
April	0,77	0,60	0,40	0,16	0,03
Mei	0,81	0,75	0,64	0,45	0,22
Juni	0,84	0,78	0,70	0,57	0,32
Juli	0,84	0,79	0,70	0,50	0,22
Augustus	0,84	0,72	0,54	0,31	0,14
September	0,75	0,41	0,09	0,02	0,00
Oktober	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00
November	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C3 / Oriëntatie ϕ = -135° (Noord-Oost)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,39	0,02	0,00	0,00	0,00
Maart	0,70	0,41	0,25	0,13	0,02
April	0,77	0,65	0,54	0,39	0,19
Mei	0,81	0,76	0,69	0,58	0,35
Juni	0,84	0,79	0,74	0,62	0,42
Juli	0,84	0,80	0,73	0,61	0,35
Augustus	0,84	0,74	0,64	0,46	0,26
September	0,75	0,50	0,34	0,21	0,07
Oktober	0,62	0,08	0,00	0,00	0,00
November	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C3 / Oriëntatie ϕ = -120°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,39	0,16	0,15	0,11	0,08
Maart	0,70	0,51	0,40	0,35	0,19
April	0,77	0,69	0,60	0,50	0,31
Mei	0,81	0,75	0,71	0,64	0,47
Juni	0,84	0,80	0,75	0,67	0,52
Juli	0,84	0,81	0,75	0,66	0,45
Augustus	0,84	0,77	0,69	0,58	0,36
September	0,75	0,62	0,53	0,38	0,25
Oktober	0,62	0,24	0,14	0,06	0,03
November	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabellen C3 / Oriëntatie ϕ = -90° (Oost)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,06	0,20	0,26	0,26	0,21
Februari	0,39	0,43	0,43	0,42	0,40
Maart	0,70	0,64	0,59	0,56	0,46
April	0,77	0,74	0,71	0,66	0,50
Mei	0,81	0,80	0,77	0,72	0,59
Juni	0,84	0,80	0,78	0,74	0,62
Juli	0,84	0,83	0,79	0,74	0,57
Augustus	0,84	0,80	0,76	0,71	0,53
September	0,75	0,72	0,65	0,61	0,48
Oktober	0,62	0,55	0,50	0,47	0,38
November	0,14	0,17	0,16	0,14	0,10
December	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00

Tabellen C3 / Oriëntatie ϕ = -60°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,06	0,39	0,43	0,44	0,45
Februari	0,39	0,60	0,59	0,60	0,56
Maart	0,70	0,73	0,71	0,69	0,64
April	0,77	0,79	0,76	0,74	0,59
Mei	0,81	0,81	0,80	0,77	0,65
Juni	0,84	0,83	0,79	0,76	0,63
Juli	0,84	0,83	0,82	0,76	0,62
Augustus	0,84	0,84	0,81	0,77	0,61
September	0,75	0,79	0,76	0,72	0,63
Oktober	0,62	0,68	0,68	0,67	0,61
November	0,14	0,34	0,43	0,45	0,43
December	0,00	0,31	0,37	0,41	0,42

Tabellen C3 / Oriëntatie ϕ = -45° (Zuid-Oost)					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,06	0,43	0,50	0,53	0,49
Februari	0,39	0,66	0,67	0,66	0,63
Maart	0,70	0,76	0,76	0,73	0,68
April	0,77	0,80	0,78	0,76	0,62
Mei	0,81	0,83	0,79	0,77	0,65
Juni	0,84	0,84	0,80	0,77	0,64
Juli	0,84	0,84	0,82	0,79	0,63
Augustus	0,84	0,84	0,82	0,78	0,64
September	0,75	0,80	0,80	0,75	0,68
Oktober	0,62	0,72	0,71	0,73	0,68
November	0,14	0,42	0,54	0,58	0,56
December	0,00	0,39	0,43	0,52	0,47

Tabellen C3 / Oriëntatie ϕ = -30°					
Maand	Helling θ				
	Horizontaal				Vertikaal
	0°	30°	45°	60°	90°
Januari	0,06	0,54	0,61	0,63	0,62
Februari	0,39	0,68	0,72	0,73	0,72
Maart	0,70	0,78	0,77	0,78	0,71
April	0,77	0,81	0,79	0,77	0,65
Mei	0,81	0,82	0,81	0,78	0,65
Juni	0,84	0,84	0,81	0,78	0,63
Juli	0,84	0,83	0,82	0,79	0,62
Augustus	0,84	0,85	0,84	0,79	0,65
September	0,75	0,82	0,81	0,79	0,71
Oktober	0,62	0,75	0,78	0,79	0,74
November	0,14	0,49	0,58	0,62	0,63
December	0,00	0,45	0,54	0,56	0,58

Bijlage D Het afgifterendement

De hier gegeven detailberekening is enkel van toepassing op energiesectoren die slechts één enkel systeem van warmteafgifte hebben bestaande uit radiatoren, vloerverwarming of muurverwarming.

Wat meer in detail wordt berekend zijn de extra warmteverliezen doorheen de uitwendige scheidingsconstructie achter of onder de systemen van warmteafgifte.

In deze bijlage wordt meermaals onderscheid gemaakt tussen een variabele en een constante instelwaarde van de vertrektemperatuur van het kringwater: zie § 9.2.2.2 voor een verdere omschrijving van dit onderscheid.

D.1 Conventionele werkingstijd van het systeem van warmteafgifte

Bepaal de conventionele maandelijkse werkingstijd van het systeem van warmteafgifte van energiesector i, als volgt:

- Indien de instelwaarde van de vertrektemperatuur van het kringwater variabel is, geldt:

Eq. 208 $$t_{heat,sec\ i,m} = \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{\left[29.\left(H_{T,sec\ i,m} + 0,27.V_{sec\ i}\right) + 10.V_{sec\ i}\right].\left(18 - \theta_{e,m}\right)/29} \quad \text{(Ms)}$$

- Indien de instelwaarde van de vertrektemperatuur van het kringwater constant is, geldt:

Eq. 209 $$t_{heat,sec\ i,m} = \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{29.\left(H_{T,sec\ i,m} + 0,27.V_{sec\ i}\right) + 10.V_{sec\ i}} \quad \text{(Ms)}$$

In beide formules zijn:

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$	de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, in MJ, bepaald volgens § 7.2;
$H_{T,heat,seci}$	de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie van energiesector i bij basis buitentemperatuur, in W/K;
$V_{sec\ i}$	het volume van energiesector i, in m^3;
$\theta_{e,m}$	de maandgemiddelde buitentemperatuur, zie Tabel [1], in °C.

D.2 Gemiddelde watertemperatuur in de afgiftekring

Bepaal voor elke maand van het stookseizoen de gemiddelde watertemperatuur in de afgiftekring van energiesector i tijdens de werkingstijd als volgt:

- Indien de instelwaarde van de vertrektemperatuur van het kringwater variabel is, geldt:

Eq. 210 $$\theta_{c,sec\ i,m} = 21 + \left(\theta_{c,sec\ i,\theta_{eb}} - 21\right)\left[\frac{21 - \theta_{e,m}}{29}\right]^{0.75} \quad (°C)$$

- Indien de instelwaarde van de vertrektemperatuur van het kringwater constant is, geldt:

Eq. 211 $$\theta_{c,sec\ i,m} = \theta_{c,sec\ i,\theta eb} \quad (°C)$$

maar bij een standaardketel zonder namenging m.b.v. een driewegmengkraan moet steeds gerekend worden met $\theta_{c,sec\ i,m}$ = 80°C, onafgezien van de ontwerptemperaturen van de afgiftekring.

met:

$\theta_{c,sec\ i,\theta eb}$ de gemiddelde watertemperatuur in de afgiftekring bij basis buitentemperatuur, zoals hieronder bepaald, in °C;

$\theta_{e,m}$ de maandgemiddelde buitentemperatuur, zie Tabel [1], in °C.

Bepaal de gemiddelde watertemperatuur in de afgiftekring bij basis buitentemperatuur (d.w.z. bij ontwerpomstandigheden), als volgt:

Eq. 212 $\theta_{c,sec\ i,\theta eb} = 0,5\ (\theta_{design,supply,sec\ i} + \theta_{design,return,sec\ i})$ (°C)

met:

$\theta_{design,supply,sec\ i}$ de ontwerpvertrektemperatuur van het water in de afgiftekring van energiesector i (bij basisbuitentemperatuur), in °C;

$\theta_{design,return,sec\ i}$ de ontwerpretourtemperatuur van het water in de afgiftekring van energiesector i (bij basisbuitentemperatuur), in °C.

Als waarden bij ontstentenis mogen gehanteerd worden:

- voor vloer- en muurverwarming:
  - $\theta_{design,supply,sec\ i} = 55°C$
  - $\theta_{design,return,sec\ i} = 45°C$
- voor radiatoren:
  - $\theta_{design,supply,sec\ i} = 90°C$
  - $\theta_{design,return,sec\ i} = 70°C$

Betere waarden kunnen ingebracht worden overeenkomstig vooraf door de minister bepaalde regels.

D.3 Radiatoren

Bereken de maandelijkse extra warmteverliezen ($\Delta Q_{rad,sec\ i,m}$) voor de radiatoren van energiesector i, doorheen de achterliggende scheidingsconstructie als:

Eq. 213
$$\Delta Q_{rad,sec\ i,m} = t_{heat,sec\ i,m} \sum_j \left\{ U_j \cdot A_{rad,j} \cdot \max\left(0 ; w \cdot \theta_{c,sec\ i,m} + (1-w) \cdot \theta_{e,m} - 18\right)\right\} \quad \text{(MJ)}$$

met:

$\theta_{c,sec\ i,m}$ de gemiddelde watertemperatuur in de afgiftekring van energiesector i tijdens de conventionele werkingstijd voor de beschouwde maand, bepaald volgens § D.2, in °C;

$\theta_{e,m}$ de maandgemiddelde buitentemperatuur, zie Tabel [1], in °C;

$t_{heat,sec\ i,m}$ de conventionele maandelijkse werkingstijd van het systeem van warmteafgifte in energiesector i, bepaald volgens § D.1, in Ms;

w een weegfactor. Deze wordt 0,4 in geval achter radiator j een stralingsscherm met een emissiefactor kleiner dan 0,2 aanwezig is en 0,8 in alle andere gevallen, (-);

U_j de U-waarde van de uitwendige scheidingsconstructies achter radiator j, in W/(m².K);

$A_{rad,j}$ de geprojecteerde radiatoroppervlakte van radiator j, in m².

Er dient gesommeerd te worden over alle radiatoren j van energiesector i, die geplaatst zijn tegen een uitwendige scheidingsconstructie.

Stel het maandelijkse afgifterendement voor energiesector i ($\eta_{em,heat,seci,m}$) gelijk aan:

Eq. 214 $$\eta_{em,heat,sec\ i,m} = \eta \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{Q_{heat,net,sec\ i,m} + \Delta Q_{rad,sec\ i,m}} \quad (-)$$

met:

η de vermenigvuldiger uit Tabel [23]. Deze vermenigvuldiger houdt rekening met extra regelingsverliezen en de verliezen als gevolg van temperatuurstratificatie, (-);

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, in MJ, bepaald volgens § 7.2;

$\Delta Q_{rad,sec\ i,m}$ het maandelijkse extra warmteverlies achter de radiatoren van energiesector i, in MJ.

Tabel [23]: Vermenigvuldiger η

Centrale verwarming met warm water		
regeling van de binnentemperatuur	regeling van de vertrektemperatuur van het kringwater	
	constante instelwaarde	variabele instelwaarde
temperatuurgestuurd per ruimte	0,92	0,94
andere	0,90	0,92

D.4 Vloerverwarming

Bereken het maandelijkse extra warmteverlies doorheen de vloeren van energiesector i ($\Delta Q_{fl.h,sec\ i,m}$) als:

Eq. 215 $$\Delta Q_{fl.h,seci,m} = \left(\theta_{c,seci,m} - 18\right) \times t_{heat,seci,m} \times \sum_{j} \left(U^{*}_{f,j} \times A_{f,j}\right) \quad (MJ)$$

met:

$\theta_{c,sec\ i,m}$ de gemiddelde watertemperatuur in de afgiftekring van energiesector i tijdens de conventionele werkingstijd voor de beschouwde maand, bepaald volgens § D.2, in °C;

$t_{heat,sec\ i,m}$ de conventionele maandelijkse werkingstijd van het systeem van warmteafgifte in energiesector i, bepaald volgens § D.1, in Ms;

$A_{f,j}$ de vloeroppervlakte ingenomen door vloerverwarming j, a rato van het deel van deze vloer waardoorheen transmissieverliezen optreden, in m^2;

$U^*_{f,j}$ de equivalente U-waarde van de vloer onder de vloerverwarming j, gelijk aan:

- in geval van vloeren op volle grond:

Eq. 216 $$\frac{1}{U^*_{f,j}} = \frac{1}{U_{f,j}} + 0,75 \quad (m^2.K/W)$$

met:

$U_{f,j}$ de U-waarde van de vloer gerekend vanaf de binnenomgeving tot aan het scheidingsvlak met de grond, in W/(m².K).

- in geval van vloeren boven een kelder of kruipkelder:

Eq. 217 $$\frac{1}{U^*_{f,j}} = \frac{1}{U_{f,j}} - 0,25 + \frac{1}{U_{g,j} + U_{x,j}} \quad (m^2.K/W)$$

waarbij $U_{f,j}$, $U_{g,j}$ en $U_{x,j}$ berekend worden volgens bijlage B.1 bij dit besluit, in W/(m²K).

- in geval van vloeren in contact met de buitenlucht:

Eq. 218 $$\frac{1}{U^*_{f,j}} = \frac{1}{U_{f,j}} - 0,25 \quad (m^2.K/W)$$

met:

$U_{f,j}$ de warmtedoorgangscoëfficiënt van de vloer van binnenomgeving tot buitenlucht, berekend volgens bijlage B.1 bij dit besluit, in W/(m²K.

Er dient gesommeerd te worden over alle vloerverwarmingen j van energiesector i, die ingebed zijn in uitwendige scheidingsconstructies.

Stel het maandelijkse afgifterendement voor energiesector i ($\eta_{em,heat,seci,m}$) gelijk aan:

Eq. 219 $$\eta_{em,heat,sec\ i,m} = \eta \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{Q_{heat,net,sec\ i,m} + \Delta Q_{fl.\ h,sec\ i,m}} \quad (-)$$

met:

η de vermenigvuldiger uit ;

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, in MJ, bepaald volgens § 7.2;

$\Delta Q_{fl.h,sec\ i,m}$ het maandelijkse extra warmteverlies door de vloeren in energiesector i, in MJ.

D.5 Muurverwarming

Bereken het maandelijkse extra warmteverlies via de muren van energiesector i, $\Delta Q_{wall.h,sec\ i,m}$, als:

Eq. 220 $$\Delta Q_{wall.h,seci,m} = \left(\theta_{c,seci,m} - 18\right) \cdot t_{heat,seci,m} \cdot \sum_{j} \left(U^{*}_{wall,j} \cdot A_{wall,j}\right) \quad \text{(MJ)}$$

met:

$\theta_{c,sec\ i,m}$ de gemiddelde watertemperatuur in de afgiftekring van energiesector i tijdens de conventionele werkingstijd voor de beschouwde maand, bepaald volgens d.2, in °C;

$t_{heat,seci,m}$ de conventionele maandelijkse werkingstijd van het systeem van warmteafgifte in energiesector i, bepaald volgens d.1, in Ms;

$A_{wall,j}$ de oppervlakte van de uitwendige verticale scheidingsconstructie j, achter het vlak met de muurverwarming, in m²;

$U^{*}_{wall,j}$ de equivalente warmtedoorgangscoëfficiënt van de uitwendige verticale scheidingsconstructie j achter het vlak met de muurverwarming, gegeven door:

Eq. 221 $$U^{*}_{wall,\,j} = \frac{1}{1/U_{wall,\,j} - 0{,}175} \quad \text{(W/(m².K))}$$

met:

$U_{wall,j}$ de warmtedoorgangscoëfficiënt van de uitwendige verticale scheidingsconstructie j achter het element.

Er dient gesommeerd te worden over alle uitwendige verticale scheidingsconstructies j van energiesector i, waarin muurverwarming ingebed is.

Stel het maandelijkse afgifterendement voor energiesector i, $\eta_{em,heat,sec\ i,m}$, gelijk aan:

Eq. 222 $$\eta_{em,heat,sec\ i,m} = \eta \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{Q_{heat,net,sec\ i,m} + \Delta Q_{wall.h,sec\ i,m}} \quad \text{(-)}$$

met:

η de vermenigvuldiger uit Tabel [23], (-);

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, in MJ, bepaald volgens § 7.2;

$\Delta Q_{wall.h,sec\ i,m}$ het maandelijkse extra warmteverlies via de muren in energiesector i, in MJ.

Bijlage E De verdeelverliezen

§ E.1 van deze bijlage is enkel van toepassing op energiesectoren die slechts door één enkel netwerk buiten het beschermd volume gevoed worden. Indien dat netwerk ook aan andere energiesectoren warmte levert, moet bovendien gelden dat elk van die andere energiesectoren geen gebruik maakt van een tweede, onafhankelijk netwerk buiten het beschermd volume. (Indien gans het beschermd volume 1 enkele energiesector vormt, is automatisch aan elk van deze voorwaarden voldaan.)

Eerst wordt het rendement van het ganse netwerk berekend. Dit rendement is dan van toepassing op alle energiesectoren die door dit netwerk van warmte voorzien worden, ook wanneer een energiesector slechts gebruik maakt van een gedeelte van het netwerk.

E.1 Verdeelrendement

Het maandgemiddeld verdeelrendement, $\eta_{distr,heat,sec\ i,m}$, van een energiesector i is gelijk aan het maandgemiddeld verdeelrendement van het warmteverdelingsnetwerk n dat de energiesector van warmte voorziet:

Eq. 223 $\eta_{distr,heat,sec\ i,m} = \eta_{distr,heat,netw\ n,m}$ (-)

met:

Eq. 224 $\eta_{distr,heat,netwn,m} = \frac{Q_{out,heat,netwn,m}}{Q_{in,heat,netwn,m}}$ (-)

met:

Eq. 225 $Q_{in,heat,netw\ n,m} = Q_{out,heat,netw\ n,m} + Q_{distr,heat,netw\ n,m}$ (MJ)

en

Eq. 226 $Q_{out,heat,netw\ n,m} = \sum_i \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{\eta_{em,heat,sec\ i,m}}$ (MJ)

met:

$Q_{out,heat,netw\ n,m}$	de maandelijkse hoeveelheid warmte afgeleverd door warmteverdelingsnet n aan de energiesectoren die het netwerk bedient, in MJ;
$Q_{in,heat,netw\ n,m}$	de maandelijkse hoeveelheid warmte afgeleverd door de warmteopwekkingsinstallatie of door het opslagvat aan het warmteverdelingsnet n, in MJ;
$Q_{distr,heat,netw\ n,m}$	de maandelijkse hoeveelheid warmte verloren door warmteverdelingsnet n buiten het beschermd volume, in MJ;
$\eta_{em,heat,sec\ i,m}$	het maandelijks afgifterendement van energiesector i, bepaald volgens § 9.2.2.2 of Bijlage D van deze tekst, (-);
$Q_{heat,net,sec\ i,m}$	de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, in MJ, bepaald volgens § 7.2.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i die door netwerk n bediend worden. Als het warmteverdelingsnetwerk ook energie aflevert aan gebouwdelen waarvoor geen energieprestatieberekening gebeurt, wordt het effect van deze andere gebouwdelen buiten beschouwing gelaten:

- er worden geen verliezen beschouwd van de verdelingsleidingen die enkel deze andere gebouwdelen bedienen;
- de door het netwerk afgeleverde energie aan deze andere gebouwdelen wordt ook niet beschouwd bij de berekening van de output van het netwerk.

E.2 De warmteverliezen van het warmteverdelingsnet

Bepaal zowel in geval van waterleidingen als luchtkanalen het verdeelverlies van netwerk n als volgt:

$$Q_{distr,heat,netw\ n,m} = t_{heat,netw\ n,m} . f_{insul,netw\ n} . \sum_j \left(\theta_{c,netw\ n,m} - \theta_{amb,m,j}\right) \cdot \left(\frac{l_j}{R_{l,j}}\right)$$

Eq. 321 (MJ)

met:

$t_{heat,netw\ n,m}$ de conventionele maandelijkse werkingstijd van warmteverdelingsnet n, in Ms. Neem de waarde ervan gelijk aan het maximum van de conventionele werkingstijden $t_{heat,sec\ i,m}$ (bepaald volgens § D.1, zowel voor water- als voor luchtverwarmingssystemen) van de energiesectoren i die door het netwerk bediend worden;

$f_{insul,netw\ n}$ een correctiefactor om rekening te houden met de impact van koudebruggen op de warmteweerstand van de segmenten van warmteverdelingsnetwerk n, bepaald zoals $f_{insul,circ\ k}$ in § 9.3.2.2 waarbij de index "circ k" wordt vervangen door "netw n" en de woorden "circulatieleiding" en "circulatieleiding k" door respectievelijk de woorden "warmteverdelingsnetwerk" en "warmteverdelingsnetwerk n", (-);

$\theta_{c,netw\ n,m}$ de maandgemiddelde temperatuur van het fluïdum in warmteverdelingsnet n, in °C. Neem de waarde ervan gelijk aan het maximum van de maandgemiddelde fluïdumtemperaturen in de afgiftekringen van elk der energiesectoren die door het netwerk bediend worden. Deze temperaturen worden per energiesector als volgt bepaald:

- in geval van water als warmtetransporterend fluïdum: het betreft de temperatuur $\theta_{c,sec\ i,m}$, bepaald volgens § D.2 (ook indien het een ander verwarmingssysteem betreft dan radiatoren, of vloer- of muurverwarming; bv. convectoren)

- in geval van lucht als warmtetransporterend fluïdum: gebruik voor elke maand met de gemiddelde waarde gedurende het stookseizoen, gegeven door:

Eq. 228 $\theta_{c,sec\ i} = 8 + 0,6\ \theta_{design,supply,sec\ i}$ (°C)

met:

$\theta_{design,supply,sec\ i}$ de ontwerpvertrektemperatuur van de lucht bij basis buitentemperatuur. Als waarde bij ontstentenis mag 50°C gehanteerd worden. Bij gebruik van een andere ontwerptemperatuur dienen gedetailleerde berekeningen van het ontwerp van het afgiftesysteem (voor elke verwarmde ruimte van energiesector i) deel uit te maken van de EPB-aangifte.

$\theta_{amb,m,j}$ de maandgemiddelde omgevingstemperatuur van segment j van het warmteverdelingsnet, in °C:
- indien het segment in een aangrenzende onverwarmde ruimte ligt, geldt:

Eq. 229 $\theta_{amb,m,j} = 11 + 0,4.\theta_{e,m}$;

- indien het segment buiten ligt, geldt:

Eq. 230 $\theta_{amb,m,j} = \theta_{e,m}$;

waarin:

$\theta_{e,m}$ de maandgemiddelde buitentemperatuur, in °C, volgens § Tabel [1];

l_j de lengte van segment j, in m;

$R_{l,j}$ de lineaire warmteweerstand van segment j, in mK/W, bepaald volgens § E.3.

Er dient gesommeerd te worden over alle segmenten j van warmteverdelingsnetwerk n buiten het beschermd volume.

E.3 Bepaling van de lineaire warmteweerstand

De lineaire warmteweerstand geeft de warmtestroom van een segment van het warmteverdelingsnet per eenheid lengte en per graad temperatuursverschil.

De onderstaande vergelijkingen zijn gebaseerd op de norm NBN EN ISO 12241. De interne warmteovergangsweerstand en de eigen weerstand van de leiding zijn in de formule als verwaarloosbaar klein verondersteld.

Voor meerschalige isolatiemantels wordt direct naar deze norm verwezen.

Als voor een segment de dikte van de isolatie niet bekend is, wordt ervan uitgegaan dat dit segment niet geïsoleerd is.

E.3.1 Ronde leidingen en kanalen

Bereken de lineaire warmteweerstand $R_{l,j}$ van segment j als:

Eq. 322
$$R_{l,j} = \frac{1}{2.\pi.\lambda_{insul,j}} \ln\left(\frac{D_{e,j}}{D_{i,j}}\right) + \frac{1}{h_{se,j}.\pi.D_{e,j}} \quad \text{(m.K/W)}$$

met:

$\lambda_{insul,j}$ de warmtegeleidingscoëfficiënt van de warmte-isolatie rond segment j, in W/(m.K);

$D_{e,j}$ de buitendiameter van de isolatie, in m;

$D_{i,j}$ de buitendiameter van de ongeïsoleerde leiding, in m;

$h_{se,j}$ de totale (convectieve + radiatieve) externe warmteoverdrachtscoëfficiënt van het segment j, in W/(m².K), gelijk te nemen aan:

- binnen het beschermd volume: $h_{se,j} = 8$;
- in aangrenzende onverwarmde ruimte: $h_{se,j} = 10$;
- buiten: $h_{se,j} = 25$.

E.3.2 Rechthoekige kanalen

Bereken de lineaire warmteweerstand $R_{l,j}$ van segment j als:

Eq. 323 $$R_{l,j} = \frac{d_{insul,j}}{2 \cdot \lambda_{insul,j} \cdot \left(H_j + B_j - 2 \cdot d_{insul,j}\right)} + \frac{1}{2 \cdot h_{se,j} \cdot \left(H_j + B_j\right)} \quad \text{(m.K/W)}$$

met:

$\lambda_{insul,j}$ de warmtegeleidingscoëfficiënt van de warmte-isolatie rond segment j, in W/(m.K);

$d_{insul,j}$ de dikte van de warmte-isolatie rond het kanaal, in m;

H_j de hoogte van het geïsoleerd kanaal (buitenafmeting), in m;

B_j de breedte van het geïsoleerd kanaal (buitenafmeting), in m;

$h_{se,j}$ de totale (convectieve + radiatieve) externe warmteoverdrachtscoëfficiënt van het segment j, in W/(m².K), zoals vastgelegd in E.3.1.

E.3.3 Ondergrondse leidingen

Bereken de lineaire warmteweerstand $R_{l,j}$ van segment j als:

Eq. 233 $$R_{l,j} = R'_{l,j} + R_E \quad \text{(m.K/W)}$$

met:

Eq. 324 $$R'_{l,j} = \frac{1}{2.\pi.\lambda_{insul,j}} \ln\left(\frac{D_{e,j}}{D_{i,j}}\right) \quad \text{(m.K/W)}$$

en:

Eq. 235 $$R_E = \frac{1}{2.\pi.\lambda_E} \operatorname{arcosh}\left(\frac{2.H_{E,j}}{D_{e,j}}\right) \quad \text{(m.K/W)}$$

met:

$\lambda_{insul,j}$ de warmtegeleidingscoëfficiënt van de warmte-isolatie rond segment j, in W/(m.K);

$D_{e,j}$ de buitendiameter van de geïsoleerde leiding, in m;

$D_{i,j}$ de buitendiameter van de ongeïsoleerde leiding, in m;

λ_E de warmtegeleidingscoëfficiënt van de omgevende bodem. Neem als waarde: $\lambda_E = 2$ W/(m.K);

$H_{E,j}$ de afstand tussen het middelpunt van de leiding en het grondoppervlak, in m.

Bijlage F Factoren vastgelegd voor de energievectoren

Voor de bepaling van de conventionele omrekenfactor naar primaire energie worden twee gevallen onderscheiden:

- in geval van aansluiting op een systeem van externe warmtelevering: $f_p=f_{p,dh}$ de equivalente primaire energiefactor van dat systeem, in detail te bepalen volgens door de minister bepaalde regels en bij ontstentenis gelijk aan 2,0, (-);
- in andere gevallen: de conventionele omrekenfactor naar primaire energie van de energiedrager van het beschouwde opwekkingstoestel, zoals vastgelegd in de hoofdtekst van dit besluit, (-).

Tabel [29]: Conversiefactoren naar primaire energie, verhouding van de onderste tot de bovenste verbrandingswaarde et CO_2-factor per energievector

Brandstof	f_p	$f_{NCV/GCV}$	f_{CO2}
aardgas	1,00	0,90	0,056
gasolie	1,00	0,94	0,073
propaan/butaan/LPG	1,00	0,92	0,062
kolen	1,00	0,96	0,093
hout	1,00	0,93	0
houtpellets/houtbriketten	1,00	0,91	0
electriciteit	2,50	1,00	0,179
Geproduceerde elektriciteit door een fotovoltaïsche installatie	2,50	1,00	0,179
Geproduceerde elektriciteit door een WKK-installatie	2,50	1,00	0,179
andere brandstoffen (1)	gelijkwaardigheid		

(1) Voor brandstoffen die nog niet expliciet in de tabel vermeld zijn, kan de minister de toe te passen waarde bepalen.

Bijlage G Bepaling van het thermisch rendement van een warmteterugwinapparaat

Bepaal het thermisch rendement η_{test} van een warmteterugwinapparaat op basis van de temperatuursverhoudingen uit een proef zoals in deze bijlage beschreven. Als waarde bij ontstentenis voor het thermisch rendement geldt voor alle debieten de waarde nul.

Er wordt verwezen naar de norm NBN EN 308 voor de definities van de categorieën van warmteterugwinapparaten en voor de conventies m.b.t. de nummering van de posities.

De minister kan nadere en/of afwijkende specificaties voor de bepaling van het thermisch rendement vastleggen.

G.1 Meting

De proef moet uitgevoerd worden overeenkomstig de meetvereisten van § 5.5 en § 6.4 van de norm NBN EN 308 met uitzondering van de volgende punten:

- de proef moet uitgevoerd worden op het volledige (incl. omkasting, ventilatoren, enz.), ongewijzigde warmteterugwinapparaat. Een warmteterugwinapparaat bestaat altijd minstens uit een warmtewisselaar en een omkasting. Het beproefde warmteterugwinapparaat moet ook alle componenten bevatten die aanwezig zijn binnen de omkasting van het warmteterugwinapparaat, bijvoorbeeld ventilatoren, filters, een by-pass, verwarmings- of koelbatterijen enz.. Het warmteterugwinapparaat mag niet gewijzigd worden voor de proef, zo mag bijvoorbeeld geen extra warmte-isolatie aangebracht worden;
- er is geen vereiste betreffende de thermische balans (cfr. § 6.6 van de norm NBN EN 308);
- er is geen vereiste betreffende de interne en externe lekken;
- er wordt niet geëist dat de proef uitgevoerd wordt voor de verschillende combinaties van debieten van toevoerlucht en afvoerlucht zoals voorgeschreven door de norm, maar wel:
  - boor één of meerdere debieten naar keuze. Het toepassingsbereik van het eindresultaat hangt wel af van het debiet van de proef (zie hoofdtekst),
  - bij voorkeur met een zo goed mogelijk evenwicht tussen de volumedebieten van de toevoer- en afvoerlucht;
- het is enkel de proef bij de luchtinlaat omstandigheden zoals vastgelegd in onderstaande tabel uit de norm NBN EN 308 die beschouwd moet worden. Metingen bij andere temperaturen zijn niet geldig als basis voor de bepaling van het thermisch rendement zoals hieronder beschreven.

Tabel [26]: Categorie van warmteterugwinapparaat

Categorie van warmteterugwinapparaat (zie definities in NBN EN 308)	**I II IIIa**	**IIIb**
temperatuur van de afvoerlucht	25°C	25°C
natte bol temperatuur van de afvoerlucht	< 14°C	18°C
temperatuur van de buitenlucht	5°C	5°C
natte bol temperatuur van de buitenlucht		3°C

Het proefverslag moet minstens de volgende meetgegevens bevatten:

- de gemeten temperaturen aan alle in- en uitgangen van het warmteterugwinapparaat: de temperatuur van de buitenlucht (t_{21}), van de toevoerlucht (t_{22}), van de afvoerlucht (t_{11}) en van de afgevoerde lucht (t_{12}), in °C;
- de gemeten volumedebieten van de toevoerlucht (q_{v22}) en van de afvoerlucht (q_{v11}), in m^3/h;
- het gemeten totale elektrische vermogen opgenomen door het warmteterugwinapparaat tijdens de proef ($P_{elec,ahu,test}$), in W. Het betreft het totale elektrische vermogen van het ganse apparaat voor alle ventilatoren, alle regelingen, enz.
- de positie van de ventilatoren ten opzichte van de warmtewisselaar in het geteste apparaat.

G.2 Berekening

Het volumedebiet van de proef, $q_{v,test}$, wordt gedefinieerd als het kleinste van de volumedebieten van de afvoerlucht (q_{v11}) en van de toevoerlucht (q_{v22}) tijdens de proef.

Het thermisch rendement van een warmteterugwinapparaat wordt gegeven door:

Eq. 236 $$\eta_{test} = \frac{\left(\eta_{t,sup} + \eta_{t,eha}\right)}{2} \quad (-)$$

De temperatuursverhoudingen langs de toevoerzijde ($\eta_{t,sup}$) en langs de afvoerzijde ($\eta_{t,eha}$) worden berekend aan de hand van de tijdens de proef gemeten temperaturen en bij conventie als volgt gecorrigeerd voor de warmte afkomstig van het elektrisch energieverbruik:

Eq. 237 $$\eta_{t,sup} = \frac{t_{22} - \Delta t_{22} - t_{21} - \Delta t_{21}}{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{21} - \Delta t_{21}} \quad (-)$$

Eq. 238 $$\eta_{t,eha} = \frac{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{12} + \Delta t_{12}}{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{21} - \Delta t_{21}} \quad (-)$$

Als het warmteterugwinapparaat geen ventilatoren bevat, zijn de temperatuurverschillen Δt_{11}, Δt_{12}, Δt_{21}, Δt_{22}, gelijk aan nul.

In de andere gevallen worden de temperatuurverschillen overeenkomstig de positie van de ventilatoren bij conventie berekend volgens § één van de 4 configuraties in de onderstaande tabel:

Tabel [27]: Formules voor de berekening van de temperatuursverschillen overeenkomstig de positie van de ventilatoren

		Afvoerventilator	
		In de positie afvoerlucht (11)	In de positie afgevoerde lucht (12)
Toevoer ventilator	In de positie buitenlucht (21)	$\Delta t_{11} = \frac{0,5 . P_{elec,ahu,test}}{0,34 . q_{v11}}$ $\Delta t_{21} = \frac{0,5 . P_{elec,ahu,test}}{0,34 . q_{v22}}$ $\Delta t_{22} = \Delta t_{12} = 0$	$\Delta t_{12} = \frac{0,5 . P_{elec,ahu,test}}{0,34 . q_{v11}}$ $\Delta t_{21} = \frac{0,5 . P_{elec,ahu,test}}{0,34 . q_{v22}}$ $\Delta t_{22} = \Delta t_{11} = 0$
	In de positie toevoerlucht (22)	$\Delta t_{11} = \frac{0,5 . P_{elec,ahu,test}}{0,34 . q_{v11}}$ $\Delta t_{22} = \frac{0,5 . P_{elec,ahu,test}}{0,34 . q_{v22}}$ $\Delta t_{21} = \Delta t_{12} = 0$	$\Delta t_{12} = \frac{0,5 . P_{elec,ahu,test}}{0,34 . q_{v11}}$ $\Delta t_{22} = \frac{0,5 . P_{elec,ahu,test}}{0,34 . q_{v22}}$ $\Delta t_{21} = \Delta t_{11} = 0$

Voor een gegeven warmteterugwinapparaat mogen er meerdere proeven bij verschillende debieten uitgevoerd worden. Bij elk thermisch rendement hoort een proefdebiet, dat het toepassingsbereik beperkt (zie hoofdtekst).

Gezien om gevoegd te worden bij het besluit van de Waalse regering van 15 december 2016 houdende wijziging van het besluit van de Waalse Regering van 15 mei 2014 tot uitvoering van het decreet van 28 november 2013 betreffende de energie prestatie van gebouwen.

Namen, 15 december 2016.

De Minister-President,

P. MAGNETTE

De Minister van Lokale Overheden, van de Stad, Huisvesting en Energie,

P. FURLAN

Bijlage 2

Bijlage A3 bij het besluit van de Waalse Regering van 15 mei 2014 tot uitvoering van het decreet van 28 november 2013 betreffende de energieprestatie van gebouwen.

EPN methode

BEREKENING VAN HET PEIL VAN PRIMAIR ENERGIEVERBRUIK VAN NIET-RESIDENTIËLE EENHEDEN

Inhoud

1 INLEIDING 6

2 DEFINITIE VAN DE GEBRUIKSOPPERVLAKTE 7

3 SCHEMATISERING VAN HET GEBOUW 8

3.1 Principe 8

3.2 Opdeling van het gebouw 8

4 HET PEIL VAN PRIMAIR ENERGIEVERBRUIK 9

5 NETTO ENERGIEBEHOEFTE VOOR RUIMTEVERWARMING, RUIMTEKOELING, WARM TAPWATER EN BEVOCHTIGING 10

5.1 Principe 10

5.2 Rekenwaarde binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening en de koelberekeningen en tussentijdse temperatuuraanpassing 13

5.2.1 Principe 13

5.2.2 Ruimteverwarming 14

5.2.3 Ruimtekoeling 19

5.3 Maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming 24

5.4 Maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling 27

5.5 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie per functioneel deel 32

5.6 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie per functioneel deel 32

5.6.1 Principe 32

5.6.2 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie voor de verwarmingsberekeningen per functioneel deel 33

5.6.3 Warmteoverdrachtscoëfficiënten door ventilatie voor de koelberekeningen per functioneel deel 35

5.6.4 Reductiefactor ingevolge voorverwarming 44

5.6.5 Tijdsfractie dat de ventilatie in bedrijf is 47

5.7 Interne warmteproductie 49

5.8 Zonnewarmtewinsten 51

5.9 Effectieve thermische capaciteit 51

5.9.1 Principe 51

5.9.2 Effectieve thermische capaciteit aan de hand van de vloermassa 51

5.9.3 Effectieve thermische capaciteit aan de hand van een gedetailleerde berekening 52

5.10 Maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater 53

5.10.1 Jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van douches en baden 55
5.10.2 Jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van keukenaanrechten 56
5.10.3 Jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van andere tappunten voor warm tapwater (anders dan douches, baden en keukenaanrechten) 58
5.11 Maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging 59

6 BRUTO ENERGIEBEHOEFTE VOOR RUIMTEVERWARMING, RUIMTEKOELING EN WARM TAPWATER 61
6.1 Principe 61
6.2 Bepaling van de bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming en ruimtekoeling 61
6.3 Systeemrendementen voor verwarming en koeling 62
6.4 Fracties van de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming en ruimtekoeling 64
6.4.1 Fractie netto energiebehoefte voor ruimtekoeling 64
6.4.2 Fractie netto energiebehoefte voor ruimteverwarming 65
6.5 Bepaling van de bruto energiebehoefte voor warm tapwater 65

7 EINDENERGIEVERBRUIK VOOR RUIMTEVERWARMING, RUIMTEKOELING, BEVOCHTIGING EN WARM TAPWATER 67
7.1 Principe 67
7.2 Maandelijks eindenergieverbruik voor ruimteverwarming en ruimtekoeling en voor bevochtiging 67
7.2.1 Ruimteverwarming en bevochtiging 67
7.2.2 Ruimtekoeling 69
7.3 Verdeling van de bruto energiebehoefte over preferente en niet-preferente opwekkers 70
7.3.1 Verwarming 70
7.3.2 Koeling 76
7.4 De maandgemiddelde fractie van de energie voorzien door free-chilling . 78
7.5 Opwekkingsrendementen voor verwarming en koeling 79
7.5.1 Opwekkingsrendement voor verwarming 79
7.5.2 Opwekkingsrendement voor koeling 80
7.6 Eindenergieverbruik voor warm tapwater 86

8 MAANDELIJKS HULPENERGIEVERBRUIK 88
8.1 Elektriciteitsverbruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie . 88
8.1.1 Principe 88
8.1.2 Elektriciteitsverbruik van de ventilatoren 88
8.1.3 Elektriciteitsverbruik voor ventilatoren per functioneel deel aan de hand van waarden bij ontstentenis 89
8.1.4 Elektriciteitsverbruik voor ventilatoren per functioneel deel aan de hand van de werkelijk opgestelde vermogens 89
8.1.5 Tijdfractie dat de ventilatoren in bedrijf zijn 91
8.2 Maandelijks energieverbruik voor distributie 92
8.2.1 Principe 92
8.2.2 Rekenregel voor hulpenergieverbruik voor distributie 92
8.2.3 Bepaling van het geïnstalleerd vermogen $P_{pump,dis,instal,j}$ 92
8.2.4 Bepaling van de aantijd $t_{on,dis,j,m}$ 94

8.3 Extra elektriciteitsverbruik voor koelmachines 97
8.3.1 Principe 97
8.3.2 Vereenvoudigde methode 97
8.3.3 Gedetailleerde methode 100
8.4 Extra elektriciteitsverbruik voor free-chilling 104
8.5 Elektrisch hulpenergieverbuik voor warmteopwekking 106
8.5.1 Principe 106
8.5.2 Rekenregel voor elektrisch hulpenergieverbruik voor warmteopwekking 106
8.6 Energieverbruik voorkoeling ventilatielucht 109
8.6.1 Elektriciteitsverbruik van de aarde-water warmtewisselaar 110
8.6.2 Elektriciteitsverbruik voor verdampingskoeling 111

9 ENERGIEVERBRUIK VOOR VERLICHTING 112
9.1 Principe 112
9.1.1 Dimensieloze hulpvariabele $L_{rm\ r}$ 113
9.1.2 Elektriciteitsverbruik voor verlichting 113
9.2 Bepaling van de dimensieloze hulpvariabele $L_{rm\ r}$ en het elektriciteitsverbruik voor verlichting aan de hand van waarden bij ontstentenis 113
9.2.1 Bepaling van de dimensieloze hulpvariabele Lrm r 113
9.2.2 Bepaling van het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting per functioneel deel 113
9.3 Bepaling van de dimensieloze hulpvariabele $L_{rm\ r}$ en het elektriciteitsverbruik voor verlichting aan de hand van de detailgegevens van de verlichtingsinstallatie 114
9.3.1 Bepaling van de dimensieloze hulpvariabele $L_{rm\ r}$ 114
9.3.2 Bepaling van het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting per functioneel deel 117
9.3.3 Rekenwaarde voor het vermogen per ruimte 129
9.3.4 Verdeling in daglicht- en kunstlichtdeel 130

10 PRIMAIR ENERGIEVERBRUIK 137
10.1 Principe 137
10.2 Het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik 137
10.3 Het primair energieverbruik voor verwarming en koeling 137
10.4 Het primair energieverbruik voor de bereiding van warm tapwater 138
10.5 Het primair hulpenergieverbruik 139
10.6 Het primair energieverbruik voor verlichting 139
10.7 De primaire energiebesparing ingevolge de elektriciteitsproductie van gebouwgebonden warmtekrachtkoppeling 140

BIJLAGE A WARMTEKRACHTKOPPELING 141
A.1 Principe 141
A.2 Bepaling van het elektrisch en thermisch omzettingsrendement van WKK . 141
A.2.1 Bepaling van het elektrisch en thermisch omzettingsrendement van een interne verbrandingsmotor op aardgas, gas afkomstig van biomassa, gasolie of plantaardige olie 141
A.2.2 Bepaling van het elektrisch en thermisch omzettingsrendement van andere technologieën dan interne verbrandingsmotoren op aardgas, gas afkomstig van biomassa, gasolie of plantaardige olie 143

A.3 Bepaling van het maandelijks eindenergieverbruik van een WKK-installatie144
A.3.1 Rekenregel 144
A.3.2 Door WKK gedekte bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming 144
A.3.3 Door WKK gedekte netto energiebehoefte voor bevochtiging 145
A.3.4 Door WKK gedekte bruto warmtebehoefte voor thermisch aangedreven koeling 145
A.3.5 Door WKK gedekte bruto energiebehoefte voor warm tapwater 146
A.4 Bepaling van de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit 146
A.5 Lege paragraaf 147
A.6 Bepaling van de minimale waterinhoud van een buffervat om 30 minuten productie van een WKK-installatie op vol vermogen op te slaan 147

BIJLAGE B VOORKOELING VAN VENTILATIELUCHT 148
B.1 Rekenregel 148
B.2 Aarde-water warmtewisselaar 149
B.2.1 Effectiviteit eprecool,m van het voorkoelsysteem 149
B.2.2 Referentietemperatuur voor maximale temperatuurdaling θprecool,ref,max,m 149
B.3 Verdampingskoeling 153
B.3.1 Effectiviteit $e_{precool,m}$ van het voorkoelsysteem 153
B.3.2 Referentietemperatuur voor maximale temperatuurdaling θprecool,ref,max,m 153

BIJLAGE C BEPALING VAN DE REFERENTIEWAARDE VOOR HET KARAKTERISTIEK JAARLIJKS PRIMAIR ENERGIEVERBRUIK 154
C.1 Inleiding 154
C.2 Referentiewaarde voor de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming, ruimtekoeling, warm tapwater en bevochtiging 154
C.2.1 Referentiewaarde voor de rekenwaarde binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening en de koelberekeningen en tussentijdse temperatuuraanpassing 154
C.2.2 Referentiewaarde voor de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming159
C.2.3 Referentiewaarde voor de netto energiebehoefte voor ruimtekoeling.. 162
C.2.4 Referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie per functioneel deel 165
C.2.5 Referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie en in/exfiltratie per functioneel deel 168
C.2.6 Referentiewaarde voor de interne warmteproductie 170
C.2.7 Referentiewaarde voor de zonnewinsten 171
C.2.8 Referentiewaarde voor de effectieve thermische capaciteit 174
C.2.9 Referentiewaarde voor de maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging 174
C.2.10 Referentiewaarde voor de voor de bijdrage aan het systeemrendement van de maandelijkse verliezen van een circulatieleiding 174
C.3 Referentiewaarde voor het hulpenergieverbruik van ventilatoren en pompen176
C.3.1 Referentiewaarde voor het elektriciteitsverbruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie 176
C.3.2 Referentiewaarde voor het elektriciteitsverbruik voor distributie.. 177
C.4 Referentiewaarde voor het energieverbruik voor verlichting 178
C.5 Referentiewaarde voor het primair energieverbruik 180

C.5.1 Referentiewaarde voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik 180
C.5.2 Referentiewaarde voor het primair energieverbruik voor verwarming, bevochtiging en koeling 181
C.5.3 Referentiewaarde voor het primair energieverbruik voor de bereiding van warm tapwater 181
C.5.4 Referentiewaarde voor het primair hulpenergieverbruik..... 182
C.5.5 Referentiewaarde voor het primair energieverbruik voor verlichting. 183

1 Inleiding

Deze bijlage bevat de methode voor de bepaling van het peil van primair energieverbruik van niet-residentiële eenheden die één of meer specifieke functies hebben, hierna "EPN-eenheden" genoemd.

De globale opbouw van de methode is analoog aan deze voor residentiële eenheden, hierna "EPW-eenheden" genoemd; zie hoofdstuk 4 van bijlage A.1 bij dit besluit (bepalingsmethode van het peil van primair energieverbruik van woongebouwen).

Voor een opsomming van de normatieve verwijzingen, definities, symbolen, afkortingen en indices wordt verwezen naar hoofdstukken 1, 2 en 3 van bijlage A.1 bij dit besluit.

De minister kan nadere specificaties bepalen om de impact van atria of geventileerde dubbele gevels op de energieprestatie van de EPN-eenheid te bepalen.

2 Definitie van de gebruiksoppervlakte

De gebruiksoppervlakte van een ruimte of van een groep van ruimten is de oppervlakte, gemeten op vloerniveau, tussen de opgaande scheidingsconstructies die de ruimte of groep van ruimten omhullen. Voor trappen en hellende vloeren wordt de verticale projectie op het horizontale vlak beschouwd.

Bij de bepaling van de gebruiksoppervlakte worden niet meegerekend:

- een trapgat, liftschacht of vide;
- een dragende binnenwand.

Bij de bepaling van de grenslijn mag een incidentele nis of uitsparing en een incidenteel uitspringend bouwdeel worden genegeerd, indien het grondvlak daarvan kleiner is dan 0,5 m².

3 Schematisering van het gebouw

3.1 Principe

De energieprestatie heeft vaak betrekking op een deelvolume van een gebouw, afhankelijk van bijvoorbeeld het al dan niet verwarmd (en/of gekoeld) zijn van ruimten, de functie van verschillende delen, enz. Voor de bepaling van de energieprestatie wordt het gebouw daarom op conventionele manier opgesplitst in verschillende delen. Elk deelvolume dat op zich aan een energieprestatie-eis voor een niet-residentieel gebouw moet voldoen, wordt een "EPN-eenheid" genoemd. Indien nodig gebeurt een verdere opsplitsing in ventilatiezones en energiesectoren om verschillende types installaties correct te kunnen inrekenen en gebeurt een verdere opsplitsing in functionele delen om de specifieke gebruikskenmerken van de verschillende functies correct te kunnen inrekenen.

3.2 Opdeling van het gebouw

Alle definities, alle principes en alle te volgen regels met betrekking tot de gebouwindeling, worden vooraf door de minister bepaald.

4 Het peil van primair energieverbruik

Het peil van primair energieverbruik van de EPN-eenheid wordt gegeven door de verhouding van het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik van de EPN-eenheid tot een referentiewaarde, vermenigvuldigd met 100:

Eq. 1 $$E_{EPNR} = 100 \cdot \frac{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}}{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,\ ref}} \quad (-)$$

waarin:

E_{EPNR}	het peil van primair energieverbruik van de EPN-eenheid, (-);
$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}$	het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik van de EPN-eenheid, berekend volgens § 10.2, in MJ;
$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref}$	de referentiewaarde voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik, zoals bepaald in Bijlage C van deze tekst, in MJ.

Het resultaat dient naar boven afgerond te worden tot op 1 eenheid.

5 Netto energiebehoefte voor ruimteverwarming, ruimtekoeling, warm tapwater en bevochtiging

5.1 Principe

De netto energiebehoefte voor ruimteverwarming of voor ruimtekoeling moet per energiesector worden bepaald, voor alle maanden van het jaar, om vervolgens te worden gebruikt voor de berekening van de bruto energiebehoefte (zie § 6).

Voor de ruimteverwarming worden de binnentemperaturen en een groot aantal andere parameters voor elk functioneel deel vastgelegd. Eerst moet de maandelijkse netto energiebehoefte per functioneel deel worden bepaald en vervolgens moet er gesommeerd worden over alle functionele delen die tot de betreffende energiesector behoren. De berekening van de netto energiebehoefte per functioneel deel houdt rekening met tussentijdse temperatuurverlagingen en met het bezettingsprofiel van het functioneel deel, zoals weergegeven in Tabel [2], evenals met de thermische massa van het functioneel deel.

Een groot aantal parameters wordt per functioneel deel vastgelegd. Voor de ruimtekoeling moet dus de maandelijkse netto energiebehoefte per functioneel deel worden bepaald en vervolgens moet er worden gesommeerd over alle functionele delen die tot de betreffende energiesector behoren.

Voor warm tapwater wordt de netto energiebehoefte bepaald per functioneel deel en berekend per tappunt met warm water (zie § 5.10). Hierbij kan een warmteterugwinning in rekening worden gebracht. Volgende tappunten worden beschouwd:

- douches en baden;
- keukenaanrechten;
- andere tappunten voor warm tapwater, zoals lavabo's.

Alle tappunten voor warm tapwater van de EPN-eenheid moeten in rekening worden gebracht.

Indien er in de gebouwinstallaties voorzieningen aanwezig zijn om de buitenlucht te bevochtigen die in (een deel van) de EPN-eenheid wordt ingebracht, bepaal dan per bevochtigingstoestel de maandelijks benodigde hoeveelheid verdampingsenergie, rekening houdend met eventuele vochtterugwinning uit de afvoerlucht.

Tabel [1]: Maandwaarden voor de lengte van de maand (t_m), de gemiddelde buiten-temperatuur voor verwarmingsberekeningen ($\theta_{e,heat,m}$) en voor koelberekeningen ($\theta_{e,cool,m}$)

Maand	t_m (Ms) [1]	$\theta_{e,heat,m}$ (°C)	$\theta_{e,cool,m}$ (°C)
Januari	2,6784	3,2	3,9
Februari	2,4192	3,9	4,8
Maart	2,6784	5,9	6,1
April	2,5920	9,2	9,8
Mei	2,6784	13,3	13,8
Juni	2,5920	16,2	17,1
Juli	2,6784	17,6	17,8
Augustus	2,6784	17,6	18,1
September	2,5920	15,2	16,3
Oktober	2,6784	11,2	11,9
November	2,5920	6,3	6,7
December	2,6784	3,5	3,5

[1] 1 Ms, 1 Megaseconde, is 1 miljoen seconden.

Tabel [2]: Conventioneel bezettingsprofiel voor elke functie

Functies		**Beginuur van de bezetting**	**Einduur van de bezetting**	**Dagen per week**	**Bezettingsfractie per week $f_{pres,fct\ f}$**
Logeerfunctie		0h	24h	7	1,00
Kantoor		8h	18h	5 (Ma → Vrij)	0,30
Onderwijs		8h	18h	5 (Ma → Vrij)	0,30
Gezondheidszorg	met verblijf	0h	24h	7	1,00
	zonder verblijf	8h	18h	5 (Ma → Vrij)	0,30
	operatiezalen	0h	24h	7	1,00
Bijeenkomst	hoge bezetting	9h	24h	6 (Ma → Za)	0,54
	lage bezetting	9h	24h	6 (Ma → Za)	0,54
	cafetaria/refter	8h	18h	5 (Ma → Vrij)	0,30
Keuken		10h	20h	6 (Ma → Za)	0,36
Handel		8h	20h	6 (Ma → Za)	0,43
Sport	sporthal, sportzaal	8h	22h	6 (Ma → Za)	0,50
	fitness, dans	8h	22h	6 (Ma → Za)	0,50
	sauna, zwembad	8h	22h	6 (Ma → Za)	0,50
Technische ruimten		0h	24h	7	1,00
Gemeenschappelijk		Bezettingsprofiel zoals hieronder bepaald			
Andere		8h	18h	5 (Ma → Vrij)	0,30
Onbekende functie		9h	24h	6 (Ma → Za)	0,54

Voor de functie "gemeenschappelijk":

- Als een functioneel deel met die functie één of meerdere functionele delen die eenzelfde functie hebben, bedient, is de waarde van de bezettingsfractie per week van het functioneel deel met de functie "gemeenschappelijk" gelijk aan de waarde van het functioneel deel dat het bedient.
- Als een functioneel deel met die functie meerdere functionele delen die een verschillende functie hebben, bedient, wordt het bezettingsprofiel als volgt bepaald:
  - beginuur van de bezetting: neem de waarde van het bediende functioneel deel dat het vroegste beginuur heeft;

- einduur van de bezetting: neem de waarde van het bediende functioneel deel dat het laatste einduur heeft;
- specifiek kenmerk voor de functie "technische ruimten": de bepaling van de bezettingsfractie hierboven moet altijd gebeuren zonder rekening te houden met de aanwezigheid van de functionele delen met de functie "technische ruimten".

• De bezettingsfractie per week wordt als volgt bepaald:

Eq. 2 $$f_{pres,fct\ f} = \frac{\sum_{d=1}^{7}\left(h_{occ,end,d} - h_{occ,start,d}\right)}{168} \quad (-)$$

met:

$f_{pres,fct\ f}$ de bezettingsfractie per week van het functioneel deel "gemeenschappelijk", (-);

$h_{occ,end,d}$ het einduur van de bezetting van het functioneel deel "gemeenschappelijk" gedurende dag d, in h;

$h_{occ,start,d}$ het beginuur van de bezetting van het functioneel deel "gemeenschappelijk" gedurende dag d, in h.

5.2 Rekenwaarde binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening en de koelberekeningen en tussentijdse temperatuuraanpassing

5.2.1 Principe

Voor de bepaling van de rekenwaarde van de binnentemperatuur in functie van de tussentijdse temperatuurverlaging, kunnen volgende situaties voorkomen:

• voor verwarming:
  - continue verwarming (zie § 5.2.2.1);
  - bijna-continue verwarming:
    - tussentijdse temperatuurverlaging maar met lage inertie (zie § 5.2.2.2.1),
    - tussentijdse temperatuurverlaging maar met hoge inertie (zie § 5.2.2.2.2);
  - tussentijdse temperatuurverlaging (zie § 5.2.2.3).
• voor koeling:
  - continue koeling (zie § 5.2.3.1);
  - bijna-continue koeling:
    - tussentijdse temperatuurverhoging maar met lage inertie (zie § 5.2.3.2.1),
    - tussentijdse temperatuurverhoging maar met hoge inertie (zie § 5.2.3.2.2);
  - tussentijdse temperatuurverhoging (zie § 5.2.3.3).

De aannames voor continue verwarming of continue koeling zijn toepasbaar voor de functionele delen die continu bezet zijn (24u/24u en 7 dagen op 7 - zie Tabel [2]) of waarvan de binnentemperatuur constant is (zie

Tabel [4] voor verwarming en Tabel [44] voor koeling).

De aannames voor bijna-continue verwarming/koeling zijn toepasbaar voor functionele delen die tussentijdse temperatuurverlaging/temperatuurverhoging hebben, maar die:

- ofwel een te lage inertie hebben: in dat geval wordt de rekenwaarde van de binnentemperatuur van het functioneel deel gelijk genomen aan de gemiddelde binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening/koelberekeningen;
- ofwel een te hoge inertie hebben: in dat geval wordt de rekenwaarde voor de binnentemperatuur van het functioneel deel gelijk genomen aan de instelwaarde van de binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening/koelberekeningen.

De aannames voor tussentijdse temperatuurverlaging/temperatuurverhoging zijn toepasbaar voor de functionele delen die een tussentijdse temperatuurverlaging/temperatuurverhoging hebben en die een gemiddelde inertie hebben.

5.2.2 Ruimteverwarming

5.2.2.1 Continue verwarming

De functionele delen:

- logeerfunctie;
- gezondheidszorg – met verblijf;
- gezondheidszorg – operatiezalen;
- sport – sporthal / sportzaal;

kennen geen tussentijdse temperatuurverlaging (ofwel bezetting 24h/24h en 7 dagen op 7, ofwel constante binnentemperatuur). Voor de functionele delen met een van deze functies geldt dan:

Eq. 3 $\Theta_{i,heat,fct\ f} = \Theta_{i,heat,fct\ f,avg} = \Theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ (°C)

met:

$\Theta_{i,heat,fct\ f}$ de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van functioneel deel f, zoals gebruikt in § 5.3 voor de bepaling van de maandelijkse transmissie- en ventilatieverliezen, in °C;

$\Theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ de gemiddelde binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van van functioneel deel f, ontleend aan

Tabel [4], in °C;

$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ de instelwaarde van de binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van functioneel deel f, ontleend aan

Tabel [4], in °C.

5.2.2.2 Bijna-continue verwarming

5.2.2.2.1 Lage inertie

Voor de functionele delen die niet worden afgedekt door § 5.2.2.1, wordt de bijna-continue tussentijdse verwarming beschouwd als continue verwarming als de inertie van het beschouwde functionele deel voldoende laag is, meer bepaald als:

Eq. 5 $\tau_{heat,fct\ f} < 0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f}$ (h)

dan geldt:

Eq. 6 $\theta_{i,heat,fct\ f} = \theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ (°C)

waarin:

$\tau_{heat,fct\ f}$ de tijdsconstante voor de verwarming van functioneel deel f, bepaald volgens § 5.3, in h;

$t_{unocc,min,fct\ f}$ de kortste periode gedurende dewelke functioneel deel f niet bezet is, ontleend aan Tabel [5], in h;

$\theta_{i,heat,fct\ f}$ de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van functioneel deel f, zoals gebruikt in § 5.3 voor de bepaling van de maandelijkse transmissie- en ventilatieverliezen, in °C;

$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ de gemiddelde binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van van functioneel deel f, ontleend aan

Tabel [4], in °C.

5.2.2.2.2 Hoge inertie

Voor de functionele delen die niet worden afgedekt door § 5.2.2.1, wordt de tussentijdse verwarming beschouwd als continue verwarming als de inertie van het beschouwde functionele deel voldoende hoog is, meer bepaald als:

Eq. 8 $\tau_{heat,fct\ f} > 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f}$ (h)

dan geldt:

Eq. 9 $\theta_{i,heat,fct\ f} = \theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ (°C)

waarin:

$\tau_{heat,\ fct\ f}$ de tijdsconstante voor de verwarming van functioneel deel f, bepaald volgens § 5.3, in h;

$t_{unocc,max,fct\ f}$ de langste periode gedurende dewelke functioneel deel f niet bezet is, ontleend aan Tabel [5], in h;

$\theta_{i,heat,fct\ f}$ de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van functioneel deel f, zoals gebruikt in § 5.3 voor de bepaling van de maandelijkse transmissie- en ventilatieverliezen, in °C;

$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ de instelwaarde van de binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van functioneel deel f, ontleend aan

Tabel [4], in °C.

5.2.2.3 Tussentijdse temperatuurverlaging

Voor de functionele delen die niet worden afgedekt door § 5.2.2.1 en met een gemiddelde inertie, meer bepaald waarvoor geen enkele voorwaarde uit § 5.2.2.2.1 (Eq. 5) of § 5.2.2.2.2 (Eq. 8) is voldaan, geldt:

Eq. 11 $\Theta_{i,heat,fct\ f} = \Theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ (°C)

20	EPN methode 2017

en:

$$\theta_{i,heat,fct\ f} = \theta_{i,heat,fct\ f,avg} + \left(\frac{(\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint} - \theta_{i,heat,fct\ f,avg}) \cdot}{\log_{10}\left[\frac{2 \cdot t_{unocc,min,fctf} - 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f} - 9 \cdot \tau_{heat,fct\ f}}{0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f} - 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f}}\right]} \right)$$

Eq. 377 (-)

waarin:

$\theta_{i,heat,fct\ f}$ de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van functioneel deel f, zoals gebruikt in § 5.3 voor de bepaling van de maandelijkse transmissie- en ventilatieverliezen, in °C;

$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ de gemiddelde binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van van functioneel deel f, ontleend aan

Tabel [4], in °C;

$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ de instelwaarde van de binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van functioneel deel f, ontleend aan

Tabel [4], in °C;

$t_{unocc,min,fct\ f}$ de kortste periode gedurende dewelke functioneel deel f niet bezet is, ontleend aan Tabel [5], in h;

$t_{unocc,max,fct\ f}$ de langste periode gedurende dewelke functioneel deel f niet bezet is, ontleend aan Tabel [5], in h;

$\tau_{heat,fct\ f}$ de tijdsconstante voor de verwarming van functioneel deel f, bepaald volgens § 5.3, in h.

Tabel [3]: Numerieke parameters bij de bepaling van de benuttingsfactor, voor alle functies

Ruimteverwarming		**Ruimtekoeling**	
$a_{0,heat}$ (-)	$\tau_{0,heat}$ (h)	$b_{0,cool}$ (-)	$\tau_{0,cool}$ (h)
1	15	1	15

Tabel [4]: Instelwaarde van de binnentemperatuur en gemiddelde binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening, per functie

Functies		$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ (°C)	$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ (°C)
Logeerfunctie		19,0	
Kantoor		21,0	16,8
Onderwijs		21,0	16,8
Gezondheidszorg	met verblijf	23,0	
	zonder verblijf	23,0	19,5
	operatiezalen	19,0	
Bijeenkomst	hoge bezetting	21,0	18,2
	lage bezetting	21,0	18,2
	cafetaria/refter	21,0	16,8
Keuken		19,0	16,4
Handel		21,0	17,6
Sport	sporthal, sportzaal	13,0	
	fitness, dans	21,0	18,0
	sauna, zwembad	27,0	22,5
Technische ruimten		21,0	
Gemeenschappelijk		21,0	Zoals hieronder bepaald
Andere		21,0	16,8
Onbekende functie		21,0	18,2

Voor de functie "gemeenschappelijk":

De gemiddelde binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van een functioneel deel met de functie "gemeenschappelijk", $\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ hangt af van de functies van de functionele delen die het bedient en wordt als volgt bepaald:

Eq. 13 $\theta_{i,heat,fct\ f,avg} = f_{pres,fct\ f}.21 + (1 - f_{pres,fct\ f}).15$ (°C)

waarin:

$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ de gemiddelde binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van het functionele deel f met de functie "gemeenschappelijk", in °C;

$f_{pres,fct\ f}$ de bezettingsfractie per week van het functioneel deel "gemeenschappelijk" zoals bepaald volgens § 5.1, (-).

Tabel [5]: Kortste en langste periode gedurende dewelke de functie onbezet is, per functie

Functies		$t_{unocc,min,fct\ f}$ (h)	$t_{unocc,max,fct\ f}$ (h)
Logeerfunctie		0	0
Kantoor		14	62
Onderwijs		14	62
Gezondheidszorg	met verblijf	0	0
	zonder verblijf	14	62
	operatiezalen	0	0
Bijeenkomst	hoge bezetting	9	33
	lage bezetting	9	33
	cafetaria/refter	14	62
Keuken		14	38
Handel		12	36
Sport	sporthal, sportzaal	10	34
	fitness, dans	10	34
	sauna, zwembad	10	34
Technische ruimten		0	0
Gemeenschappelijk		Zoals hieronder bepaald	
Andere		14	62
Onbekende functie		9	33

Voor de functie "gemeenschappelijk":

- Het bezettingsprofiel van een functioneel deel "gemeenschappelijk" hangt af van de functies van de functionele delen die het bedient (zie Tabel [2]).
- De kortste en de langste tijdsperiode gedurende dewelke het functioneel deel "gemeenschappelijk" onbezet is, $t_{unoccmin,fct\ f}$ en $t_{unoccmax,fct\ f}$, hangt dus eveneens af van de functies van de functionele delen die het bedient. Om deze te bepalen, moet de kortste en de langste tijdsperiode worden berekend, in h, gedurende dewelke geen enkele van de bediende functionele delen bezet is. De bepaling van deze tijdsperiodes moet altijd gebeuren zonder rekening te houden met de aanwezigheid van een functioneel deel met de functie "technische ruimten".

5.2.3 Ruimtekoeling

5.2.3.1 Continu koelen

De functionele delen:

- logeerfunctie;
- gezondheidszorg – met verblijf;
- gezondheidszorg – operatiezalen;

kennen geen tussentijdse temperatuurverhoging (ofwel bezetting 24h/24h en 7 dagen op 7, ofwel constante binnentemperatuur).

Voor de functionele delen met een van deze functies en met actieve koeling geldt dan:

Eq. 263 $\theta_{i,cool,fct\ f} = \theta_{i,cool,fct\ f,avg} = \theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ (°C)

Eq. 264 $a_{cool,int,fct\ f,m} = 1$ (-)

met:

$\theta_{i,cool,fct\ f}$ de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, zoals gebruikt in § 5.4 voor de bepaling van de maandelijkse transmissie- en ventilatieverliezen, in °C;

$\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ de gemiddelde binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f ontleend aanTabel [44], in °C;

$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ de instelwaarde van de binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, ontleend aan Tabel [44], in °C;

$a_{cool,int,fct\ f,m}$ de reductiefactor die rekening houdt met tussentijdse temperatuurverhogingen, van functioneel deel f voor de maand m (-).

5.2.3.2 Bijna-continu koelen

5.2.3.2.1 Lage inertie

Voor de functionele delen die niet worden afgedekt door § 5.2.3.1, wordt de bijna-continue koeling toch beschouwd als continue koeling als de inertie van het beschouwde functionele deel voldoende laag is, meer bepaald als:

Eq. 265 $\tau_{cool,int,fct\ f} < 0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f}$ (h)

dan geldt:

Eq. 266 $\theta_{i,cool,fct\ f} = \theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ (°C)

Eq. 267 $a_{cool,int,fct\ f,m} = 1$ (-)

met:

$\tau_{cool,int,fct\ f}$ de tijdsconstante voor het bepalen van de reductiefactor die rekening houdt met tussentijdse temperatuurverhogingen, van functioneel deel f, zoals hieronder bepaald, in h;

$t_{unocc,min,fct\ f}$ de kortste periode gedurende de welke functioneel deel f niet bezet is, ontleend aan Tabel [5], in h;

$\theta_{i,cool,fct\ f}$ de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, zoals gebruikt in § 5.4 voor de bepaling van de maandelijkse transmissie- en ventilatieverliezen, in °C;

$\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ de gemiddelde binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, ontleend aan Tabel [44], in °C;

$a_{cool,int,fct\ f,m}$ de reductiefactor die rekening houdt met tussentijdse temperatuurverhogingen, van functioneel deel f voor de maand m, (-).

De tijdsconstante voor het bepalen van de reductiefactor die rekening houdt met tussentijdse temperatuurverhogingen, van functioneel deel f, wordt bepaald als volgt:

Eq. 268 (h)

$$\tau_{cool,int,fct\ f,m} = \frac{C_{fct\ f}}{3,6 \cdot \left(H_{T,cool,fct\ f} + \left[\begin{array}{c} H_{V,hyg,cool,fct\ f,m} + H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} \\ + H_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} + H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} \\ + H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} + H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} \end{array} \right] \right)}$$

Waarin:

$C_{fct\ f}$ de effectieve thermische capaciteit van functioneel deel f, bepaald volgens § 5.9, in kJ/K;

$H_{T,cool,fct\ f}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.5, in W/K;

$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.2, in W/K;

$H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.1, in W/K;

$H_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.3, in W/K;

$H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende mechanische ventilatie tijdens de nacht van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.4, in W/K;

$H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de dag van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.5, in W/K;

$H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de nacht van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.6, in W/K.

5.2.3.2.2 Hoge inertie

Voor de functionele delen die niet worden afgedekt door § 5.2.3.1, wordt de bijna-continue koeling toch beschouwd als continue koeling als de inertie van het beschouwde functionele deel voldoende hoog is, meer bepaald als:

Eq. 269 $$\tau_{cool,int,fct\ f} > 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f} \quad (h)$$

dan geldt:

Eq. 270 $$\theta_{i,cool,fct\ f} = \theta_{i,cool,fct\ f,setpoint} \quad (°C)$$

Eq. 271 $$a_{cool,int,fct\ f,m} = 1$$

met:

$\tau_{cool,int,fct\ f}$	de tijdsconstante voor het bepalen van de reductiefactor die rekening houdt met tussentijdse temperatuurverhogingen, van functioneel deel f, bepaald volgens § 5.2.3.2.1, in h;
$t_{unocc,max,fct\ f}$	de langste periode gedurende dewelke functioneel deel f niet bezet is, ontleend aan Tabel [5], in h;
$\theta_{i,cool,fct\ f}$	de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, zoals gebruikt in § 5.4 voor de bepaling van de maandelijkse transmissie- en ventilatieverliezen, in °C;
$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$	de instelwaarde van de binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, ontleend aan Tabel [44], in °C;
$a_{cool,int,fct\ f,m}$	de reductiefactor die rekening houdt met tussentijdse temperatuurverhogingen, van functioneel deel f voor de maand m (-).

5.2.3.3 Tussentijdse temperatuurverhoging

Voor de functionele delen die niet worden afgedekt door § 5.2.3.1 en met een gemiddelde inertie, meer bepaald waarvoor geen enkele voorwaarde uit § 5.2.3.2.1 (Eq. 265) of § 5.2.3.2.2 (Eq. 269) is voldaan, geldt:

Eq. 272 $$\theta_{i,cool,fct\ f} = \theta_{i,cool,fct\ f,setpoint} \quad (°C)$$

en:

Eq. 273 $$a_{cool,int,fct\ f,m} = \max\left[f_{cool,fct\ f}\ ;\ 1 - 3 \cdot \left(\frac{\tau_{0,cool}}{\tau_{cool,fct\ f}}\right) \cdot \lambda_{cool,fct\ f,m} \cdot \left(1 - f_{cool,fct\ f}\right)\right] \quad (-)$$

waarin:

$\theta_{i,cool,fct\ f}$	de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, zoals gebruikt in § 5.4 voor de bepaling van de maandelijkse transmissie- en ventilatieverliezen, in °C;
$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$	de instelwaarde van de binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, ontleend aan Tabel [44], in °C;

$a_{cool,int,fct\ f,m}$	de reductiefactor die rekening houdt met tussentijdse temperatuurverhogingen, van functioneel deel f voor de maand m (-);
$f_{cool,fct\ f}$	de bezettingsfractie per week dat functioneel deel f wordt gekoeld op de instelwaarde van de binnentemperatuur (zonder temperatuurverhoging). Deze fractie is gelijk aan het aantal dagen per week dat de functioneel deel bezet is, bepaald volgens Tabel [2], gedeeld door 7 (-);
$\tau_{0,cool}$	een constante, ontleend aan Tabel [3], in h;
$\tau_{cool,fct\ f}$	de tijdsconstante voor koeling van functioneel deel f, bepaald volgens § 5.4, in h;
$\lambda_{cool,fct\ f,m}$	de maandelijkse verlies-winstverhouding voor koeling van functioneel deel f, bepaald volgens § 5.4 (-).

Tabel [44]: Instelwaarde van de binnentemperatuur en gemiddelde binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling van een bepaalde functie

Functies		$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ (°C)	$\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ (°C)
Logeerfunctie		25,0	
Kantoor		25,0	27,1
Onderwijs		25,0	27,1
Gezondheidszorg	met verblijf	23,0	
	zonder verblijf	23,0	25,1
	operatiezalen	23,0	
Bijeenkomst	hoge bezetting	25,0	26,4
	lage bezetting	25,0	26,4
	cafetaria/refter	25,0	27,1
Keuken		25,0	26,9
Handel		24,0	25,7
Sport	sporthal, sportzaal	25,0	
	fitness, dans	25,0	26,5
	sauna, zwembad	Geen berekening van ruimtekoeling	
Technische ruimten		Geen berekening van ruimtekoeling	
Gemeenschappelijk		25,0	Zoals hieronder bepaald
Andere		25,0	27,1
Onbekende functie		25,0	26,4

Voor functie "gemeenschappelijk":

- De gemiddelde binnentemperatuur voor de koelberekening van een functioneel deel met functie "gemeenschappelijk", $\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ hangt af van de functies van de functionele delen die het bedient en wordt als volgt bepaald:

Eq. 274 $$\theta_{i,cool,fct\ f,avg} = f_{pres,fct\ f}.25 + (1 - f_{pres,fct\ f}).28 \quad (°C)$$

waarin:

$\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ de gemiddelde binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling van het functionele deel "gemeenschappelijk", in °C;

$f_{pres,fct\ f}$ de bezettingsfractie per week van het functioneel deel "gemeenschappelijk" zoals bepaald volgens § 5.1 (-).

- Het bezettingsprofiel van een functioneel deel "gemeenschappelijk" hangt af van de functies van de functionele delen die het bedient (zie Tabel [2]).
- Op dezelfde wijze, hangt de kortste en de langste tijdsperiode gedurende dewelke het functioneel deel "gemeenschappelijk" onbezet is, $t_{unoccmin,fct\ f}$ en $t_{unoccmax,fct\ f}$, hangt eveneens af van de functies van de functionele delen die het bedient. Om deze te bepalen, moeten de kortste en de langste tijdsperiode worden berekend, in h, gedurende dewelke geen enkele van de bediende functionele delen bezet is. De bepaling van deze tijdsperiodes moet altijd gebeuren zonder rekening te houden met de aanwezigheid van een functioneel deel met de functie "technische ruimten".

5.3 Maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming

De maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming per energiesector wordt als volgt bepaald:

Eq. 378 $$Q_{heat,net,sec\ i,m} = \sum_{f} Q_{heat,net,fct\ f,m} \quad \text{(MJ)}$$

met:

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming, rekening houdend met tussentijdse temperatuurverlagingen, van energiesector i voor de maand m, in MJ;

$Q_{heat,net,fct\ f,m}$ de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming van functioneel deel f voor de maand m, rekening houdend met tussentijdse temperatuurverlagingen, zoals hieronder bepaald, in MJ.

Er moet gesommeerd worden over alle functionele delen f van energiesector i.

Specifiek kenmerk voor de functie "technische ruimten": de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming van de functionele delen met die functie, rekening houdend met tussentijdse temperatuurverlagingen, $Q_{heat,net,fct\ f,m}$, wordt voor het hele jaar gelijk genomen aan nul.

Specifiek kenmerk voor de functie "onderwijs": de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming van de functionele delen met die functie, rekening houdend met tussentijdse temperatuurverlagingen, $Q_{heat,net,fct\ f,m}$, wordt voor de maanden juli en augustus gelijk genomen aan nul.

Voor de berekening van de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming, worden telkens de totale maandverliezen door transmissie en ventilatie bepaald, bij een vastgelegde rekenwaarde voor de binnentemperatuur $\theta_{i,heat,fct\ f}$ (bepaald volgens § 5.2), evenals de maandelijkse warmtewinsten door bezonning en interne warmteproductie. Met behulp van de benuttingsfactor voor de warmtewinsten wordt dan de maandelijkse energiebalans, telkens per functioneel deel, opgesteld.

Bepaal de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming, rekening houdend met tussentijdse temperatuurverlagingen, per functioneel deel met:

Eq. 16 Indien $\gamma_{heat,fct\ f,m}$ groter is dan of gelijk is aan 2,5, of kleiner dan 0,

geldt: $Q_{heat,net,fct\ f,m} = 0$ (MJ)

Indien $\gamma_{heat,fct\ f,m}$ kleiner is dan 2,5 en groter is dan of gelijk is aan 0, geldt:

$$Q_{heat,net,fct\ f,m} = Q_{L,heat,fct\ f,m} - \eta_{util,heat,fct\ f,m} \cdot Q_{g,heat,fct\ f,m} \quad \text{(MJ)}$$

met:

Eq. 17 $$Q_{L,heat,fct\ f,m} = Q_{T,heat,fct\ f,m} + Q_{V,heat,fct\ f,m} \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 18 $$Q_{g,heat,fct\ f,m} = Q_{i,heat,fct\ f,m} + Q_{s,heat,fct\ f,m} \quad \text{(MJ)}$$

waarin:

$\gamma_{heat,fct\ f,m}$	de maandelijkse winst-verliesverhouding van functioneel deel f voor de maand m, zoals hieronder bepaald, (-);
$Q_{heat,net,fct\ f,m}$	de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming, rekening houdend met tussentijdse temperatuurverlagingen, van functioneel deel f voor de maand m, in MJ;
$Q_{L,heat,fct\ f,m}$	het maandelijks warmteverlies door transmissie en ventilatie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, in MJ;
$\eta_{util,heat,fct\ f,m}$	de maandelijkse benuttingsfactor voor de warmtewinsten van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, zoals hieronder bepaald, (-);
$Q_{g,heat,fct\ f,m}$	de maandelijkse warmtewinsten door bezonning en interne warmteproductie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, in MJ;
$Q_{T,heat,fct\ f,m}$	het maandelijks warmteverlies door transmissie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, zoals hieronder bepaald, in MJ;
$Q_{V,heat,fct\ f,m}$	het maandelijks warmteverlies door ventilatie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, zoals hieronder bepaald, in MJ;
$Q_{i,heat,fct\ f,m}$	de maandelijkse interne warmteproductie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, bepaald volgens § 5.7, in MJ;
$Q_{s,heat,fct\ f,m}$	de maandelijkse zonnewarmtewinsten van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, bepaald volgens § 5.8, in MJ.

en:

Eq. 19 $$Q_{T,heat,fct\ f,m} = H_{T,heat,fct\ f} \cdot (\theta_{i,heat,fct\ f} - \theta_{e,heat,m}) \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 20 $$Q_{V,heat,fct\ f,m} = H_{V,heat,fct\ f} \cdot (\theta_{i,heat,fct\ f} - \theta_{e,heat,m}) \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

waarin:

$H_{T,heat,fct\ f}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, bepaald volgens § 5.5, in W/K;

$H_{V,heat,fct\ f}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, bepaald volgens § 5.6.2, in W/K;

$\theta_{i,heat,fct\ f}$ de rekenwaarde van de binnentemperatuur in functioneel deel f voor de bepaling van de energiebehoefte voor verwarming, bepaald volgens § 5.2, in °C;

$\theta_{e,heat,m}$ de maandgemiddelde buitentemperatuur voor verwarmingsberekeningen, ontleend aan Tabel [1], in °C;

t_m de duur van de maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.

De benuttingsfactor voor de warmtewinsten wordt per maand en per functioneel deel bepaald aan de hand van de voor warmte toegankelijke massa en de verhouding tussen warmtewinsten en warmteverlies. Bereken de benuttingsfactor voor verwarming per functioneel deel en per maand, $\eta_{util,heat,fct\ f,m}$, met:

Eq. 21 indien $\gamma_{heat,fct\ f,m} \neq 1$: $\eta_{util,heat,fct\ f,m} = \frac{1 - \left(\gamma_{heat,fct\ f,m}\right)^{a}}{1 - \left(\gamma_{heat,fct\ f,m}\right)^{a+1}}$ (-)

indien $\gamma_{heat,fct\ f,m} = 1$: $\eta_{util,heat,fct\ f,m} = \frac{a}{a+1}$ (-)

waarbij de maandelijkse winst-verliesverhouding per functioneel deel per maand, $\gamma_{heat,fct\ f,m}$, gedefinieerd is als:

Eq. 22 $\gamma_{heat,fct\ f,m} = \frac{Q_{g,heat,fct\ f,m}}{Q_{L,heat,fct\ f,m}}$ (-)

waarbij, als $Q_{L,heat,fct\ f,m}$ gelijk is aan nul, $\gamma_{heat,fct\ f,m}$ niet wordt berekend en de waarde van $Q_{heat,net,fct\ f,m}$ gelijk is aan nul.

en waarbij de numerieke parameter a voor functioneel deel f gegeven wordt door:

Eq. 23 $a = a_{0,heat} + \frac{\tau_{heat,fct\ f}}{\tau_{0,heat}}$ (-)

met als tijdconstante voor verwarming van functioneel deel f, $\tau_{heat,fct\ f}$, in h:

Eq. 24 $\tau_{heat,fct\ f} = \frac{C_{fct\ f}}{3,6 \cdot \left(H_{T,heat,fct\ f} + H_{V,heat,fct\ f}\right)}$ (h)

waarin:

$a_{0,heat}$ een constante, ontleend aan Tabel [3], (-);

$\tau_{0,heat}$ een constante, ontleend aan Tabel [3], in h;

$C_{fct\ f}$ de effectieve thermische capaciteit van functioneel deel f, bepaald volgens § 5.9, in kJ/K;

$H_{T,heat,fct\ f}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, bepaald volgens § 5.5, in W/K;

$H_{V,heat,fct\ f}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, bepaald volgens § 5.6.2, in W/K.

5.4 Maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling

Voor de ruimtekoeling moet eveneens de maandelijkse netto energiebehoefte worden bepaald per functioneel deel. Vervolgens moet er gesommeerd worden over alle functionele delen die tot de betreffende energiesector i behoren. De maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling wordt steeds berekend, ook als er geen actieve koeling geplaatst wordt.

De maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling per energiesector wordt als volgt bepaald:

Eq. 25 $$Q_{cool,net,sec\ i,m} = \sum_{f} Q_{cool,net,fct\ f,m} \quad (MJ)$$

met:

$Q_{cool,net,sec\ i,m}$ de netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i voor de maand m, in MJ;

$Q_{cool,net,fct\ f,m}$ de netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van functioneel deel f, voor de maand m, zoals hieronder bepaald, in MJ.

Er moet gesommeerd worden over alle functionele delen f van energiesector i.

Specifiek kenmerk voor de functies "sauna/zwembad" en "technische ruimten": de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van de functionele delen met een van deze functies, $Q_{cool,net,fct\ f,m}$, wordt voor het hele jaar gelijk genomen aan nul.

Specifiek kenmerk voor de functie "onderwijs": de netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van de functionele delen met deze functie, $Q_{cool,net,fct\ f,m}$, wordt voor de maanden juli en augustus gelijk genomen aan nul.

Bepaal de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling per functioneel deel met:

Eq. 275 Indien $\lambda_{cool,fct\ f,m}$ groter is dan of gelijk is aan 2,5, geldt:

$$Q_{cool,net,fct\ f,m} = 0 \quad (MJ)$$

Indien $\lambda_{cool,fct\ f,m}$ kleiner is dan 2,5, geldt:

$$Q_{cool,net,fct\ f,m} = a_{cool,int,fct\ f,m} \cdot \left(Q_{g,cool,fct\ f,m} - \eta_{util,cool,fct\ f,m} \cdot Q_{L,cool,fct\ f,m}\right) \quad (MJ)$$

met:

Eq. 27 $$Q_{g,cool,fct\ f,m} = Q_{i,cool,fct\ f,m} + Q_{s,cool,fct\ f,m} \quad (MJ)$$

Eq. 28 $$Q_{L,cool,fct\ f,m} = Q_{T,cool,fct\ f,m} + Q_{V,cool,fct\ f,m} \quad (MJ)$$

waarin:

$\lambda_{cool,fct\ f,m}$	de maandelijkse verlies-winstverhouding voor koeling van functioneel deel f, zoals hieronder bepaald, (-);
$Q_{cool,net,fct\ f,m}$	de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van functioneel deel f, in MJ;
$a_{cool,int,fct\ f,m}$	de reductiefactor die rekening houdt met tussentijdse temperatuurverhogingen, van functioneel deel f voor de maand m, bepaald volgens § 5.2, (-);
$Q_{g,cool,fct\ f,m}$	de maandelijkse warmtewinsten van functioneel deel f door bezonning en interne warmteproductie voor de koelberekeningen, in MJ;
$\eta_{util,cool,fct\ f,m}$	de maandelijkse benuttingsfactor voor de warmteverliezen van functioneel deel f voor de koelberekeningen, zoals hieronder bepaald, (-);
$Q_{L,cool,fct\ f,m}$	het maandelijks warmteverlies door transmissie en ventilatie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, in MJ;
$Q_{T,cool,fct\ f,m}$	het maandelijks warmteverlies door transmissie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, zoals hieronder bepaald, in MJ;
$Q_{V,cool,fct\ f,m}$	het maandelijks warmteverlies door ventilatie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, zoals hieronder bepaald, in MJ;
$Q_{i,cool,fct\ f,m}$	de maandelijkse interne warmteproductie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.7, in MJ;
$Q_{s,cool,fct\ f,m}$	de maandelijkse zonnewarmtewinsten van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.8, in MJ.

en:

Eq. 276

$$Q_{T,cool,fct\ f,m} = H_{T,cool,fct\ f} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,cool,m}\right) \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 277

$$\begin{aligned} Q_{V,cool,fct\ f,m} &= Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} + Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} \\ &+ Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} \\ &+ Q_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} \end{aligned} \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 278

$$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,hyg,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,V,cool,hyg,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 279

$$Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,cool,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 280

$$Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,add,cool,day,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 281

$$Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,add,cool,night,m}\right)\right] \cdot t_m \quad (MJ)$$

Eq. 282

$$Q_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,add,cool,day,m}\right)\right] \cdot t_m \quad (MJ)$$

Eq. 283

$$Q_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} = \left[H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m} - \theta_{e,add,cool,night,m}\right)\right] \cdot t_m \quad (MJ)$$

waarin:

$H_{T,cool,fct\ f}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.5, in W/K;

$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.2, in W/K;

$\theta_{i,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse rekenwaarde van de binnentemperatuur van functioneel deel f voor de bepaling van de energiebehoefte voor ruimtekoeling, zoals hieronder bepaald, in °C;

$\theta_{e,cool,m}$ de maandgemiddelde buitentemperatuur voor de koelberekeningen, ontleend aan Tabel [1], in °C;

$\theta_{e,V,cool,hyg,m}$ de conventionele rekenwaarde voor de toevoertemperatuur van de ventilatielucht voor hygiënische ventilatie voor de koelberekeningen, gelijk aan respectievelijk $\theta_{e,V,cool,m}$, $\theta_{e,V,cool,day,m}$ of $\theta_{e,V,cool,night,m}$ volgens dat het functioneel deel f een permanente, een dag- of nachtbezetting heeft (zie Tabel [2]). Deze waarden zijn ontleend aan Tabel [45], in functie van het type van ventilatiesysteem;

$H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.1, in W/K;

$H_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.3, in W/K;

$\theta_{e,add,cool,day,m}$ de conventionele rekenwaarde voor de toevoertemperatuur van de ventilatielucht voor aanvullende (mechanische) ventilatie tijdens de dag voor de koelberekeningen, ontleend aan Tabel [45], in °C;

$H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende mechanische ventilatie tijdens de nacht van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.4, in W/K;

$\theta_{e,add,cool,night,m}$ de conventionele rekenwaarde voor de toevoertemperatuur van de ventilatielucht voor aanvullende (mechanische) ventilatie tijdens de nacht voor de koelberekeningen, ontleend aan Tabel [45], in °C;

$H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de dag van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.5, in W/K;

$\theta_{e,add,cool,day,m}$ de conventionele rekenwaarde voor de toevoertemperatuur van de ventilatielucht voor aanvullende ventilatie (door het openen van ramen) tijdens de dag voor de koelberekeningen, ontleend aan Tabel [45] (kolom (3)), in °C;

$H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de nacht van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.6, in W/K;

$\theta_{e,add,cool,night,m}$ de conventionele rekenwaarde voor de toevoertemperatuur van de ventilatielucht voor aanvullende ventilatie (door het openen van ramen) tijdens de nacht voor de koelberekeningen, ontleend aan Tabel [45] (kolom (5)), in °C;

t_m de duur van de maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.

Tabel [45]: Rekenwaarde van de temperatuur van de toegevoerde buitenlucht voor hygiënische ventilatie en voor aanvullende ventilatie bij koelberekeningen

	$\theta_{e,V,cool,m}$ (°C)		$\theta_{e,V,cool,day,m}$ en $\theta_{e,add,cool,day,m}$ (°C)		$\theta_{e,V,cool,night,m}$ en $\theta_{e,add,cool,night,m}$ (°C)	
Maand	**(1)**	**(2)**	**(3)**	**(4)**	**(5)**	**(6)**
Januari	3,9	16,0	4,2	16,0	3,4	16,0
Februari	4,8	16,0	5,3	16,0	4,0	16,0
Maart	6,1	16,0	7,0	16,0	4,7	16,0
April	9,8	16,0	11,2	16,0	7,8	16,0
Mei	13,8	16,0	15,4	16,0	11,2	16,0
Juni	17,1	17,1	18,8	18,8	14,4	16,0
Juli	17,8	17,8	19,3	19,3	15,4	16,0
Augustus	18,1	18,1	19,7	19,7	15,6	16,0
September	16,3	16,3	17,5	17,4	14,6	16,0
Oktober	11,9	16,0	12,8	16,0	10,6	16,0
November	6,7	16,0	7,2	16,0	6,0	16,0
December	3,5	16,0	3,8	16,0	3,1	16,0

- Kolommen (1), (3) en (5) zijn van toepassing in geval van aanwezigheid van een natuurlijk ventilatiesysteem of een mechanisch afvoerventilatiesysteem;
- Kolommen (2), (4) en (6) zijn van toepassing in geval van aanwezigheid van een mechanisch toevoerventilatiesysteem of een mechanisch toe- en afvoerventilatiesysteem;
- Kolommen (3) en (5) zijn van toepassing in geval van aanvullende ventilatie door het openen van ramen.

De maandelijkse rekenwaarde van de binnentemperatuur voor koelberekeningen worden ontleend aan Tabel [46] voor functionele delen met logeerfunctie, kantoor of onderwijs die niet zijn uitgerust met actieve koeling. In andere gevallen wordt deze waarde als volgt bepaald:

Eq. 284 $\theta_{i,cool,fct\ f,m} = \theta_{i,cool,fct\ f}$ (°C)

$\theta_{i,cool,fct\ f}$ de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, bepaald volgens § 5.2, in °C

Tabel [46]: De rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de bepaling van de energiebehoefte voor ruimtekoeling van functionele delen met logeerfunctie, kantoor of onderwijs die niet zijn uitgerust met actieve koeling

	Jan	Feb	Maart	Apr	Mei	Juni	Juli	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
$\theta_{i,cool,fct\ f,m}$ (°C)	25,0	25,0	25,0	25,0	25,2	26,1	26,6	26,6	25,8	25,0	25,0	25,0

De benuttingsfactor voor de warmteverliezen wordt per maand en per functioneel deel bepaald aan de hand van de voor warmte toegankelijke massa en de verhouding tussen warmteverlies en warmtewinst.

Bereken de benuttingsfactor voor koeling per functioneel deel en per maand, $\eta_{util,cool,fct\ f,m}$ met:

Eq. 285 Indien $\lambda_{cool,fct\ f,m} \geq 0$ en $\lambda_{cool,fct\ f,m} \neq 1$:

$$\eta_{util,cool,fct\ f,m} = \frac{1-\left(\lambda_{cool,fct\ f,m}\right)^{b_m}}{1-\left(\lambda_{cool,fct\ f,m}\right)^{b_m+1}} \quad (-)$$

Indien $\lambda_{cool,fct\ f,m} = 1$: $\eta_{util,cool,fct\ f,m} = \frac{b_m}{b_m + 1}$ (-)

Indien $\lambda_{cool,fct\ f,m} < 0$: $\eta_{util,cool,fct\ f,m} = 1$ (-)

waarbij de maandelijkse verlies-winstverhouding per functioneel deel, $\lambda_{cool,fct\ f,m}$, gedefinieerd is als:

Eq. 32 $$\lambda_{cool,fct\ f,m} = \frac{Q_{L,cool,fct\ f,m}}{Q_{g,cool,fct\ f,m}} \quad (-)$$

en waarbij de numerieke parameter b_m voor functioneel deel f gegeven wordt door:

Eq. 33 $$b_m = b_{0,cool} + \frac{\tau_{cool,fct\ f,m}}{\tau_{0,cool}} \quad (-)$$

met als maandelijkse tijdconstante voor koeling van functioneel deel f, $\tau_{cool,fct\ f,m}$:

Eq. 286 $$\tau_{cool,fct\ f,m} = \frac{C_{fct\ f}}{3,6 \cdot \left(H_{T,cool,fct\ f} + H_{V,cool,fct\ f,m}\right)} \quad (h)$$

waarin:

$b_{0,cool}$ een constante, ontleend aan Tabel [3], (-);

$\tau_{0,cool}$ een constante, ontleend aan Tabel [3], in h;

$C_{fct\ f}$ de effectieve thermische capaciteit van functioneel deel f, bepaald volgens § 5.9, in kJ/K;

$H_{T,cool,fct\ f}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.5, in W/K;

$H_{V,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie, in/exfiltratie en aanvullende mechanische ventilatie of aanvullende ventilatie door het openen van ramen van functioneel deel f voor de koelberekeningen, zoals hieronder bepaald, in W/K.

en:

$$H_{V,cool,fct\ f,m} = \frac{Q_{V,cool,fctf,m}}{\left(\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint} - \theta_{e,cool,m}\right) \cdot t_m} \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 287

met:

$Q_{V,cool,fct\ f,m}$ het maandelijkse warmteverlies door ventilatie van functioneel deel f voor de koelberekeningen zoals hiervoor bepaald, in MJ;

$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ de instelwaarde van de binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, ontleend aan Tabel [44], in °C;

$\theta_{e,cool,m}$ de maandgemiddelde buitentemperatuur voor de koelberekeningen, ontleend aan Tabel [1], in °C;

t_m de duur van de maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.

5.5 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie per functioneel deel

Bepaal de warmteoverdrachtscoëfficiënten door transmissie van functioneel deel f, $H_{T,heat,fct\ f}$ en $H_{T,cool,fct\ f}$ volgens respectievelijk § 7 en § 8 van bijlage A.1 bij dit besluit, ermee rekening houdend dat de energiebalans op niveau van het functioneel deel f wordt bepaald, in plaats van op niveau van de energiesector i.

Scheidingsconstructies met aangrenzende verwarmde ruimten (andere functionele delen, andere energiesectoren, andere delen van het beschermd volume buiten de EPN-eenheid, aangrenzende verwarmde gebouwen, enz.) blijven daarbij buiten beschouwing.

5.6 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie per functioneel deel

5.6.1 Principe

De regelgeving (zie bijlage C.3 bij dit besluit) legt minimale ontwerpventilatiedebieten per ruimte op. Grotere ontwerpventilatiedebieten zijn steeds toegelaten. Deze moeten door het bouwteam per ruimte eenduidig vastgelegd worden. Er wordt onderscheid gemaakt tussen 4 soorten ventilatiesystemen:

- natuurlijke ventilatie;
- mechanische toevoerventilatie;
- mechanische afvoerventilatie;
- mechanische toe- en afvoerventilatie.

Verder in deze tekst worden de laatste 3 categorieën samen omschreven als mechanische ventilatie.

Ingevolge de regels voor het afbakenen van de energiesectoren en de functionele delen (zie § 3.2), mag er in een enkel functioneel deel slechts één soort ventilatiesysteem voorkomen.

5.6.2 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie voor de verwarmingsberekeningen per functioneel deel

Bepaal de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie voor de verwarmingsberekeningen per functioneel deel met:

Eq. 35 $H_{V,heat,fct\ f} = H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f} + H_{V,hyg,heat,fct\ f}$ (W/K)

met:

$H_{V,heat,fct\ f}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, in W/K;

$H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratievan functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, bepaald volgens § 5.6.2.1, in W/K;

$H_{V,hyg,heat,fct\ f}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, bepaald volgens § 5.6.2.2, in W/K.

5.6.2.1 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie voor de verwarmingsberekeningen per functioneel deel

Bepaal de warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie voor de verwarmingsberekeningen per functioneel deel met:

Eq. 36 $H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f} = 0,34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,heat,fct\ f}$ (W/K)

Eq. 37 $\dot{V}_{in/exfilt,heat,fct\ f} = 0,04 \cdot \dot{v}_{50,heat} \cdot A_{T,E,fct\ f}$ (m^3/h)

met:

$H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratievan functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, in W/K;

$\dot{V}_{in/exfilt,heat,fct\ f}$ het gemiddeld in/exfiltratiedebiet doorheen de ondichte gebouwschil in functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, in m^3/h;

$\dot{v}_{50,heat}$ het lekdebiet bij 50 Pa per eenheid oppervlakte voor de verwarmingsberekeningen, zoals hieronder bepaald, in $m^3/(h.m^2)$;

$A_{T,E,fct\ f}$ de totale oppervlakte van alle scheidingsconstructies die functioneel deel f omhullen en waardoorheen transmissieverliezen beschouwd worden bij de bepaling van de energieprestatie[2] (zie ook § 5.5), in m^2.

[2] Dus enkel constructies die de scheiding vormen tussen het functioneel deel en aangrenzende verwarmde ruimten, worden niet meegerekend bij de bepaling van $A_{T,E,fct\ f}$.

Indien een luchtdichtheidsmeting van de volledige EPN-eenheid (of desgevallend van een groter deel van het beschermd volume) voorgelegd wordt, geldt voor het lekdebiet bij 50 Pa per eenheid oppervlakte voor de verwarmingsberekeningen, $\dot{v}_{50,heat}$:

Eq. 38 $$\dot{v}_{50,heat} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_{test}} \quad (m^3/(h.m^2))$$

met:

A_{test} de totale oppervlakte (op basis van uitwendige afmetingen) van de scheidingsconstructies die het volume, dat in de luchtdichtheidstest gemeten werd, omhullen, met uitzondering van de scheidingsconstructies naar aangrenzende verwarmde ruimten, in m²;

$\dot{V}_{50}$ het lekdebiet bij 50 Pa van de uitwendige schil, in m³/h, afgeleid uit de luchtdichtheidstest gemeten conform methode A van de norm NBN EN 13829 en conform bijkomende regels bepaald door de minister.

Zoniet is volgende waarde bij ontstentenis van toepassing voor $\dot{V}_{50}$: 12 m³/(h.m²).

5.6.2.2 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie voor de verwarmingsberekeningen van functioneel deel f

Bepaal de warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie voor de verwarmingsberekeningen van functioneel deel f met:

Eq. 39 $$H_{V,hyg,heat,fct\ f} = 0,34 \cdot f_{reduc,vent,heat,fct\ f} \cdot r_{preh,heat,fct\ f} \cdot f_{vent,heat,fct\ f} \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f} \quad (W/K)$$

met:

$H_{V,hyg,heat,fct\ f}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, in W/K;

$f_{reduc,vent,heat,fct\ f}$ een reductiefactor voor ventilatie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen. De waarde bij ontstentenis voor $f_{reduc,\ vent,\ heat,fct\ f}$ is 1. Gunstigere waarden kunnen in rekening worden gebracht als die bepaald zijn overeenkomstig vooraf door de minister bepaalde regels, (-);

$r_{preh,heat,fct\ f}$ een reductiefactor voor het effect van voorverwarming op de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming in functioneel deel f, bepaald volgens § 5.6.4, (-);

$f_{vent,heat,fct\ f}$ de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de ventilatie in in bedrijf is in functioneel deel f, voor de verwarmingsberekeningen, ontleend verwarmingsberekeningen, ontleend aan

Tabel [7], (-);

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor hygiënische ventilatie in functioneel deel f, in m³/h.

Indien het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor hygiënische ventilatie in een ruimte kleiner is dan de minimale waarde zoals opgelegd door bijlage C.3 bij dit besluit, dan wordt voor de bepaling van H_V gerekend met het minimaal geëist debiet. Deze regel geldt echter niet voor speciale ruimten zoals bedoeld in hoofdstuk 6.4 van bijlage C.3 bij dit besluit.

5.6.3 Warmteoverdrachtscoëfficiënten door ventilatie voor de koelberekeningen per functioneel deel

Voor de bepaling van de koelbehoefte wordt er een onderscheid gemaakt tussen in/exfiltratie, hygiënische ventilatie, mogelijke systemen voor aanvullende mechanische ventilatie die tijdens de dag of de nacht in werking kunnen zijn, en aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de dag of de nacht van het functioneel deel.

5.6.3.1 Maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie voor de koelberekeningen per functioneel deel

Bepaal de warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie voor de koelberekeningen van functioneel deel f met:

Eq. 41 $$H_{V,in/exfilt,cool,fct\ f} = 0,34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,cool,fct\ f} \quad (W/K)$$

Eq. 42 $$\dot{V}_{in/exfilt,cool,fct\ f} = 0,04 \cdot \dot{v}_{50,cool} \cdot A_{T,E,fct\ f} \quad (m^3/h)$$

met:

$H_{V,in/exfilt,cool,fct\ f}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie voor de koelberekeningen van functioneel deel f, in W/K;

$\dot{V}_{in/exfilt,cool,fct\ f}$ het gemiddeld in/exfiltratiedebiet doorheen de ondichte gebouwschil voor de koelberekeningen van functioneel deel f, in m³/h;

$\dot{v}_{50,cool}$ het lekdebiet bij 50Pa per eenheid oppervlakte voor de koelberekeningen, in m³/(h.m²), zoals hieronder bepaald;

$A_{T,E,fct\ f}$ de totale oppervlakte van alle scheidingsconstructies die functioneel deel f omhullen en waardoorheen transmissieverliezen beschouwd worden bij de bepaling van de energieprestatie[3] (zie ook § 5.5), in m².

Indien een luchtdichtheidsmeting van de volledige EPN-eenheid (of desgevallend van een groter deel van het beschermd volume) voorgelegd wordt, geldt voor het lekdebiet bij 50 Pa per eenheid oppervlakte voor de koelberekeningen, $\dot{v}_{50,cool}$:

[3] Dus enkel constructies die de scheiding vormen tussen het functioneel deel en verwarmde ruimten, worden niet meegerekend bij de bepaling van $A_{T,E,fct\ f}$.

Eq. 43 $\dot{V}_{50,cool} = \dot{V}_{50,heat}$ (m³/(h.m²))

met

$\dot{V}_{50,heat}$ het lekdebiet bij 50 Pa per eenheid oppervlakte voor de verwarmingsberekeningen, zoals bepaald in § 5.6.2.1, in m³/(h.m²).

Zoniet is volgende waarde bij ontstentenis van toepassing voor $\dot{V}_{50}$: 0 m³/(h.m²).

5.6.3.2 Maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie voor de koelberekeningen van functioneel deel f

De maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie voor de koelberekeningen van functioneel deel f wordt als volgt bepaald:

Eq. 44
$$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m} = 0,34 \cdot f_{reduc,vent,cool,fct\ f} \cdot r_{preh,cool,fct\ f} \cdot r_{precool,fct\ f,m} \cdot f_{vent,cool,fct\ f} \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f}$$ (W/K)

met:

$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, in W/K;

$f_{reduc,vent,cool,fct\ f}$ een reductiefactor voor ventilatie van functioneel deel f voor de koelberekeningen. De waarde bij ontstentenis voor $f_{reduc,vent,cool,fct\ f}$ is 1. Gunstigere waarden kunnen in rekening worden gebracht als die bepaald zijn overeenkomstig vooraf door de minister bepaalde regels, (-);

$r_{preh,cool,fct\ f}$ een reductiefactor voor het effect van voorverwarming op de netto-energiebehoefte voor ruimtekoeling in functioneel deel f, bepaald volgens § 5.6.4, (-);

$r_{precool,fct\ f,m}$ een maandelijkse vermenigvuldigingsfactor voor het effect van voorkoeling van de ventilatielucht van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens Bijlage B van deze tekst, (-);

$f_{vent,cool,fct\ f}$ de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de ventilatie in in bedrijf is in functioneel deel f voor de koelberekeningen, ontleend aan ontleend aan

Tabel [7], (-);

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor hygiënische ventilatie in functioneel deel f, in m³/h, bepaald volgens de principes uit § 5.6.2.2.

5.6.3.3 Maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag voor de koelberekeningen

In voorkomend geval wordt de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag voor de koelberekeningen van functioneel deel f, $H_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$, als volgt bepaald:

$$H_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} = 0,34 \cdot r_{preh,cool,fct\ f} \cdot r_{precool,fct\ f,m} \cdot b_{V,add\ m,day,cool,fctf,m} \cdot f_{V,add\ m,day,cool,fctf,m} \cdot (\dot{V}_{add,fct\ f} - \dot{V}_{hyg,fct\ f} \cdot f_{reduc,vent,cool,fct\ f}) \quad \text{(W/K)}$$

Eq. 288

met:

$r_{preh,cool,fct\ f}$ een reductiefactor voor het effect van voorverwarming op de netto-energiebehoefte voor ruimtekoeling in functioneel deel f, bepaald volgens § 5.6.4, (-);

$r_{precool,fct\ f,m}$ een maandelijkse vermenigvuldigingsfactor voor het effect van voorkoeling van de ventilatielucht voor de koelberekeningen van functioneel deel f, bepaald volgens bijlage B, (-);

$b_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ een temperatuurcorrectiefactor, bepaald volgens § 5.6.3.3.1;

$f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag in bedrijf is in functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.3.2, (-);

$\dot{V}_{add\ m,fct\ f}$ het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor de aanvullende mechanische ventilatie in functioneel deel f, in m³/h. De waarde bij ontstentenis is gelijk aan het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor de hygiënische ventilatie. Andere waarden kunnen in rekening worden gebracht op basis van meetrapporten in overeenstemming met regels bepaald door de minister;

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor de hygiënische ventilatie in functioneel deel f, in m³/h.

$f_{reduc,vent,cool,fct\ f}$ een reductiefactor voor ventilatie voor de koelberekeningen van functioneel deel f. De waarde bij ontstentenis voor $f_{reduc,vent,cool,fct\ f}$ is 1. Gunstigere waarden kunnen in rekening worden gebracht als die bepaald zijn overeenkomstig vooraf door de minister bepaalde regels, (-);

De maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag mag enkel in rekening gebracht worden in de functionele delen die zijn uitgerust met mechanische toevoerventilatie, mechanische extractieventilatie, of mechanische toe- en afvoerventilatie.

5.6.3.3.1 Temperatuurcorrectiefactor

In de functionele delen met functie "kantoor" en "onderwijs", wordt de temperatuurcorrectiefactor voor de bepaling van de warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag voor de koelberekeningen, $b_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$, als volgt bepaald:

Eq. 289
$$b_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} = -0,3 \cdot \lambda'_{cool,day,fctf,m} + 1 \quad (-)$$

met:

Eq. 290
$$\lambda'_{cool,fct\ f,m} = \frac{Q_{T,cool,fct\ f,m} + Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} + Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}}{Q_{g,cool,fct\ f,m}} \quad (-)$$

waarin:

$\lambda'_{cool,fct\ f,m}$	de maandelijkse verlies-winstverhouding per functioneel deel zonder de aanvullende ventilatie in rekening te brengen, (-);
$Q_{T,cool,fct\ f,m}$	het maandelijks warmteverlies door transmissie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;
$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$	het maandelijks warmteverlies door hygiënische ventilatie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;
$Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$	het maandelijks warmteverlies door in/exfiltratie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;
$Q_{g,cool,fct\ f,m}$	de maandelijkse warmtewinst van functioneel deel f door bezonning en interne warmteproductie voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ.

In functionele delen met een andere functie dan "kantoor" en "onderwijs" is de temperatuurcorrectiefactor $b_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ gelijk aan 0.

5.6.3.3.2 Conventionele tijdsfractie

In de functionele delen met functie "kantoor" en "onderwijs", wordt de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag in bedrijf is voor de koelberekeningen, $f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$, als volgt bepaald:

Eq. 291
$$f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} = \min\left\{f_{vent,cool,fctf}; 0,5 \cdot e^{-1,25 \cdot \lambda'_{cool,day,fctf,m}}\right\} \quad (-)$$

met:

$f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$	de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag in bedrijf is in functioneel deel f voor de koelberekeningen, (-);
$f_{vent,cool,fct\ f}$	de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de ventilatie in bedrijf is in functioneel deel f, voor de koelberekeningen, ontleend aan Tabel [7], (-);
$\lambda'_{cool,day,fct\ f,m}$	de maandelijkse verlies-winstverhouding per functioneel deel zonder de aanvullende ventilatie in rekening te brengen, bepaald volgens § 5.6.3.3.1, (-);

In afwezigheid van een systeem voor aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag, is de conventionele tijdsfractie $f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ gelijk aan 0.

In functionele delen met een andere functie dan "kantoor" en "onderwijs" is de conventionele tijdsfractie $f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ gelijk aan 0.

5.6.3.4 Maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende mechanische ventilatie tijdens de nacht voor de koelberekeningen

In voorkomend geval wordt de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende mechanische ventilatie tijdens de nacht voor de koelberekeningen van functioneel deel f, $H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$, als volgt bepaald:

$$H_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} = 0,34 \cdot r_{preh,cool,fct\ f} \cdot c_{V,add\ m,night,cool,fctf} \cdot f_{V,add\ m,night,cool,fctf,m} \cdot \dot{V}_{add\ m,fct\ f} \quad (W/K)$$

Eq. 292

met:

$r_{preh,cool,fct\ f}$ een reductiefactor voor het effect van voorverwarming op de netto-energiebehoefte voor ruimtekoeling in functioneel deel f, bepaald volgens § 5.6.4, (-);

$c_{V,add\ m,night,cool,fct\ f}$ een correctiefactor voor dynamische effecten:

- verhoogde vloer met D_J ≤180 kJ/(m².K) of gesloten verlaagd plafond: $c_{V,add\ m,night,cool,fctf} = 0,7$;
- in andere gevallen: $c_{V,add\ m,night,cool,fctf} = 1$, (-);

$f_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de aanvullende mechanische ventilatie tijdens de nacht in bedrijf is in functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.4.1, (-);

$\dot{V}_{add\ m,fct\ f}$ het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor de aanvullende mechanische ventilatie in functioneel deel f, in m³/h. De waarde bij ontstentenis is gelijk aan het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor de hygiënische ventilatie. Andere waarden kunnen in rekening worden gebracht op basis van meetrapporten in overeenstemming met regels bepaald door de minister.

De maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende mechanische ventilatie tijdens de nacht mag enkel in rekening gebracht worden in de functionele delen die zijn uitgerust met mechanische toevoerventilatie, mechanische extractieventilatie, of mechanische toe- en afvoerventilatie.

5.6.3.4.1 Conventionele tijdsfractie

In de functionele delen met functie "kantoor" en "onderwijs", wordt de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de aanvullende mechanische ventilatie tijdens de nacht in bedrijf is voor de koelberekeningen, $f_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$, als volgt bepaald:

Eq. 293

$$f_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} = \min\left\{1 - f_{vent,cool,fctf};0,4 \cdot e^{-3\cdot\lambda''_{cool,fctf,m}}\right\} \quad (-)$$

met:

Eq. 294

$$\lambda''_{cool,fct\ f,m} = \frac{\left(Q_{T,cool,fct\ f,m} + Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} + Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add,day,cool,fct\ f,m}\right)}{Q_{g,cool,fct\ f,m}} \quad (-)$$

en:

$f_{vent,cool,fct\ f}$ de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de ventilatie in bedrijf is in functioneel deel f, voor de koelberekeningen, ontleend aan Tabel [7], (-);

$\lambda''_{cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse verlies-winstverhouding per functioneel deel waarin enkel de transmissieverliezen en de ventilatieverliezen door in/exfiltratie, hygiënische ventilatie en aanvullende ventilatie tijdens de dag in rekening worden gebracht, (-);

$Q_{T,cool,fct\ f,m}$ het maandelijks warmteverlies door transmissie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;

$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$ het maandelijks warmteverlies door hygiënische ventilatie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;

$Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$ het maandelijks warmteverlies door in/exfiltratie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;

$Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ het maandelijks warmteverlies door aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;

$Q_{g,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmtewinst van functioneel deel f door bezonning en interne warmteproductie voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ.

In afwezigheid van een systeem voor aanvullende mechanische ventilatie tijdens de nacht, is de conventionele tijdsfractie gelijk aan 0.

In functionele delen met een andere functie dan "kantoor" en "onderwijs" is de conventionele tijdsfractie gelijk aan 0.

5.6.3.5 Maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de dag voor de koelberekeningen

In voorkomend geval wordt de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de dag voor de koelberekeningen van functioneel deel f, $H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$, als volgt bepaald:

$$H_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} = \max\left\{0;\left(\begin{array}{l}0,34 \cdot b_{V,add\ w,day,cool,fctf} \cdot f_{V,add\ w,day,cool,fctf,m} \cdot \dot{V}_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} \\ \qquad - f_{V,add\ w,day,cool,fctf,m} \cdot H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}\end{array}\right)\right\} \quad \text{(W/K)}$$

Eq. 295

met:

$b_{V,add\ w,day,cool,fct\ f}$ een temperatuurcorrectiefactor, met waarde 0.5, (-);

$f_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$ de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de dag actief is in functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.5.1, (-);

$\dot{V}_{V,add\ w,cool,day,fct\ f,m}$ het gemiddeld luchtdebiet, tot stand gebracht door het openen van ramen tijdens de dag bepaald volgens § 5.6.3.5.2, (in m^3/h);

$H_{V,in/exfilt,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie voor de koelberekeningen van functioneel deel f, bepaald volgens § 5.6.3.1, in W/K .

De maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de dag mag enkel in rekening gebracht worden in de functionele delen die voldoen aan de volgende drie voorwaarden: het functioneel deel heeft de functie "kantoor" of "onderwijs", is niet uitgerust met actieve koeling, en is voor de hygiënische ventilatie uitgerust met gebalanceerde mechanische toevoer en extractie in elke ruimte van het type kantoor, vergaderzaal of leslokaal van het functioneel deel.

5.6.3.5.1 Conventionele tijdsfractie

In de functionele delen met functie "kantoor" en "onderwijs", wordt de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de dag actief is, $f_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$, in geval van een manuele handeling door de gebruiker voor de koelberekeningen, als volgt bepaald:

Eq. 296
$$f_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} = \min\left\{f_{vent,cool,fctf};0,5 \cdot e^{-3 \cdot \lambda'''_{cool,fctf,m}}\right\} \quad (-)$$

met:

Eq. 297
$$\lambda'''_{cool,fct\ f,m} = \frac{\left(\begin{array}{l} Q_{T,cool,fct\ f,m} + Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} + Q_{V,in-exfiltr,cool,fct\ f,m} \\ + Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} \end{array}\right)}{Q_{g,cool,fct\ f,m}} \quad (-)$$

en:

$f_{vent,cool,fct\ f}$	de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de ventilatie in bedrijf is in functioneel deel f, voor de koelberekeningen, ontleend aan Tabel [7], (-);
$\lambda'''_{cool,fct\ f,m}$	de maandelijkse verlies-winstverhouding per functioneel deel zonder de aanvullende ventilatie door het openen van ramen in rekening te brengen, (-);
$Q_{T,cool,fct\ f,m}$	het maandelijks warmteverlies door transmissie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;
$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$	het maandelijks warmteverlies door hygiënische ventilatie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;
$Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$	het maandelijks warmteverlies door in/exfiltratie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;
$Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$	het maandelijks warmteverlies door aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;
$Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$	het maandelijks warmteverlies door aanvullende mechanische ventilatie tijdens de nacht van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;
$Q_{g,cool,fct\ f,m}$	de maandelijkse warmtewinst van functioneel deel f door bezonning en interne warmteproductie voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ.

In afwezigheid van een systeem voor aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de dag, is de conventionele tijdsfractie $f_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$ gelijk aan 0.

Bij een automatische aansturing van de ramen mag de conventionele tijdsfractie gelijk genomen worden aan die bepaald voor manueel gebruik.

In functionele delen met een andere functie dan "kantoor" en "onderwijs" is de conventionele tijdsfractie $f_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$ gelijk aan 0.

5.6.3.5.2 Luchtdebiet

Het gemiddeld luchtdebiet, tot stand gebracht door het openen van ramen tijdens de dag, $V_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$, wordt bij conventie als volgt bepaald:

Eq. 298 $$\dot{V}_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} = \sum_{j} \left(3,6 \cdot 500 \cdot 0,163 \cdot c_{ow,day,j} \cdot A_{w,day,fctf,j}\right) \quad (m^3/h)$$

met:

$C_{ow,day,j}$ een coefficient die rekening houdt met de openingshoek van de ramen, gelijk aan 0,174 voor draaikipramen, en aan 0,9 voor draairamen, tuimelramen, schuiframen of guillotineramen, (-);

$A_{w,day,fct\ f,j}$ de oppervlakte van raam j dat deel uitmaakt van de ramen van functioneel deel f die in rekening te brengen zijn voor aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de dag, bepaald in overeenstemming met regels vastgelegd door de minister, in m².

5.6.3.6 Maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de nacht voor de koelberekeningen

In voorkomend geval wordt de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de nacht voor de koelberekeningen van functioneel deel f, $H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$, als volgt bepaald:

Eq. 299
$$H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} = \max\left\{0; \left(\begin{array}{l} 0,34 \cdot c_{V,add\ w,night,cool,fctf,m} \cdot b_{V,add\ w,night,cool,fctf} \cdot f_{V,add\ w,night,cool,fctf,m} \cdot \\ \dot{V}_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} - f_{V,add\ w,night,cool,fctf,m} \cdot H_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f} \end{array}\right)\right\} \quad (W/K)$$

met:

$H_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de nacht voor de koelberekeningen van functioneel deel f, in W/K;

$c_{V,add\ w,night,cool,fct\ f}$ een correctiefactor voor dynamische effecten:

- verhoogde vloer met $D_J \leq 180$ kJ/(m².K) of gesloten verlaagd plafond: $c_{V,add\ w,night,cool,fct\ f} = 0.8$;
- in andere gevallen: $c_{V,add\ w,night,cool,fct\ f} = 1$, (-);

$b_{V,add\ w,night,cool,fct\ f}$ een temperatuurcorrectiefactor, met waarde 0.5, (-);

$f_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$ de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de nacht actief is in functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.6.1, (-);

$\dot{V}_{V,add\ w,cool,night,fct\ f,m}$ het gemiddeld luchtdebiet, tot stand gebracht door het openen van ramen tijdens de nacht, bepaald volgens § 5.6.3.6.2, in m³/h;

$H_{V,in/exfilt,cool,fct\ f}$ de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie voor de koelberekeningen van functioneel deel f, bepaald volgens § 5.6.3.1, in W/K.

De maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de nacht mag enkel in rekening gebracht worden in de functionele delen die niet zijn uitgerust met gelijktijdige aanvullende mechanische ventilatie.

5.6.3.6.1 Conventionele tijdsfractie

In de functionele delen met functie "kantoor" en "onderwijs", wordt de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de nacht actief is voor de koelberekeningen, $f_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$, als volgt bepaald:

Eq. 300
$$f_{V,nat,night,cool,fct\ f,m} = \min\left\{1 - f_{vent,cool,fctf};0,38 \cdot e^{-1.7 \cdot \lambda''''_{cool,fctf,m}}\right\} \quad (-)$$

met:

Eq. 301
$$\lambda''''_{cool,fct\ f;m} = \frac{\left(\begin{array}{l} Q_{T,cool,fct\ f,m} + Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m} \\ + Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} \\ + Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} + Q_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m} \end{array}\right)}{Q_{g,cool,fct\ f,m}} \quad (-)$$

en:

$f_{vent,cool,fct\ f}$ de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de ventilatie in in bedrijf is in functioneel deel f, voor de koelberekeningen, ontleend aan koelberekeningen, ontleend aan

Tabel [7], (-);

$\lambda''''_{cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse verlies-winstverhouding per functioneel deel zonder de aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de nacht in rekening te brengen, (-);

$Q_{T,cool,fct\ f,m}$ het maandelijks warmteverlies door transmissie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;

$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m}$ het maandelijks warmteverlies door hygiënische ventilatie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;

$Q_{V,in/exfiltr,cool,fct\ f,m}$ het maandelijks warmteverlies door in/exfiltratie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;

$Q_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ het maandelijks warmteverlies door aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;

$Q_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ het maandelijks warmteverlies door aanvullende mechanische ventilatie tijdens de nacht van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;

$Q_{V,add\ w,day,cool,fct\ f,m}$ het maandelijks warmteverlies door aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de dag van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ;

$Q_{g,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse warmtewinst van functioneel deel f door bezonning en interne warmteproductie voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.4, in MJ.

In afwezigheid van een systeem voor aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de nacht, is de conventionele tijdsfractie $f_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$ gelijk aan 0.

In functionele delen met een andere functie dan "kantoor" en "onderwijs" is de conventionele tijdsfractie $f_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$ gelijk aan 0.

5.6.3.6.2 Luchtdebiet

Het gemiddeld luchtdebiet, tot stand gebracht door het openen van ramen tijdens de nacht, $V_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m}$, wordt bij conventie als volgt bepaald:

$$\dot{V}_{V,add\ w,night,cool,fct\ f,m} = \sum_{j} \left(3,6 \cdot 500 \cdot 0,163 \cdot c_{ow,night,j} \cdot A_{w,night,fctf,j}\right) \quad (m^3/h)$$

Eq. 302

$c_{ow,night,j}$ een coefficient die rekening houdt met de openingshoek van de ramen en met de vermindering van het doorlatend oppervlak door de aanwezigheid van insectenwerende voorzieningen, gelijk aan 0,174 voor draaikipramen, en aan 0,9 voor draairamen, tuimelramen, schuiframen of guillotineramen, (-);

$A_{w,night,fct\ f,j}$ de oppervlakte van raam j dat deel uitmaakt van de ramen van functioneel deel f die in rekening te brengen zijn voor aanvullende ventilatie door het openen van ramen tijdens de nacht, bepaald in overeenstemming met regels vastgelegd door de minister, in m^2.

5.6.4 Reductiefactor ingevolge voorverwarming

De reductiefactor voor voorverwarming van een functioneel deel f, r_{preh}, is gelijk aan de reductiefactor voor voorverwarming van energiesector i waarvan het

deel uitmaakt, die op zijn beurt is aan de reductiefactor voor voorverwarming van de ventilatiezone z waarvan de energiesector i deel uitmaakt:

- $r_{preh,heat,fct\ f} = r_{preh,heat,sec\ i} = r_{preh,heat,zone\ z}$
- $r_{preh,cool,fct\ f} = r_{preh,cool,sec\ i} = r_{preh,cool,zone\ z}$

De bepaling van de reductiefactor voor voorverwarming van ventilatiezone z d.m.v. een warmteterugwinapparaat gebeurt zoals hieronder beschreven. Voorverwarming d.m.v. doorgang doorheen een aangrenzende onverwarmde ruimte en/of doorheen een ondergronds aanvoerkanaal dient behandeld te worden door vooraf door de minister bepaalde regels of, bij gebrek daaraan, op basis van een gelijkwaardigheidsaanvraag.

Als er geen voorverwarming plaatsvindt, is de waarde voor r_{preh} in elk van de gevallen 1.

Een warmtepomp voor ruimteverwarming die als warmtebron de afgevoerde lucht gebruikt, wordt niet in deze bijlage behandeld, maar in § 10.2.2.3 van bijlage A.1 bij dit besluit.

Warmteterugwinapparaat in geval van mechanische toe- en afvoerventilatie

In een ventilatiezone z met mechanische toe- en afvoerventilatie is het mogelijk de toevoer van buitenlucht in min of meerdere mate voor te verwarmen m.b.v. een warmtewisselaar die warmte onttrekt aan de afvoerlucht naar buiten. Het is mogelijk dat de toevoer van buitenlucht in de ventilatiezone z op meerdere plaatsen gebeurt. In dat geval kan het voorkomen dat niet alle luchttoevoeren voorverwarmd worden. Omgekeerd is het mogelijk dat de mechanische afvoer naar buiten via meer dan 1 luchtuitlaat gebeurt en kan het voorkomen dat op sommige van deze luchtstromen geen warmterecuperatie plaatsvindt. Indien het totaal mechanisch toevoerdebiet verschilt van het totaal mechanisch afvoerdebiet in de ventilatiezone z, dan zal er noodzakelijkerwijs een extra (in- of uitwaartse) ongecontroleerde luchtstroom doorheen de schil optreden[4].

Ventilatoren met automatische debietregeling hebben een gunstige invloed op de reductiefactor voor voorverwarming, omdat de debietbalans behouden kan worden, ook wanneer de werkingsomstandigheden wijzigen (vervuiling van filters, …). De automatische debietregeling is een producteigenschap die wordt vastgesteld voor alle ventilatoren van een ventilatiegroep en die inhoudt dat een regeling ervoor zorgt dat het geleverde debiet niet meer dan 5% afwijkt van de instelwaarde. Deze producteigenschap moet, voor elke ventilator van de groep, aan de hand van debietmetingen gecontroleerd worden voor het gehele debiet- en drukbereik van de ventilator.

De reductiefactor voor ruimteverwarming ingevolge de voorverwarming van de buitenluchttoeveor in een ventilatiezone z m.b.v. warmteterugwinning moet bepaald worden aan de hand van de volgende formule:

[4] Omwille van de eenvoud wordt net zoals in § 5.6 bij conventie de mogelijke interactie tussen de in/exfiltratieterm en de term voor bewuste ventilatie buiten beschouwing gelaten.

Eq. 45

$$r_{preh,heat,zonez} = \frac{\sum_p \left\{\dot{V}_{in,p} - e_{heat,hr,p} \cdot \min\left(\dot{V}_{in,p}\,;\,\dot{V}_{out,p}\right)\right\} + \max\left\{0\,;\,\sum_p\left(\dot{V}_{out,p} - \dot{V}_{in,p}\right)\right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{in,p}\,;\sum_p \dot{V}_{out,p}\right)}$$

(-)

met:

$e_{heat,hr,p}$ een dimensieloze factor die de mate van warmteterugwinning op plaats p aangeeft, als volgt bepaald:

- indien de buitenlucht toevoerstroom p niet voorverwarmd wordt, geldt $e_{heat,hr,p} = 0$
- indien de buitenlucht toevoerstroom p wel voorverwarmd wordt m.b.v. een warmteterugwinapparaat, geldt $e_{heat,hr,p} = r_p.\eta_{test,p}$

De factor r_p wordt bepaald zoals hieronder beschreven. Het thermisch rendement $\eta_{test,p}$ van het warmteterugwinapparaat op plaats p wordt bepaald zoals beschreven in bijlage G van bijlage A.1 bij dit besluit. Een waarde voor het thermisch rendement mag slechts gebruikt worden in zoverre zowel $\dot{V}_{in,p}$ als $\dot{V}_{out,p}$ niet groter zijn dan het volumedebiet tijdens de proef zoals gedefinieerd in dezelfde bijlage G van bijlage A.1 bij dit besluit;

$\dot{V}_{in,p}$ het ingaand luchtdebiet op plaats p, in m^3/h, bepaald zoals hieronder beschreven;

$\dot{V}_{out,p}$ het uitgaand luchtdebiet op plaats p, in m^3/h, bepaald zoals hieronder beschreven.

Er dient gesommeerd te worden over alle plaatsen p in ventilatiezone z waar mechanische buitenlucht toevoer en/of mechanische afvoer naar buiten plaatsvindt.

Bepaal het binnenkomende buitenlucht debiet op plaats p als volgt:

- als de ventilatorgroep waardoor het ingaand en het uitgaand debiet op plaats p worden geleverd, uitgerust is met een automatische debietregeling zoals hoger gedefinieerd, dan geldt:

Eq. 46 $\dot{V}_{in,p} = \dot{V}_{supply,setpoint,nom,p}$ (-)

waarbij de instelwaarde van het ingaand debiet op plaats p bij nominale ventilatorstand voor hygiënische ventilatie beschouwd wordt, in m^3/h;

- in alle andere gevallen geldt:

Eq. 47 $\dot{V}_{in,p} = \dot{V}_{supply,design,p}$ (-)

waarbij het ontwerpdebiet van de binnenkomende verse lucht op plaats p voor hygiënische ventilatie beschouwd wordt, in m^3/h.

Bepaal het afvoerdebiet naar buiten op plaats p als volgt:

- als de ventilatorgroep waardoor het ingaand en het uitgaand debiet op plaats p worden geleverd, uitgerust is met een automatische debietregeling zoals hoger gedefinieerd, dan geldt:

Eq. 48 $\dot{V}_{out,p} = \dot{V}_{extr,setpoint,nom,p}$ (-)

waarbij de instelwaarde van het uitgaand debiet bij nominale ventilatorstand voor hygiënische ventilatie beschouwd wordt, m³/h;

- in alle andere gevallen geldt:

Eq. 49 $\dot{V}_{out,p} = \dot{V}_{extr,design,p}$ (-)

waarbij het ontwerpdebiet van de naar buiten gaande lucht op plaats p voor hygiënische ventilatie beschouwd wordt, in m³/h.

Bepaal in geval er warmteterugwinning plaatsvindt op plaats p r_p als volgt:

- als de ventilatorgroep waardoor het ingaand en uitgaand debiet op plaats p worden geleverd, uitgerust is met een automatische debietregeling zoals hoger gedefinieerd, dan geldt:
  r_p=0,95

- in alle andere gevallen geldt:
  r_p=0,85

Bepaal de reductiefactor te hanteren bij de koelberekeningen als volgt:

Eq. 50
$$r_{preh,cool,zone\ z} = \frac{\sum_p \left\{\dot{V}_{in,p} - e_{cool,hr,p} \cdot \min\left(\dot{V}_{in,p}\,;\dot{V}_{out,p}\right)\right\} + \max\left\{0\,;\sum_p\left(\dot{V}_{out,p} - \dot{V}_{in,p}\right)\right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{in,p}\,;\sum_p \dot{V}_{out,p}\right)} \quad (-)$$

waarbij de verschillende termen dezelfde zijn als hierboven, met uitzondering van $e_{cool,hr,p}$, waarvan de waarde als volgt bepaald wordt:

- indien warmteterugwinapparaat p van een by-pass voorzien is waarbij de doorgang doorheen de warmtewisselaar volledig afgesloten wordt, of op een andere manier volledig geïnactiveerd kan worden (bv. stilzetten van een roterend warmtewiel), geldt:

Eq. 51 $e_{cool,hr,p} = 0$ (-)

- indien warmteterugwinapparaat p van een by-pass voorzien is maar de doorgang doorheen de warmtewisselaar daarbij niet volledig afgesloten wordt of niet op een andere manier volledig geïnactiveerd wordt, geldt:

Eq. 52 $e_{cool,hr,p} = 0,5 \times e_{heat,hr,p(-)}$ (-)

- in alle andere gevallen geldt:

Eq. 53 $e_{cool,hr,p} = e_{heat,hr,p}$ (-)

5.6.5 Tijdsfractie dat de ventilatie in bedrijf is

De waarden van de conventionele tijdsfracties gedurende dewelke de ventilatie in bedrijf is, voor de verwarmings- en voor de koelberekeningen (respectievelijk $f_{vent,heat,fct\ f}$ en $f_{vent,cool,fct\ f}$) worden per functie ontleend aan

56	EPN methode 2017

Tabel [7].

Tabel [7]: Fractie van de tijd dat er bij conventie geventileerd wordt, $f_{vent,heat,fct\ f}$ en $f_{vent,cool,fct\ f}$ per functie

Functies		$f_{vent,heat,fct\ f}$	$f_{vent,cool,fct\ f}$	
			Natuurlijk ventilatie-systeem	**Mechanisch ventilatie-systeem**
Logeerfunctie		1,00	1,00	Gelijk aan $f_{vent,heat,fct\ f}$
Kantoor		0,30		
Onderwijs		0,30		
Gezondheidszorg	met verblijf	1,00		
	zonder verblijf	0,30		
	operatiezalen	1,00		
Bijeenkomst	hoge bezetting	0,54		
	lage bezetting	0,54		
	cafetaria/refter	0,10		
Keuken		0,36		
Handel		0,43		
Sport	sporthal, sportzaal	0,50		
	fitness, dans	0,50		
	sauna, zwembad	0,50		
Technische ruimten		1,00		
Gemeenschappelijk		Zoals hieronder bepaald		
Andere		0,30		
Onbekende functie		0,54		

Voor de functie "gemeenschappelijk": als een functioneel deel met die functie verschillende functionele delen bedient, zijn de waarden van de parameters $f_{vent,heat,fct\ f}$ en $f_{vent,cool,fct\ f}$ gelijk aan de hoogste waarde van deze parameters van de functionele delen die het bedient.

Als er meerdere functionele delen met verschillende functies aanwezig zijn in dezelfde ventilatiezone zijn de waarden van de parameters $f_{vent,heat,fct\ f}$ en $f_{vent,cool,fct\ f}$ identiek voor alle functionele delen f die tot de ventilatiezone behoren. Deze waarde is de waarde van het functionele deel waarvoor de tijdsfractie dat er geventileerd wordt, het meest ongunstig is, d.w.z. de hoogste waarde.

5.7 Interne warmteproductie

De beschouwde interne warmtebronnen zijn: personen, verlichting, ventilatoren en overige apparatuur. Bepaal de maandelijkse interne warmteproductie van functioneel deel f voor de verwarmings- en koelberekeningen met:

Eq. 54 $$Q_{i,heat,fct\ f,m} = \Phi_{i,heat,fct\ f,m} \cdot t_m \quad (MJ)$$

Eq. 55 $$Q_{i,cool,fct\ f,m} = \Phi_{i,cool,fct\ f,m} \cdot t_m \quad (MJ)$$

waarin:

Eq. 56 $$\Phi_{i,heat,fct\ f,m} = 0,8 \cdot \begin{pmatrix} q_{i,pers,fct\ f} \cdot f_{real,fct\ f} \cdot f_{pres,fct\ f} \cdot n_{design,fct\ f} + q_{i,app,fct\ f} \cdot A_{f,fct\ f} \\ + r_{light,fct\ f} \cdot W_{light,fct\ f,m} \cdot 3,6/t_m + r_{fans,heat,fct\ f} \cdot W_{fans,fct\ f,m} \cdot 3,6/t_m \end{pmatrix} \quad (W)$$

Eq. 57 $$\Phi_{i,cool,fct\ f,m} = \begin{pmatrix} q_{i,pers,fct\ f} \cdot f_{real,fct\ f} \cdot f_{pres,fct\ f} \cdot n_{design,fct\ f} + q_{i,app,fct\ f} \cdot A_{f,fct\ f} \\ + r_{light,fct\ f} \cdot W_{light,fct\ f,m} \cdot 3,6/t_m + r_{fans,cool,fct\ f} \cdot W_{fans,fct\ f,m} \cdot 3,6/t_m \end{pmatrix} \quad (W)$$

waarin:

$Q_{i,heat,fct\ f,m}$ de maandelijkse interne warmteproductie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, in MJ;

$Q_{i,cool,fct\ f,m}$ de maandelijkse interne warmteproductie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, in MJ;

$\Phi_{i,heat,fct\ f,m}$ de gemiddelde warmtestroom door interne warmteproductie in functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, in W;

$\Phi_{i,cool,fct\ f,m}$ de gemiddelde warmtestroom door interne warmteproductie in functioneel deel f voor de koelberekeningen, in W;

$q_{i,pers,fct\ f}$ de gemiddelde interne warmteproductie in functioneel deel f, afkomstig van personen, ontleend aan Tabel [8], in W/pers;

$f_{real,fct\ f}$ de conventioneel vastgelegde verhouding van de gemiddelde reële bezetting tijdens de gebruiksuren t.o.v. de maximale ontwerpbezetting van functioneel deel f, ontleend aan Tabel [8], (-);

$f_{pres,fct\ f}$ de conventionele tijdsfractie dat er mensen in functioneel deel f aanwezig zijn, ontleend aan Tabel [2], (-);

$n_{design,fct\ f}$ het aantal personen in functioneel deel f overeenkomend met de maximale bezetting waarvoor de ventilatiesystemen ontworpen zijn, (-);

$q_{i,app,fct\ f}$ de gemiddelde specifieke interne warmteproductie in functioneel deel f ingevolge de apparatuur, ontleend aan Tabel [8], in W/m²;

$A_{f,fct\ f}$ de gebruiksoppervlakte van functioneel deel f, in m²;

$r_{light,fct\ f}$ een reductiefactor waarvan de waarde bedraagt:

- 0,3 indien het energieverbruik voor verlichting van functioneel deel f is bepaald volgens § 9.2 (forfaitaire methode);
- 0,5 indien tenminste 70% van de verlichtingsarmaturen in het betreffende functioneel deel f, gewogen naar het opgenomen vermogen, worden afgezogen;
- 1,0 in de overige gevallen;

$W_{light,fct\ f,m}$ de maandelijkse interne warmteproductie in het beschouwde functioneel deel door verlichting, bepaald volgens § 9.2.2 of § 9.3.2, in kWh;

$r_{fans,heat,fct\ f}$, $r_{fans,cool,fct\ f}$ een reductiefactor voor verwarming respectievelijk koeling, waarvan de waarde bedraagt:

- 0 indien alleen mechanische afzuiging plaatsvindt;
- 0.6 indien mechanische toe- en afvoer plaatsvindt;
- 0.8 indien recirculatie of warmteterugwinning plaatsvindt;
- 0.3 indien mechanisch lucht wordt toegevoerd en het vermogen van ventilatoren is bepaald volgens § 8.1.3 (forfaitair);
- 0.5 overige gevallen;

$W_{fans,fct\ f,m}$ de interne warmteproductie in het beschouwde functioneel deel door ventilatoren, bepaald volgens § 8.1, in kWh;

t_m de duur van de maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.

Tabel [8]: Interne warmteproductie afkomstig van personen, apparatuur en de reële bezettingsfractie, per functie

Functies		**Interne warmteproductie van personen** $q_{i,pers,fct\ f}$ (W/pers)	**Interne warmteproductie van apparatuur** $q_{i,app,fct\ f}$ (W/m²)	**Reële bezettingsfractie** $f_{real,fct\ f,}$ (-)
Logeerfunctie		100	2	0,21
Kantoor		100	3	0,30
Onderwijs		100	1	0,50
Gezondheidszorg	met verblijf	100	4	0,80
	zonder verblijf	100	3	0,50
	operatiezalen	100	4	0,20
Bijeenkomst	hoge bezetting	100	2	0,30
	lage bezetting	100	1	0,30
	cafetaria/refter	100	2	0,15
Keuken		100	5	0,80
Handel		100	3	0,30
Sport	sporthal, sportzaal	300	1	0,30
	fitness, dans	300	1	0,30
	sauna, zwembad	300	1	0,30
Technische ruimten		100	5	0,05
Gemeenschappelijk		100	1	0,15
Andere		100	3	0,30
Onbekende functie		100	2	0,30

5.8 Zonnewarmtewinsten

Bepaal de maandelijkse zonnewarmtewinst van functioneel deel f voor verwarmingsberekeningen $Q_{s,heat,fct\ f\ ,m}$ en voor koelberekeningen $Q_{s,cool,fct\ f,m}$ volgens § 7.10 van bijlage A.1 bij dit besluit, ermee rekening houdend dat de energiebalans op niveau van het functioneel deel f wordt bepaald, in plaats van op niveau van de energiesector i. Daarbij wordt gesommeerd over alle transparante/doorschijnende scheidingsconstructies, niet geventileerde passieve zonne-energiesystemen en aangrenzende onverwarmde ruimten van het functioneel deel.

In afwijking van bijlage A.1 bij dit besluit wordt voor de bepaling van de maandelijkse gebruiksfactor $a_{c,m,j}$ van mobiele zonnewering voor de EPN-eenheid verwezen naar

Tabel [9]. Deze tabel verwijst naar de tabellen C1 en C3 uit bijlage C van bijlage A.1 bij dit besluit.

Tabel [9]: De maandelijkse gebruiksfactor $a_{c,m,j}$, afhankelijk van het type berekening

Bediening	Ruimteverwarming	Ruimtekoeling
Handbediend	Tabellen C1	MAX(0;Tabellen C1-0,1)
Automatisch	Tabellen C1	MAX(0;Tabellen C3-0,1)
Automatisch + weekend(1)	Tabellen C1	Tabellen C3
(1) Voor de gevallen waarbij de zonnewering gedurende het weekend de ganse dag in werking blijft.		

Als een venster met meerdere beweegbare zonneweringssystemen (bv. binnen- en buitenzonnewering) uitgerust is, moet voor de verwarmingsberekeningen het systeem met de hoogste F_C waarde beschouwd worden, en voor koelberekeningen het systeem met de laagste F_C waarde.

5.9 Effectieve thermische capaciteit

5.9.1 Principe

Voor de bepaling van de effectieve thermische capaciteit heeft men de keuze tussen twee methoden:

- hetzij aan de hand van de specifieke thermische capaciteit per m² gebruiksoppervlakte van het functioneel deel volgens § 5.9.2;
- hetzij aan de hand van een gedetailleerde berekening volgens § 5.9.3.

5.9.2 Effectieve thermische capaciteit aan de hand van de vloermassa

Bepaal de effectieve thermische capaciteit van functioneel deel f, $C_{fct\ f}$, in kJ/K, aan de hand van de vloermassa met:

Eq. 58 $$C_{fct\ f} = \sum_j D_j . A_{f,fct\ f,j} \quad \text{(kJ/K)}$$

waarin:

$C_{fct\ f}$ de effectieve thermische capaciteit van functioneel deel f, in kJ/K;

D_j de specifieke effectieve thermische capaciteit, ontleend aan Tabel [10], in kJ/(m².K), de waarde bij ontstentenis bedraagt 55 kJ/(m².K);

$A_{f,fct\ f,j}$ de gebruiksoppervlakte van deel j van functioneel deel f, in m².

Er dient gesommeerd te worden over alle delen j die samen de gebruiksoppervlakte van functioneel deel f uitmaken.

Tabel [10]: Specifieke effectieve thermische capaciteit Dj per eenheid gebruiksoppervlakte, in kJ/(m².K)

Minimum van de massa van de plafond- en vloerconstructie per eenheid gebruiks-oppervlakte (kg/m²)	Gesloten verlaagd plafond en verhoogde vloer	Gesloten verlaagd plafond of verhoogde vloer	Geen gesloten verlaagd plafond en geen verhoogde vloer
Minder dan 100	55	55	55
100 tot 400	55	110	180
Meer dan 400	55	180	360

Een verlaagd plafond geldt als gesloten van zodra minder dan netto 15% van de plafondoppervlakte open is.

5.9.3 Effectieve thermische capaciteit aan de hand van een gedetailleerde berekening

Bereken de effectieve thermische capaciteit van functioneel deel f, $C_{fct\ f}$, in kJ/K, als de som van de werkzame massa van alle constructiedelen die in functioneel deel f zijn gelegen of functioneel deel f omhullen, met dien verstande dat niet dragende binnenwanden buiten beschouwing moeten blijven, volgens:

Eq. 59 $$C_{fct\ f} = \sum_k \rho_k . c_k . d_k . A_k \quad \text{(kJ/K)}$$

waarin:

$C_{fct\ f}$ de effectieve thermische capaciteit van functioneel deel f, in kJ/K;

ρ_k de volumieke massa van het constructiedeel k, in kg/m³;

c_k de soortelijke warmte van het constructiedeel k, in kJ/kg.K;

d_k de werkzame dikte van het constructiedeel k, in m, bepaald als de dikte van het constructiedeel voorzover de warmteweerstand van het constructiedeel gerekend loodrecht vanaf het binnenoppervlak minder dan 0,25 m².K/W bedraagt, met dien verstande dat d_k niet meer dan 100 mm en niet meer dan de helft van de totale dikte van de constructie bedraagt en dat voor de bepaling van de warmteweerstand van het constructiedeel vanaf het binnenoppervlak, voor vrijhangende plafondconstructies waarvan een aandeel van ten minste netto 15 % van de plafondoppervlakte open is, de weerstand

van de vrijhangende plafondconstructie buiten beschouwing mag blijven;

A_k de oppervlakte van constructiedeel k, in m^2.

Er moet gesommeerd worden over alle constructiedelen k die in het functioneel deel zijn gelegen of die het functioneel deel omhullen, met uitzondering van niet dragende wanden.

5.10 Maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater

De berekeningsmethodiek gebruikt rechtstreeks de totale jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater voor elk aanwezig tappunt voor warm tapwater in elk functioneel deel f, uitgedrukt in MJ. De maandelijkse netto energiebehoefte per tappunt voor warm tapwater wordt berekend van functioneel deel f, door de jaarlijkse netto energiebehoefte van functioneel deel f te wegen met de verhouding t_m/t_a. De maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater wordt hieronder bepaald, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen de netto energiebehoefte voor douches en/of baden i, keukenaanrechten j en elk van de andere tappunten voor warm tapwater k:

- Voor een douche of bad i:

Eq. 60 $$Q_{water,bath\ i,net,m} = r_{water,bath\ i,net} \cdot f_{bath\ i,fct\ f} \cdot Q_{water,bath,net,fct\ f,a} \cdot \frac{t_m}{t_a} \quad (MJ)$$

- Voor een keukenaanrecht j (dat deel uitmaakt van een ruimte keuken waarin maaltijden worden bereid):

Eq. 61 $$Q_{water,sink\ j,net,m} = r_{water,sink\ j,net} \cdot f_{sink\ j,fct\ f} \cdot Q_{water,sink,net,fct\ f,a} \cdot \frac{t_m}{t_a} \quad (MJ)$$

- Voor een ander tappunt k voor warm tapwater:

Eq. 62 $$Q_{water,other\ k,net,m} = r_{water,other\ k,net} \cdot f_{other\ k,fct\ f} \cdot Q_{water,other,net,fct\ f,a} \cdot \frac{t_m}{t_a} \quad (MJ)$$

waarin:

$Q_{water,bath\ i,net,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van douche of bad i, in MJ;

$Q_{water,sink\ j,net,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van keukenaanrecht j, in MJ;

$Q_{water,other\ k,net,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van ander tappunt k voor warm tapwater, in MJ;

$r_{water,bath\ i,net}$ een reductiefactor voor het effect van de voorverwarming van de koudwatertoevoer naar douche of bad i d.m.v. warmteterugwinning uit de afloop, te bepalen volgens vooraf door de minister bepaalde regels, (-);

$r_{water,sink\ j,net}$ een reductiefactor voor het effect van de voorverwarming van de koudwatertoevoer naar keukenaanrecht j d.m.v. warmteterugwinning uit de afloop, te bepalen volgens vooraf door de minister bepaalde regels, (-);

$r_{water,other\ k,net}$ een reductiefactor voor het effect van de voorverwarming van de koudwatertoevoer naar ander tappunt k voor warm tapwater d.m.v. warmteterugwinning uit de afloop, te bepalen volgens vooraf door de minister bepaalde regels, (-);

$f_{bath\ i,fct\ f}$ het aandeel van douche of bad i van functioneel deel f in de totale netto energiebehoefte voor warm tapwater van alle douches en baden van het functioneel deel f, zoals hieronder bepaald, (-);

$f_{sink\ j,fct\ f}$ het aandeel van keukenaanrecht j van functioneel deel f in de totale netto energiebehoefte voor warm tapwater van alle keukenaanrechten van het functioneel deel f, zoals hieronder bepaald, (-);

$f_{other\ k,\ fct\ f}$ het aandeel van ander tappunt k voor warm tapwater van functioneel deel f in de totale netto energiebehoefte voor warm tapwater van alle andere tappunten voor warm tapwater van het functioneel deel f, zoals hieronder bepaald, (-);

$Q_{water,bath,net,fct\ f,a}$ de jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van alle douches en baden van functioneel deel f, bepaald volgens § 5.10.1, in MJ;

$Q_{water,sink,net,fct\ f,a}$ de jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van alle keukenaanrechten van functioneel deel f, bepaald volgens § 5.10.2, in MJ;

$Q_{water,other,net,fct\ f,a}$ de jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van alle andere tappunten voor warm tapwater van functioneel deel f, bepaald volgens § 5.10.3, in MJ;

t_m de lengte van de betreffende maand in Ms, zie Tabel [1];

t_a de lengte van het jaar in Ms, die de som is van de 12 waarden t_m uit Tabel [1], meer bepaald 31,536 Ms.

Specifiek kenmerk voor de functie "onderwijs": de maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van de functionele delen met die functie ($Q_{water,bath\ i,net,m}$, $Q_{water,sink\ j,net,m}$, $Q_{water,other\ k,net,m}$) wordt voor de maanden juli en augustus gelijk genomen aan nul.

De aandelen van de verschillende types tappunten voor warm tapwater worden per functioneel deel als volgt bepaald:

Eq. 63

$$f_{bath\ i,fct\ f} = \frac{1}{n_{bath,fct\ f}}, \quad f_{sink\ j,fct\ f} = \frac{1}{n_{sink,fct\ f}} \text{ en}$$

$$f_{other\ k,fct\ f} = \frac{1}{n_{other,fct\ f}} \quad (-)$$

waarin:

$n_{bath,fct\ f}$ het totaal aantal douches en baden van functioneel deel f, (-);

$n_{sink,fct\ f}$ het totaal aantal keukenaanrechten van functioneel deel f, (-);

$n_{other,fct\ f}$ het totaal aantal andere tappunten voor warm tapwater, die geen douches, baden n keukenaanrechten zijn, van functioneel deel f, , (-).

5.10.1 Jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van douches en baden

Als een functioneel deel douches en/of baden bevat, dan wordt de jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van al deze douches en baden bepaald volgens Tabel [11], per functie:

Tabel [11]: Jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater en aantal dagen dat er bezetting is, per functie

Functies		$Q_{water,bath,net,fct\ f,a}$ **(MJ)**	$n_{day,fct\ f}$ **(-)**
Logeerfunctie		1604,59 . $n_{design,rooms}$	365
Kantoor		5606,00 . n_{bath}	260
Onderwijs		5606,00 . n_{bath}	220
Gezondheidszorg	met verblijf	962,75 . $n_{design,rooms}$	365
	zonder verblijf	5606,00 . n_{bath}	260
	operatiezalen	7870,00 . n_{bath}	365
Bijeenkomst	hoge bezetting	6727,00 . n_{bath}	312
	lage bezetting	6727,00 . n_{bath}	312
	cafetaria/refter	5606,00 . n_{bath}	260
Keuken		6727,00 . n_{bath}	312
Handel		6727,00 . n_{bath}	312
Sport	sporthal, sportzaal	6727,00 . n_{bath}	312
	fitness, dans	6727,00 . n_{bath}	312
	sauna, zwembad	6727,00 . n_{bath}	312
Technische ruimten		7870,00 . n_{bath}	365
Gemeenschappelijk		21,56 . max($n_{day,fct\ f}$) . n_{bath}	-
Andere		5606,00 . n_{bath}	260
Onbekende functie		6727,00 . n_{bath}	312

waarin:

$Q_{water,bath,net,fct\ f,a}$ de jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van alle douches en/of baden van functioneel deel f, in MJ;

$n_{design,rooms}$ het totaal aantal personen dat zich in de ruimten met type "kamer" bevindt in functioneel deel f overeenkomend met de maximale bezetting voor dewelke de ventilatiesystemen zijn ontworpen, (-);

n_{bath} het totaal aantal douches en/of baden van het functioneel deel f, (-).

$n_{day,fct\ f}$ het aantal dagen per jaar dat het functioneel deel f bezet is, (-).

Voor de functie "gemeenschappelijk": de jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van alle douches en baden van het functioneel deel met die functie "gemeenschappelijk" hangt af van de maximale bezettingsduur van de functionele delen die het bedient. Deze maximale bezettingsduur wordt bekomen door het maximum te nemen van $n_{day,fct\ f}$ van alle functionele delen die het bedient.

5.10.2 Jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van keukenaanrechten

In geval van de aanwezigheid van een ruimte van het type "keuken", waarin maaltijden worden bereid en die een of meerdere keukenaanrechten met warm tapwater bevatten, moet voor het functioneel deel waartoe deze keuken behoort de totale jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater nodig voor de bereiding van maaltijden voor de ruimte "keuken" worden beschouwd.

Als de ruimte van het type "keuken" slechts één functioneel deel f bedient, dan wordt de jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater nodig voor de bereiding van maaltijden voor deze keuken berekend als volgt:

Eq. 64 $$Q_{water,sink,net,fct\ f,a} = n_{meal} \cdot n_{serv,fct\ f} \cdot Q_{water,sink,net,fct\ f,meal} \quad (MJ)$$

waarin:

n_{meal} het aantal bereide maaltijden per dienst, zoals hieronder bepaald, (-);

$n_{serv,fct\ f}$ het aantal diensten per dag. Dit aantal hangt af van het bediende functioneel deel en wordt ontleend aan Tabel [12], (-);

$Q_{water,sink,net,fct\ f,meal}$ de jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater nodig voor de bereiding van maaltijden, per maaltijd en voor alle keukenaanrechten van het functioneel deel f, in MJ. Dit aantal hangt af van het bediende functioneel deel en wordt ontleend aan Tabel [12].

Als deze ruimte van het type "keuken" meerdere functionele delen bedient, dan wordt de jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater nodig voor de bereiding van maaltijden voor deze keuken berekend a rato van de totale gebruiksoppervlaktes van de functionele delen die worden bediend.

Eq. 65 $$Q_{water,sink,net,fct\ f,a} = \frac{n_{meal} \cdot \sum_{f} \left[A_{f,fct\ f} \cdot (n_{serv,fct\ f} \cdot Q_{water,sink,net,fct\ f,meal}) \right]}{\sum_{f} A_{f,fct\ f}} \quad (MJ)$$

waarin:

$A_{f,fct\ f}$ de totale gebruiksoppervlakte van het functioneel deel f dat wordt bediend, in m^2;

n_{meal} het aantal bereide maaltijden per dienst, zoals hieronder wordt bepaald, (-);

$n_{serv,fct\ f}$ het aantal diensten per dag, voor elk bediend functioneel deel, ontleend aan Tabel [12], (-);

$Q_{water,sink,net,fct\ f,meal}$ de jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater, nodig voor de bereiding van maaltijden, per maaltijd en voor elk functioneel deel f dat bediend wordt door de keuken, in MJ.

Er moet worden gesommeerd over alle functionele delen f die worden bediend door de keuken.

Het aantal bereide maaltijden per dienst:

De parameter n_{meal} hangt af van de gebruiksoppervlakte van de ruimten nodig voor de bereiding van de maaltijden:

Eq. 66 Indien $A_{f,sink} \leq 200\ m^2$: $n_{meal} = \frac{A_{f,sink}}{1,85}$ (-)

Indien $200\ m^2 < A_{f,sink} \leq 450\ m^2$: $n_{meal} = \frac{A_{f,sink}}{1,75}$ (-)

Indien $A_{f,sink} > 450\ m^2$: $n_{meal} = \frac{A_{f,sink}}{1,55}$ (-)

waarin:

$A_{f,sink}$ de gebruiksoppervlakte van de ruimten nodig voor de bereiding van maaltijden, in m^2;

n_{meal} het aantal bereide maaltijden per dienst, (-).

Voor de bepaling van de gebruiksoppervlakte van de ruimten nodig voor de bereiding van maaltijden (als deze aanwezig zijn in het gebouw) moeten minstens volgende types ruimte beschouwd worden: de keuken, plaats van vertrek van de maaltijden, opslag van gekoelde producten, opslag van niet-gekoelde producten en de ruimte voor opslag van afval.

Tabel [12]: Aantal diensten per dag en jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater per maaltijd, van alle keukenaanrechten, per bediende functie

Functies		$n_{serv,fct\ f}$	$Q_{water,sink,net,fct\ f,meal}$ **(MJ)**
Logeerfunctie		1	761,85
Kantoor		1	544,18
Onderwijs		1	544,18
Gezondheidszorg	met verblijf	2	761,85
	zonder verblijf	1	544,18
	operatiezalen	-	0,00
Bijeenkomst	hoge bezetting	2	653,02
	lage bezetting	2	653,02
	cafetaria/refter	1	544,18
Keuken		Niet van toepassing	
Handel		1	653,02
Sport	sporthal, sportzaal	2	653,02
	fitness, dans	2	653,02
	sauna, zwembad	2	653,02
Technische ruimten		-	0,00
Gemeenschappelijk		-	0,00
Andere		1	544,18
Onbekende functie		1	544,18

5.10.3 Jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van andere tappunten voor warm tapwater (anders dan douches, baden en keukenaanrechten)

Als er andere tappunten dan douches, baden en keukenaanrechten, voor warm tapwater aanwezig zijn in functioneel deel f, moet de totale jaarlijkse netto energiebehoefte voor deze andere tappunten bepaald worden.

Als er geen andere tappunten dan douches, baden en keukenaanrechten voor warm tapwater aanwezig zijn in functioneel deel f, dan $Q_{water,net,other,fct\ f,a}=0$.

De jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van alle tappunten voor warm tapwater k, met uitzondering van douches en baden i en keukenaanrechten j, wordt ontleend aan Tabel [13], per functie.

Tabel [13]: Jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van alle andere tappunten voor warm tapwater, per functie

Functies		$Q_{water,net,other,fct\ f,a}$ **(MJ)**
Logeerfunctie		1069,73 . $n_{design,rooms}$
Kantoor		5 . $A_{f,fct\ f}$
Onderwijs		5 . $A_{f,fct\ f}$
Gezondheidszorg	met verblijf	1444,13 . $n_{design,rooms}$
	zonder verblijf	54,58 . $A_{f,fct\ f}$
	operatiezalen	5 . $A_{f,fct\ f}$
Bijeenkomst	hoge bezetting	5 . $A_{f,fct\ f}$
	lage bezetting	5 . $A_{f,fct\ f}$
	cafetaria/refter	5 . $A_{f,fct\ f}$
Keuken		5 . $A_{f,fct\ f}$
Handel		5 . $A_{f,fct\ f}$
Sport	sporthal, sportzaal	5 . $A_{f,fct\ f}$
	fitness, dans	5 . $A_{f,fct\ f}$
	sauna, zwembad	5 . $A_{f,fct\ f}$
Technische ruimten		5 . $A_{f,fct\ f}$
Gemeenschappelijk		5 . $A_{f,fct\ f}$
Andere		5 . $A_{f,fct\ f}$
Onbekende functie		5 . $A_{f,fct\ f}$

waarin:

$Q_{water,other,net,fct\ f,a}$ de jaarlijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van alle andere tappunten voor warm tapwater van functioneel deel f, in MJ;

$n_{design,rooms}$ het totaal aantal personen dat zich in de ruimten met type "kamer" bevindt in functioneel deel f, overeenkomend met de maximale bezetting voor dewelke de ventilatiesystemen zijn ontworpen, (-);

$A_{f,fct\ f}$ de totale gebruiksoppervlakte van functioneel deel f, in m².

5.11 Maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging

Indien er in de gebouwinstallaties voorzieningen aanwezig zijn om de toegevoerde buitenlucht naar (een deel van) de EPN-eenheid te bevochtigen, wordt de maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging van een toestel j gegeven door:

Eq. 67 $$Q_{hum,net,j,m} = 2,5 \cdot r_{hum} \cdot \sum_{f} \left(X_{h,fct\ f,m} \cdot \dot{V}_{supply,j,fct\ f,design} \right) \quad (MJ)$$

waarin:

$Q_{hum,net,j,m}$	de maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging van een toestel j, in MJ;
r_{hum}	een reductiefactor, met de volgende waarde: - indien de bevochtigingsinstallatie speciaal geschikt is gemaakt voor het transporteren van vocht vanuit de afvoerlucht naar de toevoerlucht: $r_{hum} = 0,4$; - zoniet: $r_{hum} = 1,0$;
$X_{h,fct\ f,m}$	de maandelijkse hoeveelheid toe te voeren vocht per eenheid toevoerluchtdebiet voor functioneel deel f, in kg.h/m³, ontleend aan Tabel [14];
$\dot{V}_{supply,j,fct\ f,design}$	het ontwerpdebiet aan binnenkomende verse lucht doorheen bevochtigingstoestel j, voor functioneel deel f, in m³/h.

Er moet gesommeerd worden over alle functionele delen f die bediend worden door bevochtigingstoestel j.

OPMERKING

- Een warmtewiel waarop een vochtabsorberende laag is aangebracht kan als een voorziening voor vochtterugwinning worden aangemerkt.
- Recirculatie wordt in het kader van deze paragraaf niet als vochtterugwinning gezien. Het effect van recirculatie is reeds bij het te hanteren luchtdebiet in rekening gebracht.

Tabel [14]: Maandwaarden voor de toe te voeren hoeveelheid vocht per eenheid luchtdebiet $X_{h,fct\ f,m}$, per functie, in kg.h/m³

Functies		Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December
Logeerfunctie		0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Kantoor		0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
Onderwijs		0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
Gezondheidszorg	met verblijf	0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
	zonder verblijf	0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
	operatiezalen	0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
Bijeenkomst	hoge bezetting	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
	lage bezetting	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
	cafetaria/refter	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Keuken		0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Handel		0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Sport	sporthal, sportzaal	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
	fitness, dans	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
	sauna, zwembad	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Technische ruimten		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gemeenschappelijk		0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14
Andere		0,38	0,37	0,23	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,36
Onbekende functie		0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,14

6 Bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming, ruimtekoeling en warm tapwater

6.1 Principe

Installaties voor verwarming en koeling kunnen snel vrij complex worden. Daarom worden de installaties in dit hoofdstuk op een schematische manier energetisch beoordeeld. Het systeemrendement is een maat voor de energieverspilling die optreedt door het tegelijk verwarmen en koelen in een energiesector en de optredende energieverliezen door warmte- en koudetransport binnen een energiesector. Er wordt gerekend met constante, jaargemiddelde waarden.

De installaties voor warm tapwater bestaan uit:

- een warmteopwekkingsinstallatie. Er worden twee types onderscheiden: opwekkingstoestellen met directe opwekking van warm tapwater en toestellen met warmteopslag. Voor beide gevallen kan de warmteopwekker die instaat voor ruimteverwarming de warmte leveren, ofwel gebeurt de warmteopwekking voor ruimteverwarming en voor warm tapwater door afzonderlijke installaties;
- een verdeelsysteem. Als dit systeem grote afstanden moet overbruggen, kan gekozen worden voor het gebruik van een circulatieleiding.

De bruto energiebehoefte voor warm tapwater bevat de netto energiebehoefte voor warm tapwater en alle verdeelverliezen. Deze verliezen worden berekend via het systeemrendement. In het geval er meerdere opwekkingsinstallaties voor de opwekking van warm tapwater zorgen, wordt elke opwekkingsinstallatie toegekend aan het tappunt voor warm tapwater dat het bedient.

6.2 Bepaling van de bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming en ruimtekoeling

De bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming en ruimtekoeling per maand en per energiesector wordt gegeven door:

Eq. 68
$$Q_{heat,gross,seci,m} = \frac{Q_{heat,net,seci,m}}{\eta_{sys,heat}} \quad \text{(MJ)}$$

en:

Eq. 303
$$Q_{cool,gross,seci,m} = \frac{a_{lat,cool} \cdot Q_{cool,net,seci,m}}{\eta_{sys,cool}} \quad \text{(MJ)}$$

waarin:

$Q_{heat,gross,seci,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, in MJ;
$Q_{heat,net,seci,m}$	de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming, rekening houdend met tussentijdse temperatuurverlagingen, van energiesector i, bepaald volgens § 5.4, in MJ;
$\eta_{sys,heat}$	het systeemrendement voor verwarming, bepaald volgens § 6.3, (-);
$Q_{cool,gross,seci,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i, in MJ;
$Q_{cool,net,seci,m}$	de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i, bepaald volgens § 5.4, in MJ;

$a_{lat,cool}$ een forfaitaire toeslagfactor die de latente warmte in rekening brengt die vrijkomt bij het optreden van condensatie op de koeleenheden of bij ontvochtiging van de toevoerlucht, gelijk aan 1,1 als de gemiddelde temperatuur van het transportmedium in de koeleenheid bij nominale werking kleiner is dan 15°C, of als de toevoerlucht actief gekoeld wordt, en gelijk aan 1,0 in andere gevallen, (-);

$\eta_{sys,cool}$ het systeemrendement voor koeling, bepaald volgens § 6.3, (-).

6.3 Systeemrendementen voor verwarming en koeling

Bepaal voor alle systemen het systeemrendement voor verwarming en koeling, $\eta_{sys,heat}$ en $\eta_{sys,cool}$, aan de hand van een vernietigingsfactor en van de verhouding van de jaarlijkse netto energiebehoefte voor respectievelijk verwarming en koeling t.o.v. de som van de netto energiebehoeften voor koeling en verwarming, met:

Eq. 70 $$\eta_{sys,heat} = \frac{1.0}{1.0 + a_{heat} + f_{annih}/f_{heat,net}} \quad (-)$$

en:

Eq. 71 $$\eta_{sys,cool} = \frac{1.0}{1.0 + a_{cool} + f_{annih}/f_{cool,net}} \quad (-)$$

waarin:

a_{heat} de term voor de leidingverliezen, de kanaalverliezen en de regeling van het distributiesysteem voor verwarming, zoals hieronder vastgelegd, (-);

f_{annih} de factor voor vernietiging van energie ten gevolge van gelijktijdig koelen en verwarmen, zoals hieronder vastgelegd, (-);

$f_{heat,net}$ de fractie van de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming t.o.v. de totale netto energiebehoefte voor ruimteverwarming en ruimtekoeling, bepaald volgens § 6.4, (-);

a_{cool} de term voor de leidingverliezen, de kanaalverliezen en de regeling van het distributiesysteem voor koeling, zoals hieronder vastgelegd, (-);

$f_{cool,net}$ de fractie van de netto energiebehoefte voor ruimtekoeling t.o.v. de totale netto energiebehoefte voor ruimteverwarming en ruimtekoeling, bepaald volgens § 6.4, (-).

Voor systemen waarbij de vereiste luchtinblaastemperatuur wordt verkregen door het mengen van een verwarmde en een gekoelde luchtstroom geldt:

- $f_{annih} = 0,4$;
- $a_{heat} = 0$;
- $a_{cool} = 0$.

Ontleen voor alle andere systemen de factoren f_{annih}, a_{heat} en a_{cool} aan Tabel [15] en Tabel [16].

Tabel [15]: Vernietigingsfactoren, f_{annih}, en distributieverliezen, a_{heat} en a_{cool},voor verwarming respectievelijk koeling

		Verwarming	
		Plaatselijk	**Centraal**
Koeling	**Plaatselijk**	$f_{annih} = 0$ $a_{heat} = 0$ $a_{cool} = 0$	Tabel [16]: lijn 1 of 5
	Centraal	$f_{annih} = 0$ $a_{heat} = 0$ $a_{cool} = 0$	Tabel [16]: lijn 2,3,4,6,7,8
	Geen	$f_{annih} = 0$ $a_{heat} = 0$ $a_{cool} = 0$	Tabel [16]: lijn 1 of 5

Tabel [16]: Vernietigingsfactoren, f_{annih}, en distributieverliezen, a_{heat} en a_{cool},voor verwarming respectievelijk koeling bij centrale warmteopwekking

Systeem-nummer	**Warmte-trans-port door**	**Koel-trans-port door**	**Regeling verwarming en koeling per ruimte**	**Vernieti-gings-factor f_{annih}**	**Weegfactor leiding- en kanaalverliezen**	
					Verwarming a_{heat}	**Koeling a_{cool}**
1	water of water en lucht	n.v.t.°	ja	0,00	0,08	0,00
			nee	0,00	0,25	0,00
2		water	ja	0,04	0,13	0,06
3		lucht	ja	0,00	0,13	0,06
			nee	0,00	0,25	0,06
4		water en lucht	ja	0,04	0,13	0,07
5	lucht	n.v.t.°	ja	0,00	0,04	0,00
			nee	0,00	0,34	0,00
6		water	ja	0,10	0,09	0,06
7		lucht	ja	0,00	0,04	0,01
			nee	0,00	0,39	0,01
8		water en lucht	ja	0,10	0,09	0,07

° n.v.t.: niet van toepassing

Indien binnen de systemen van Tabel [16] in plaats van water als transportmedium koelmiddel als transportmedium wordt toegepast, moeten de getalswaarden uit Tabel [16] als volgt worden gecorrigeerd:

- de waarde van a_{heat} wordt verminderd met 0,08;
- de waarde van a_{cool} wordt verminderd met 0,01.

"Regeling verwarming en koeling per ruimte" wil zeggen dat op ruimteniveau het debiet en/of de temperatuur van het aangevoerde warmte/koude transportfluïdum nageregeld wordt in functie van enerzijds de reële en anderzijds de gewenste temperatuur van de ruimte.

Bij systemen die in de zomersituatie tot een andere systeemconfiguratie behoren dan in de winter, moeten de vernietigingsfactoren behorende bij het systeemnummer in de wintersituatie worden gehanteerd.

Voor systemen die niet onder de in dit hoofdstuk beschreven categorieën vallen, dient het systeemrendement voor verwarming en koeling op basis van vooraf door de minister bepaalde regels of, bij gebrek daaraan, op basis van een gelijkwaardigheidsaanvraag bepaald te worden.

Opmerkingen:

1. Met "warmtetransport door water" wordt bedoeld: op ruimteniveau vindt (na)verwarming plaats door radiatoren in de ruimte, verwarmers in circulerende lucht (ventilatorconvectoren, inductie-eenheden), een naverwarmer in het luchttoevoerkanaal, of anderszins.

2. Met "warmtetransport door lucht" wordt bedoeld: in de centrale luchtbehandelingsinstallatie is een voorziening (verwarmingsbatterij en/of warmteterugwinningsvoorziening) aanwezig om de toevoerlucht te verwarmen (bij mechanische ventilatie is dit vrijwel altijd het geval).

3. Met "koeltransport door water" wordt bedoeld: op ruimteniveau vindt (na)koeling plaats door koelers in het luchttoevoerkanaal, koelers in circulerende lucht (ventilatorconvectoren of inductie-eenheden met koelbatterij), watervoerende koelplafonds of anderszins. Luchtvoerende koelplafonds behoren hier niet toe.

4. Met "koeltransport door lucht" wordt bedoeld: in een centrale luchtbehandelingsinstallatie is een voorziening (koelbatterij) aanwezig om de toevoerlucht te koelen en/of te ontvochtigen.

Het systeemrendement voor een systeem "combilus" wordt bepaald volgens vooraf door de minister bepaalde regels. Onder "combilus" wordt een gemeenschappelijke (in de zin dat meerdere EPB-eenheden bediend worden door dezelfde combilus of als de combilus een collectieve wooneenheid bedient) circulatieleiding verstaan die zowel voor warm tapwater als voor ruimteverwarming dienst doet.

6.4 Fracties van de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming en ruimtekoeling

6.4.1 Fractie netto energiebehoefte voor ruimtekoeling

Bepaal voor de energiesector de verhouding tussen de jaarlijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling en de som van de jaarlijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming en ruimtekoeling met:

Eq. 72 $f_{cool,net} = 1 - f_{heat,net}$ (-)

waarin:

$f_{cool,net}$ de fractie van de netto energiebehoefte voor ruimtekoeling t.o.v. de totale netto energiebehoefte voor ruimteverwarming en ruimtekoeling, (-);

$f_{heat,net}$ de fractie van de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming t.o.v. de totale netto energiebehoefte voor ruimteverwarming en ruimtekoeling, bepaald volgens § 6.4.2, (-).

6.4.2 Fractie netto energiebehoefte voor ruimteverwarming

Bepaal voor de energiesector de verhouding tussen de jaarlijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming en de som van de jaarlijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming en ruimtekoeling als volgt:

Eq. 73 $$f_{heat,net} = \max\left(0,1 \; ; \; \min\left(\frac{Q_{heat,net,seci,a}}{Q_{heat,net,seci,a} + Q_{cool,net,seci,a}} \; ; \; 0,9\right)\right) \quad (-)$$

waarbij:

Eq. 74 $$Q_{heat,net,seci,a} = \sum_{m=1}^{12} Q_{heat,net,seci,m} \quad (MJ)$$

en:

Eq. 75 $$Q_{cool,net,seci,a} = \sum_{m=1}^{12} Q_{cool,net,seci,m} \quad (MJ)$$

waarin:

$f_{heat,net}$	de fractie van de jaarlijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming t.o.v. de totale jaarlijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming en ruimtekoeling, (-);
$Q_{heat,net,seci,a}$	de jaarlijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, in MJ;
$Q_{cool,net,seci,a}$	de jaarlijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i, in MJ;
$Q_{heat,net,seci,m}$	de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming, rekening houdend met tussentijdse temperatuurverlagingen, van energiesector i, bepaald volgens § 5.1, in MJ;
$Q_{cool,net,seci,m}$	de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i, bepaald volgens § 5.3, in MJ.

6.5 Bepaling van de bruto energiebehoefte voor warm tapwater

Voor douches en/of baden i (index "bath") en keukenaanrechten j (index "sink"), gebeurt de berekening van de bruto energiebehoefte voor warm tapwater analoog aan de methode die wordt toegepast op EPW-eenheden. § 9.3 van bijlage A.1 bij dit besluit moet worden toegepast.

Voor de andere tappunten k voor warm tapwater (index "other"), moet eveneens § 9.3 van bijlage A.1 bij dit besluit worden toegepast, waarbij de formules die van toepassing zijn voor keukenaanrechten moeten worden gebruikt (index "sink" van bijlage A.1 bij dit besluit) en waarbij de bijdrage van de tapleidingen aan het systeemrendement wordt bepaald als:

Eq. 304 $$\eta_{tubing,other\ i} = \frac{20}{20 + l_{tubing,other\ i} / r_{water,other\ i,net}} \quad (-)$$

met:

$l_{tubing,other\ i}$	de lengte van de leidingen naar ander tappunt i voor warm tapwater, in m.

Indien er geen circulatieleiding is: neem dan deze lengte gelijk aan de som van de kortste afstanden horizontaal en verticaal tussen de betreffende warmteopwekker voor warm tapwater en het vloermidden van de ruimte waarin ander tappunt i voor warm tapwater zich bevindt. Alternatief mag ook de reële leidinglengte genomen worden.
Indien er wel een circulatieleiding is: neem dan deze lengte gelijk aan de som van de kortste afstanden horizontaal en verticaal tussen het betreffende aftakpunt van de circulatieleiding en het vloermidden van de ruimte waarin ander tappunt i voor warm tapwater zich bevindt. Alternatief mag ook de reële leidinglengte genomen worden;

$r_{water,other\ i,net}$ een reductiefactor voor het effect van de voorverwarming van de koudwatertoevoer naar ander tappunt i voor warm tapwater d.m.v. warmteterugwinning uit de afloop, te bepalen volgens vooraf door de minister bepaalde regels, (-).

Als waarden bij ontstentenis geldt: $l_{tubing,other\ i}$ = 20 m.

7 Eindenergieverbruik voor ruimteverwarming, ruimtekoeling, bevochtiging en warm tapwater

7.1 Principe

Voor het opwekkingsrendement in een energiesector geldt het opwekkingsrendement van de toestellen die de energiesector van warmte of koude voorzien. Er wordt gerekend met maandgemiddelde waarden. Bij een combinatie van verschillende soorten warmte- of koudeleveranciers wordt de bruto behoefte op een conventionele manier opgedeeld en toegewezen aan de preferente en de niet-preferente opwekker(s). Als er meer dan één type niet-preferente koudeopwekker is, wordt bij de behandeling van het niet-preferente aandeel alleen de koudeopwekker beschouwd met de laagste waarde voor de verhouding van de factor voor de omzetting in primaire energie (f_p) tot het opwekkingsrendement. Als er meer dan één type niet-preferente warmteopwekker is, wordt voor elke niet-preferente opwekker een niet-preferent aandeel bepaald volgens § 7.3.1.

Desgevallend wordt op analoge wijze ook het eindenergieverbruik voor bevochtiging bepaald.

Bij uitbreiding van een gebouw kunnen zich volgende gevallen voordoen:

- indien er nieuwe warmte- en/of koudeopwekkingstoestellen geplaatst worden die onafhankelijk van de bestaande toestellen werken, wordt onderstaande procedure onverminderd toegepast;
- indien er nieuwe warmte- en/of koudeopwekkingstoestellen geplaatst worden die in combinatie met de bestaande toestellen werken, dan dient onderstaande procedure toegepast te worden waarbij de bestaande toestellen buiten beschouwing blijven;
- indien er geen bijkomende toestellen geplaatst worden, maar enkel gebruik gemaakt wordt van bestaande toestellen, dan mag naar keuze:
  - ofwel onderstaande procedure toegepast worden op de bestaande toestellen indien alle benodigde informatie eenduidig beschikbaar is,
  - ofwel gerekend worden met volgende waarden bij ontstentenis:
    - $\eta_{gen,heat}$ = 0,77 (t.o.v. de bovenste verbrandingswaarde), met gasolie als energiedrager,
    - $\eta_{gen,cool}$ = 2,2, met elektriciteit als energiedrager.

7.2 Maandelijks eindenergieverbruik voor ruimteverwarming en ruimtekoeling en voor bevochtiging

7.2.1 Ruimteverwarming en bevochtiging

Indien meerdere warmteopwekkingstoestellen een energiesector van warmte voorzien en deze toestellen niet allemaal hetzelfde opwekkingsrendement hebben volgens § 7.5 en/of niet allemaal van dezelfde energievector gebruik maken, dan wordt de bruto energiebehoefte voor verwarming op een conventionele manier verdeeld over de preferente en de niet-preferente warmteopwekkers zoals hieronder beschreven.

Dit formalisme wordt ook aangehouden indien er maar één warmteopwekkingstoestel is, of indien alle warmteopwekkingstoestellen volgens § 7.5 hetzelfde rendement hebben (en van dezelfde energievector gebruik maken). Deze (groep van) warmteopwekker(s) vormt dan de preferente warmteopwekker en staat in voor 100% van de behoefte. De (niet-gedefinieerde) niet-preferente warmteopwekker krijgt 0% van de behoefte toegewezen.

Nota: verschillende elektrische weerstandsverwarmingstoestellen worden dus gezamenlijk als één afzonderlijke warmteopwekker beschouwd. Ook een groep van identieke ketels wordt gezamenlijk als één warmteopwekker behandeld.

Voor bevochtigingsinstallaties geldt een analoge werkwijze.

Het eindenergieverbruik voor ruimteverwarming wordt per maand en per energiesector gegeven door:

Eq. 77
$$Q_{heat,final,seci,m,pref} = \frac{f_{heat,m,pref} \cdot \left(1 - f_{as,heat,seci,m}\right) \cdot Q_{heat,gross,seci,m}}{\eta_{gen,heat,pref}} \quad (MJ)$$

Eq. 305
$$Q_{heat,final,seci,m,npref} = \sum_{k} \frac{f_{heat,m,npref\ k} \cdot \left(1 - f_{as,heat,seci,m}\right) \cdot Q_{heat,gross,seci,m}}{\eta_{gen,heat,npref\ k}} \quad (MJ)$$

Het eindenergieverbruik voor bevochtiging wordt per bevochtigingstoestel gegeven door:

Eq. 79
$$Q_{hum,final,j,m,pref} = \frac{f_{heat,m,pref} \cdot \left(1 - f_{as,hum,j,m}\right) \cdot Q_{hum,net,j,m}}{\eta_{gen,heat,pref}} \quad (MJ)$$

Eq. 306
$$Q_{hum,final,j,m,npref} = \sum_{k} \frac{f_{heat,m,npref\ k} \cdot \left(1 - f_{as,hum,j,m}\right) \cdot Q_{hum,net,j,m}}{\eta_{gen,heat,npref\ k}} \quad (MJ)$$

waarin:

$Q_{heat,final,seci,m,pref}$	het maandelijks eindenergieverbruik van de preferente warmteopwekker(s) voor ruimteverwarming van energiesector i, in MJ;
$f_{heat,m,pref}$	de maandelijkse fractie van de totale warmtelevering die door de preferent geschakelde warmteopwekker(s) wordt geleverd, zoals bepaald in § 7.3.1, (-);
$f_{as,m}$	het aandeel van de totale warmtebehoefte dat door een thermisch zonne-energiesysteem gedekt wordt, bepaald zoals hieronder beschreven. Met indices "heat,sec i" en "hum,j" voor de warmtelevering aan respectievelijk energiesector i en bevochtigingstoestel j, (-);
$Q_{heat,gross,seci,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, bepaald volgens § 6.2, in MJ;
$\eta_{gen,heat,pref}$	het opwekkingsrendement van de preferente warmteopwekker(s), bepaald volgens § 7.5.1, (-);
$Q_{heat,final,seci,m,npref}$	het maandelijks eindenergieverbruik van de niet-preferente warmteopwekker(s) voor ruimteverwarming van energiesector i, in MJ;
$\eta_{gen,heat,npref\ k}$	het opwekkingsrendement van de niet-preferente warmte-opwekker(s), bepaald volgens § 7.5.1, (-);
$f_{heat,m,npref\ k}$	de maandelijkse fractie van de totale warmtelevering die door de niet-preferente warmteopwekker(s) k wordt geleverd, zoals bepaald in § 7.3.1, (-);

$Q_{hum,final,j,m,pref}$	het maandelijks eindenergieverbruik van de preferente warmteopwekker(s) ten behoeve van bevochtigingstoestel j, in MJ;
$Q_{hum,net,j,m}$	de maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging van een bevochtigingstoestel j, bepaald volgens § 5.11, in MJ;
$Q_{hum,final,j,m,npref}$	het maandelijks eindenergieverbruik van de niet-preferente warmteopwekker(s) ten behoeve van bevochtigingstoestel j, in MJ.

Er moet gesommeerd worden over alle niet-preferente warmte-opwekkers k.

Enkel kwalitatieve zonne-energiesystemen worden beschouwd in de berekening van de maandelijkse nuttige energiebijdrage van een thermisch zonne-energiesysteem. De minister kan nadere regels bepalen om de kwaliteit van het thermisch zonne-energiesysteem te bepalen. De minister kan de voorwaarden bepalen waaraan een thermisch zonne-energiesysteem moet voldoen om beschouwd te worden als een kwalitatief thermisch zonne-energiesysteem.

De maandelijkse nuttige energiebijdrage (zonnefractie) van een actief thermisch zonne-energiesysteem dient bepaald te worden volgens de eenvoudige benadering in § 10.4.1.1 van bijlage A.1. De hulpenergie (bv. voor een circulatiepomp) dient daarbij vermenigvuldigd te worden met de omrekenfactor naar primaire energie voor elektriciteit en in mindering gebracht te worden bij de bepaling van de maandelijkse nuttige energiebijdrage. Indien er geen thermisch zonne-energiesysteem is dat bijdraagt tot de warmtelevering van een energiesector i resp. een bevochtigingstoestel j, bedraagt de waarde van $f_{as,heat,sec\ i,m}$ resp. $f_{as,hum,j,m}$ 0.

7.2.2 Ruimtekoeling

Een koudeleverancier kan in free-chilling mode werken.

Free-chilling is een vorm van koeling waarbij het koelwater van een koelsysteem gekoeld wordt zonder gebruik te maken van een koelmachine. Er wordt onderscheid gemaakt tussen 3 vormen van free-chilling:

- free-chilling door lucht: maakt gebruik van lucht als koudebron, het koelwater wordt gekoeld door middel van een koeltoren of een droge koeler;
- geo-cooling / gesloten systemen: gebruiken de bodem als koudebron, het koelwater wordt gekoeld door gebruik te maken van één of meerdere ingegraven warmtewisselaars;
- geo-cooling / open systemen: gebruiken een grondwaterlaag als koudebron, het koelwater wordt gekoeld door gebruik te maken van grondwater dat opgepompt en teruggevoerd wordt.

De eerste twee vormen van free-chilling worden slechts beschouwd in combinatie met een koelmachine.

Indien meerdere koudeleveranciers een energiesector van koude voorzien en deze leveranciers niet allemaal hetzelfde opwekkingsrendement hebben volgens § 7.5.2 en/of niet allemaal van dezelfde energievector gebruik maken en/of ze verbonden zijn met een verschillende voorziening voor free-chilling, dan wordt de bruto energiebehoefte voor koeling op een conventionele manier verdeeld over de preferente en de niet-preferente koudeleveranciers zoals hieronder beschreven.

Dit formalisme wordt ook aangehouden indien er maar één koudeleverancier is, of indien alle koudeleveranciers volgens § 7.5 hetzelfde rendement hebben (en van dezelfde energievector gebruik maken en ze niet verbonden zijn met een verschillende voorziening voor free-chilling). Deze (groep van) koudeleverancier(s) vormt dan de preferente koudeleverancier en staat in voor 100% van de behoefte. De (niet-gedefinieerde) niet-preferente koudeleverancier krijgt 0% van de behoefte toegewezen.

Het eindenergieverbruik voor ruimtekoeling wordt per maand en per energiesector gegeven door:

Eq. 81 $$Q_{cool,final,sec\ i,m,pref} = f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \cdot \frac{Q_{cool,gross,sec\ i,m}}{\eta_{gen,cool,m,pref}} \quad (MJ)$$

Eq. 82 $$Q_{cool,final,sec\ i,m,npref} = \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \cdot \frac{Q_{cool,gross,sec\ i,m}}{\eta_{gen,cool,m,npref}} \quad (MJ)$$

waarin:

$Q_{cool,final,seci,m,pref}$	het maandelijks eindenergieverbruik van de preferente koudeleverancier(s) voor ruimtekoeling van energiesector i, in MJ;
$f_{cool,pref}$	de jaargemiddelde fractie van de totale koudelevering welke door de preferent geschakelde koudeleverancier(s) wordt geleverd, zoals bepaald in § 7.3.2, (-);
$f_{cool,m,free,pref}$	de maandgemiddelde fractie van de totaal opgewekte energie door de preferente koudeleverancier(s) in free-chilling mode, zoals bepaald in § 7.4, (-);
$f_{cool,m,free,npref}$	de maandgemiddelde fractie van de totaal opgewekte energie door de niet-preferente koudeleverancier(s) in free-chilling mode, zoals bepaald in § 7.4, (-);
$Q_{cool,gross,seci,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i, bepaald volgens § 6.2, in MJ;
$\eta_{gen,cool,m,pref}$	het maandelijkse opwekkingsrendement van de preferente koudeleveranciers, bepaald volgens § 7.5.2, (-);
$Q_{cool,final,seci,m,npref}$	het maandelijkse eindenergieverbruik van de niet-preferente koudeleverancier(s) voor ruimtekoeling van energiesector i, in MJ;
$\eta_{gen,cool,m,npref}$	het maandelijkse opwekkingsrendement van de niet-preferente koudeleveranciers, bepaald volgens § 7.5.2, (-).

7.3 Verdeling van de bruto energiebehoefte over preferente en niet-preferente opwekkers

7.3.1 Verwarming

Bepaal de maandelijkse fractie van de totale hoeveelheid warmte die door de preferent geschakelde warmteopwekker(s) wordt geleverd, als volgt:

- indien er voor de beschouwde energiesector maar één warmteopwekkingstoestel is, of alle warmteopwekkingstoestellen volgens § 7.5 hetzelfde opwekkingsrendement hebben (en van dezelfde energievector gebruik maken), dan geldt voor de maandelijkse preferente fractie voor verwarming: $f_{heat,m,pref} = 1$;

- zo niet:
  - indien het preferente toestel geen gebouwgebonden WKK-installatie of warmtepomp met buitenlucht als warmtebron is, ontleen dan de waarden voor $f_{heat,m,pref}$ aan Tabel [47]. Bij toepassing van Tabel [47] wordt voor tussenliggende waarden van x_m lineair geïnterpoleerd.;
  - indien het preferente toestel een gebouwgebonden WKK-installatie is, ontleen dan de waarden voor $f_{heat,m,pref}$ aan Tabel [18];
  - indien het preferente toestel een warmtepomp met buitenlucht als warmtebron is, ontleen dan de waarden voor $f_{heat,m,pref}$ aan Tabel [48]. Bij toepassing van Tabel [48] wordt voor tussenliggende waarden van x_m lineair geïnterpoleerd.

Bij toepassing van een gebouwgebonden WKK-installatie in combinatie met een of meerdere andere warmteopwekkingstoestellen geldt warmtekracht als preferent geschakeld warmteopwekkingstoestel. Indien het preferente toestel warmte levert aan meer dan één functioneel deel worden de waarden voor $f_{heat,m,pref}$ gehanteerd die gelden voor functies met een fluctuerend vraagprofiel, behalve indien de som van de gebruiksoppervlakte van de functionele delen met een vlak vraagprofiel waaraan het preferente toestel warmte levert groter is dan de helft van de som van de gebruiksoppervlakte van alle functionele delen waaraan het preferente toestel warmte levert, in welk geval de waarden voor $f_{heat,m,pref}$ gehanteerd worden die gelden voor functies met een vlak vraagprofiel. Zie verder in deze paragraaf voor de opdeling per functie in fluctuerende en vlakke vraagprofielen. Deze werkwijze geldt enkel binnen een EPN-eenheid. Indien het preferente toestel zowel EPN-eenheden als EPW-eenheden bedient, wordt $f_{heat,m,pref}$ voor de EPN-eenheden bepaald volgens dit hoofdstuk en voor de EPW-eenheden volgens § 10.2.2 van bijlage A.1.

De regeling van het preferente en de niet-preferente toestellen geldt als piekvermogenaanvulregeling indien de niet-preferente toestellen enkel aanvullend in werking treden tijdens periodes waarin de vermogensvraag groter is dan kan geleverd worden door het preferente toestel, en indien bovendien tijdens die periodes het preferent toestel op maximaal vermogen in werking blijft. In alle andere gevallen en dus ook bij ontstentenis, geldt de piekvermogenschakelregeling.

De waarden voor $f_{heat,m,pref}$ worden steeds uitgedrukt in functie van hulpvariabele x_m. Bepaal deze hulpvariabele x_m met:

Eq. 307

$$x_m = \frac{\begin{bmatrix} \sum_i (1-f_{as,heat,sec\,i,m}) \cdot Q_{heat,gross,sec\,i,m} + \sum_j (1-f_{as,water,bath\,j,m}) \cdot Q_{water,bath\,j,gross,m} + \\ \sum_k (1-f_{as,water,sink\,k,m}) \cdot Q_{water,sink\,k,gross,m} + \sum_l (1-f_{as,water,other\,l,m}) \cdot Q_{water,other\,l,gross,m} + \\ \sum_n (1-f_{as,hum,n,m}) \cdot Q_{hum,net,n,m} + \sum_o \frac{f_{cool,pref} \cdot Q_{cool,gross,seco,m}}{EER_{nom}} \end{bmatrix}}{(1000 \cdot P_{gen,heat,pref} \cdot t_m)} \quad (-)$$

waarin:

x_m de hulpvariabele voor het bepalen van de fractie van de warmtevraag gedekt door het preferente toestel: de warmtebehoefte gedeeld door de "virtuele" productie van het opwekkingstoestel op vol vermogen zonder onderbreking gedurende de betreffende maand, (-);

$f_{as,[\ldots],m}$ het aandeel van de totale warmtebehoefte dat door het thermisch zonne-energiesysteem gedekt wordt, bepaald volgens § 10.4 van bijlage A.1 (i.g.v. warmtebehoefte voor een EPW-eenheid) of volgens § 7.6 van deze bijlage (i.g.v. warmtebehoefte voor een EPN-eenheid). Met in plaats van […]: de indices "heat, sec i" voor de warmtebehoefte van energiesector i, "water,bath j", "water,sink k" en

	"water,other l" voor de warm tapwater bereiding van respectievelijk douche of bad j, keukenaanrecht k en ander tappunt l en "hum,n" voor de warmtebehoefte van bevochtigingstoestel n, (-);
$Q_{heat,gross,seci,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, bepaald volgens 9.2.1 van bijlage A.1 bij dit besluit voor EPW-eenheden en volgens § 6.2 van deze bijlage voor EPN-eenheden, in MJ;
$Q_{water,bath\ j,gross,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor het warm tapwater voor douche of bad j, bepaald volgens 9.3.1 van bijlage A.1 bij dit besluit voor EPW-eenheden en volgens § 6.5 van deze bijlage voor EPN-eenheden, in MJ;
$Q_{water,sin\ k,gross,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor het warm tapwater voor keukenaanrecht k, bepaald volgens 9.3.1 van bijlage A.1 bij dit besluit voor EPW-eenheden en volgens § 6.5 van deze bijlage voor EPN-eenheden, in MJ;
$Q_{water,other\ l,gross,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor het warm tapwater voor ander tappunt l voor warm water, bepaald volgens § 6.5, in MJ;
$Q_{hum,net,l,m}$	de maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging van bevochtigingstoestel l, bepaald volgens § 5.11, in MJ;
$f_{cool,pref}$	het aandeel van thermisch aangedreven koeling in de koudelevering aan de betrokken energiesector, bepaald volgens § 7.3.2, (-);
EER_{nom}	de prestatiecoëfficiënt (Energy Efficiency Ratio), bepaald volgens § 7.5.2, (-);
$Q_{cool,gross,sec\ o,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector o die door de thermisch aangedreven koelmachine bediend wordt, bepaald volgens § 6.2, in MJ;
$P_{gen,heat,pref}$	het totale nominale vermogen van de preferente warmteopwekker(s), in kW;
t_m	de lengte van de betreffende maand, in Ms, volgens Tabel [1].

Er moet gesommeerd worden over alle energiesectoren i die verwarmd worden m.b.v. de preferente opwekker(s), over alle douches en of baden j, de keukenaanrechten k en andere tappunten l waaraan de preferente opwekker(s) warmte voor bereiding van warm tapwater leveren, over alle bevochtigingstoestellen l waaraan de preferente opwekker(s) warmte leveren en over alle energiesectoren o die deel uitmaken van een EPN-eenheid en waaraan de door de preferente opwekker(s) gevoede thermisch aangedreven koelmachine koude levert.

NOTA 1 Het nominale vermogen bij ketels is het nominale vermogen zoals bedoeld in de Europese ketelrichtlijn.

NOTA 2 Het thermisch vermogen van warmtepompen wordt bepaald volgens NBN EN 14511, bij de testomstandigheden vastgelegd in § 10.2.3.3 van bijlage A.1 bij dit besluit.

NOTA 3 Het thermisch vermogen van een gebouwgebonden WKK-installatie wordt bepaald overeenkomstig de methode voor gastoestellen.

Tabel [47]: De maandelijkse fractie van de totale warmte die door de preferent geschakelde warmteopwekker(s), $f_{heat,m,pref}$, wordt geleverd – preferente opwekker is geen gebouwgebonden WKK of warmtepomp met buitenlucht als warmtebron

Type van vraagprofiel →	Functie met vlak vraagprofiel (zie onder)		Functie met fluctuerend vraagprofiel (zie onder)	
Type van piekvermogen regeling →	Piekvermogen-schakelregeling	Piekvermogen-aanvulregeling	Piekvermogen-schakelregeling	Piekvermogen-aanvulregeling
$x_m = 0$	1,00	1,00	1,00	1,00
$x_m = 0,05$	0,95	1,00	1,00	1,00
$x_m = 0,15$	0,66	0,90	0,86	0,98
$x_m = 0,25$	0,47	0,79	0,33	0,82
$x_m = 0,35$	0,31	0,67	0,09	0,64
$x_m = 0,45$	0,20	0,57	0,02	0,51
$x_m = 0,55$	0,13	0,51	0	0,41
$x_m = 0,65$	0,10	0,44	0	0,35
$x_m = 0,75$	0,07	0,39	0	0,31
$x_m = 0,85$	0,05	0,36	0	0,27
$x_m = 0,95$	0,05	0,33	0	0,24
$x_m = 1,05$	0,05	0,31	0	0,22
$x_m = 1,10$	0,05	0,30	0	0,20
$1,10 < x_m$	0,05	0,30	0	0,20

Functies met vlak vraagprofiel: kantoor, logeerfunctie, gezondheidszorg met verblijf, gezondheidszorg zonder verblijf, handel, sport sauna/zwembad, technische ruimten.

Functies met fluctuerend vraagprofiel: onderwijs, gezondheidszorg operatiezalen, bijeenkomst hoge bezetting, bijeenkomst lage bezetting, bijeenkomst cafetaria/refter, keuken, sport sporthal/sportzaal, sport fitness/dans, gemeenschappelijk, andere, onbekend.

Tabel [18]: De maandelijkse fractie van de totale warmte die door de preferent geschakelde warmteopwekker(s), $f_{heat,m,pref}$, wordt geleverd – preferente opwekker is gebouwgebonden WKK

Geval		Maandelijkse fractie
$V_{stor,cogen} < V_{stor,30\ min}$	$0 \leq x_m < 0,2$	0
	$0,2 \leq x_m < 0,6$	$1,25 \cdot x_m - 0,25$
	$0,6 \leq x_m < 0,92$	$0,5$
	$0,92 \leq x_m$	$\frac{0,77}{x_m + 0,62}$
$V_{stor,cogen} \geq V_{stor,30\ min}$	$0 \leq x_m < 0,05$	0
	$0,05 \leq x_m < 0,25$	$2,9 \cdot x_m - 0,145$
	$0,25 \leq x_m < 0,42$	$0,94 \cdot x_m + 0,345$
	$0,42 \leq x_m$	$\frac{0,77}{x_m + 0,62}$

De symbolen in de tabel zijn als volgt gedefinieerd:

$V_{stor,cogen}$ de waterinhoud van het buffervat, dat dient voor opslag van de warmte die geleverd wordt door de WKK-installatie, in m^3;

$V_{stor,30\ min}$ de minimale waterinhoud van een buffervat om 30 minuten productie van de gebouwgebonden WKK-installatie op vol vermogen op te slaan, in m^3, zoals bepaald in § A.6 van deze tekst.

Tabel [48]: De maandelijkse fractie van de totale warmte die door de preferent geschakelde warmteopwekker(s), $f_{heat,m,pref}$, wordt geleverd – preferente opwekker is warmtepomp met buitenlucht als warmtebron

Vraagprofiel van de functie	**Vlak vraagprofiel**											
Piekvermogen regeling	**Piekvermogenschakelregeling**						**Piekvermogenaanvulregeling**					
$f_{\theta,heat} \cdot COP_{test}$	<2,25	<2,50	<2,75	<3,00	<3,50	≥3,50	<2,25	<2,50	<2,75	<3,00	<3,50	≥3,50
$x_m = 0$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$x_m = 0,05$	0,82	0,87	0,90	0,94	0,94	0,94	0,83	0,89	0,93	0,97	0,99	0,99
$x_m = 0,15$	0,38	0,47	0,53	0,58	0,63	0,65	0,43	0,54	0,65	0,76	0,85	0,89
$x_m = 0,25$	0,25	0,30	0,35	0,42	0,46	0,47	0,33	0,42	0,50	0,61	0,73	0,78
$x_m = 0,35$	0,21	0,24	0,27	0,30	0,32	0,32	0,30	0,38	0,45	0,54	0,63	0,66
$x_m = 0,45$	0,17	0,19	0,21	0,22	0,22	0,23	0,26	0,33	0,39	0,47	0,54	0,57
$x_m = 0,55$	0,14	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,25	0,31	0,36	0,43	0,49	0,51
$x_m = 0,65$	0,11	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,20	0,29	0,34	0,38	0,43	0,45
$x_m = 0,75$	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,1	0,18	0,25	0,29	0,34	0,38	0,40
$x_m = 0,85$	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,17	0,22	0,26	0,30	0,35	0,37
$x_m = 0,95$	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,16	0,21	0,24	0,28	0,33	0,35
$x_m = 1,05$	0	0	0	0	0	0	0,15	0,19	0,22	0,26	0,30	0,32
$x_m = 1,15$	0	0	0	0	0	0	0,15	0,18	0,21	0,25	0,29	0,30
$x_m = 1,20$	0	0	0	0	0	0	0,15	0,16	0,19	0,22	0,27	0,30
$1,20 < x_m$	0	0	0	0	0	0	0,15	0,16	0,19	0,22	0,27	0,30
Vraagprofiel van de functie	**Fluctuerend vraagprofiel**											
Piekvermogen regeling	**Piekvermogenschakelregeling**						**Piekvermogenaanvulregeling**					
$f_{\theta,heat} \cdot COP_{test}$	<2,25	<2,50	<2,75	<3,00	<3,50	≥3,50	<2,25	<2,50	<2,75	<3,00	<3,50	≥3,50
$x_m = 0$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$x_m = 0,05$	0,76	0,87	0,95	0,97	0,99	0,99	0,76	0,87	0,95	0,98	1,00	1,00
$x_m = 0,15$	0,45	0,56	0,64	0,73	0,80	0,81	0,46	0,59	0,69	0,78	0,90	0,94
$x_m = 0,25$	0,31	0,36	0,39	0,41	0,41	0,42	0,40	0,51	0,59	0,68	0,77	0,80
$x_m = 0,35$	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,35	0,43	0,49	0,56	0,62	0,65
$x_m = 0,45$	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,30	0,37	0,42	0,48	0,53	0,54
$x_m = 0,55$	0	0	0	0	0	0	0,24	0,30	0,34	0,38	0,43	0,44
$x_m = 0,65$	0	0	0	0	0	0	0,18	0,23	0,26	0,30	0,35	0,37
$x_m = 0,75$	0	0	0	0	0	0	0,14	0,18	0,21	0,25	0,29	0,31
$x_m = 0,85$	0	0	0	0	0	0	0,11	0,15	0,18	0,22	0,26	0,27
$x_m = 0,95$	0	0	0	0	0	0	0,10	0,13	0,15	0,19	0,23	0,24
$x_m = 1,05$	0	0	0	0	0	0	0,09	0,12	0,14	0,17	0,20	0,22
$x_m = 1,10$	0	0	0	0	0	0	0,07	0,09	0,11	0,16	0,19	0,20
$1,10 < x_m$	0	0	0	0	0	0	0,07	0,09	0,11	0,16	0,19	0,20

De symbolen in de tabel zijn als volgt gedefinieerd:

COP_{test} de prestatiecoëfficiënt (coefficient of performance) van de warmtepomp, zoals bepaald in § 10.2.3.3 van bijlage A.1 bij dit besluit, (-);

$f_{\theta,heat}$ een correctiefactor voor het verschil tussen de ontwerpvertrektemperatuur naar het systeem van warmteafgifte (of desgevallend warmteopslag) en de uitlaattemperatuur van de condensor, zoals bepaald in § 10.2.3.3 van bijlage A.1 bij dit besluit, (-).

Indien er voor de beschouwde energiesector één niet-preferent warmteopwekkingstoestel is, of alle niet-preferente warmteopwekkingstoestellen volgens § 7.5 hetzelfde opwekkingsrendement hebben (en van dezelfde energievector gebruik maken), dan geldt voor de maandelijkse fractie voor verwarming voor de niet-preferente opwekker(s) k:

Eq. 308 $f_{heat,m,npref\ k} = 1 - f_{heat,m,pref}$ (-)

Indien er meerdere niet-preferente warmteopwekkingstoestellen zijn die verschillende opwekkingsrendementen hebben volgens § 7.5 (en/of van verschillende energievectoren gebruik maken), dan worden de maandelijkse fracties voor verwarming van alle niet-preferente opwekkers k bepaald volgens:

Eq. 309 $f_{heat,m,npref\,k} = (1 - f_{heat,m,pref}) \cdot \frac{P_{gen,heat,npref\,k}}{\sum_k P_{gen,heat,npref\,k}}$ (-)

waarin:

$f_{heat,m,npref\ k}$ de maandelijkse fractie van de totale warmtelevering die door de niet-preferente warmteopwekker(s) k wordt geleverd, (-);

$f_{heat,m,pref}$ f(heat,m,pref) de maandelijkse fractie van de totale warmtelevering die door de preferente warmteopwekker(s) wordt geleverd, (-);

$P_{gen,heat,npref\ k}$ het totale nominale vermogen van de niet-preferente warmteopwekker(s) k, in kW.

Er moet gesommeerd worden over alle niet-preferente warmteopwekkers k.

NOTA 1 Het nominale vermogen bij ketels is het nominale vermogen zoals bedoeld in de Europese ketelrichtlijn.

NOTA 2 Het thermisch vermogen van warmtepompen wordt bepaald volgens NBN EN 14511, bij de testomstandigheden vastgelegd in § 10.2.3.3 van bijlage A.1 bij dit besluit.

NOTA 3 Het thermisch vermogen van een gebouwgebonden WKK-installatie wordt bepaald overeenkomstig de methode voor gastoestellen.

7.3.2 Koeling

Indien er voor de beschouwde energiesector maar één koudeleverancier is, of alle koudeleveranciers volgens § 7.5 hetzelfde rendement hebben en van dezelfde energievector gebruik maken en ze niet verbonden zijn met een verschillende voorziening voor free-chilling, dan geldt voor de jaargemiddelde preferente fractie voor koeling: $f_{cool,pref} = 1,0$

Ontleen in alle andere gevallen de jaargemiddelde preferente fractie aan Tabel [19].

Bij toepassing van een thermisch aangedreven koelmachine in combinatie met één of meer andere koudeleveranciers geldt de thermisch aangedreven koelmachine als preferent geschakelde koudeleverancier.

Bij toepassing van een geo-cooling open systeem in combinatie met één of meer andere koudeleveranciers geldt het geo-cooling open systeem als preferent geschakelde koudeleverancier.

In alle andere gevallen geldt als preferent geschakelde koudeleverancier de leverancier met de hoogste rendement, bepaald volgens § 7.5.2.

Tabel [19]: De jaargemiddelde fractie van de totale koude geleverd door de preferent geschakelde koudeleverancier(s), $f_{cool,pref}$, als functie van de vermogensverhouding $\beta_{gen,cool}$

$\beta_{gen,cool}$	$f_{cool,pref}$
van 0,0 tot 0,1	0,1
van 0,1 tot 0,2	0,2
van 0,2 tot 0,3	0,5
van 0,3 tot 0,5	0,8
van 0,5 tot 1,0	1,0

Bepaal de verhouding tussen het nominale vermogen van de preferente koudeleverancier(s) en het nominale vermogen van alle koudeleveranciers, $\beta_{gen,cool}$, met:

Eq. 84 $$\beta_{gen,cool} = \frac{P_{gen,cool,pref}}{P_{gen,cool,pref} + P_{gen,cool,npref}} \quad (-)$$

waarin:

$\beta_{gen,cool}$ de verhouding van het nominale koelvermogen van de preferente koudeleverancier(s) tot het nominale koelvermogen van alle koudeleveranciers voor de energiesector, (-);

$P_{gen,cool,pref}$ het totale nominale koelvermogen van de preferente koudeleverancier(s), in kW;

$P_{gen,cool,npref}$ het totale nominale koelvermogen van de niet-preferente koudeleverancier(s), in kW.

Het te hanteren koelvermogen voor de bepaling van $\beta_{gen,cool}$ van de verschillende types koudeleveranciers is als volgt:

- compressiekoelmachines: het koelvermogen zoals gemeten volgens NBN EN 14511 bij standard rating conditions
- thermisch aangedreven koelmachines: het koelvermogen zoals gemeten volgens hetzij NBN-EN 12309-2, hetzij ARI Standard 560:2000.
- geo-cooling / open systeem:

Eq. 85 $P_{gen,cool,free} = 4187 \cdot \Delta T_{max} \cdot \varphi_{well}$ (kW)

met:

ϕ_{well} het debiet van de putboring zoals opgegeven in de milieuvergunning (het onttrokken debiet). Als er meerdere boringen zijn is dit de som van het debiet van alle putten, in m^3/s;

ΔT_{max} het temperatuurverschil tussen het onttrokken en het afgevoerde water, gelijk aan 6°C.

7.4 De maandgemiddelde fractie van de energie voorzien door free-chilling

De parameter $f_{cool,m,free}$ laat toe te valoriseren dat een gedeelte van de bruto energiebehoeften voor koeling gedekt wordt door een koudeleverancier die werkt in free-chilling mode.

Het eindenergieverbruik van koudeleveranciers die werken in free-chilling mode wordt in het algemeen op nul gesteld. Het werkelijke energieverbruik van koudeleveranciers die werken in free-chilling mode wordt opgenomen in het hulpenergieverbruik (§ 8).

Indien de koudeleverancier(s) niet in free-chilling mode werk(t)(en), dan geldt voor de maandgemiddelde fractie free-chilling: $f_{cool,m,free} = 0$

Een geo-cooling open systeem wordt beschouwd als een koudeleverancier die altijd werkt in free-chilling mode, hiervoor geldt: $f_{cool,m,free} = 1$

Een (watergekoelde) koelmachine kan werken in free-chilling mode, hierbij wordt het koelvermogen van de koeltoren (free-chilling door lucht) of de bodemwarmtewisselaar (geo-cooling / gesloten systeem) rechtstreeks benut zonder gebruik te maken van de koelmachine (by pass).

De maandgemiddelde fractie free-chilling wordt gegeven door:

Eq. 86 $f_{cool,m,free} = f_{cool,free,sizing} \cdot f_{cool,m,free,operation}$ (-)

met:

$f_{cool,free,sizing}$ de jaargemiddelde fractie van de totale koudebehoefte geleverd door de koudeleverancier(s) werkend in free-chilling mode, als er geen beperkingen op de werkingscondities worden opgelegd, zoals hieronder bepaald, (-);

$f_{cool,m,free,operation}$ de maandgemiddelde fractie van de totale koudebehoefte geleverd door koudeleverancier(s) die werken in free-chilling mode, rekening houdend met de beperkingen op de werkingscondities, zoals hieronder bepaald, (-).

Eq. 87 $$f_{cool,free,sizing} = \frac{P_{gen,cool,free}}{P_{gen,cool,nfree} + P_{gen,cool,free}}$$ (-)

met:

$P_{gen,cool,free}$ het totale nominale koelvermogen van de koudeleverancier(s) die ontworpen zijn om in free-chilling mode te werken, in kW;

$P_{gen,cool,nfree}$ het totale nominale koelvermogen van de koudeleverancier(s) die niet ontworpen zijn om in free-chilling mode te werken, in kW.

Het te hanteren koelvermogen voor de bepaling van $f_{cool,free,sizing}$ van de verschillende types koudeleveranciers is als volgt:

- compressiekoelmachines: het koelvermogen zoals gemeten volgens NBN EN 14511 bij standard rating conditions
- thermisch aangedreven koelmachines: het koelvermogen zoals gemeten volgens hetzij NBN EN 12309-2, hetzij ARI Standard 560:2000.

Ontleen de waarde voor $f_{cool,m,free,operation}$ aan Tabel [20].

Tabel [20]: Maandgemiddelde fractie $f_{cool,m,free,operation}$ van de totale koudebehoefte geleverd door koudeleverancier(s) die werken in free-chilling mode, rekening houdend met de beperkingen op de werkingscondities

Maand	$f_{cool,m,free,operation}$		
	Free-chilling door lucht		Geo-cooling / gesloten systeem
	θ_{ev} < 16°C	θ_{ev} ≥ 16°C	
Januari	0,966	1,000	0
Februari	0,909	0,969	0
Maart	0,763	0,876	0
April	0,404	0,834	0,25
Mei	0,134	0,482	0,50
Juni	0,027	0,339	0,75
Juli	0,014	0,229	0,85
Augustus	0,010	0,176	0,85
September	0,030	0,507	0,75
Oktober	0,218	0,772	0,40
November	0,730	0,886	0
December	0,878	0,970	0

Met:

θ_{ev} de werkingstemperatuur van de verdamper, zoals bepaald in § 7.5.2.3.3, in °C.

7.5 Opwekkingsrendementen voor verwarming en koeling

7.5.1 Opwekkingsrendement voor verwarming

Het opwekkingsrendement van een verwarmingstoestel $\eta_{gen,heat}$ wordt op dezelfde manier bepaald als in geval van residentiële eenheden: zie § 10.2.3 van bijlage A.1 bij dit besluit.

De waarde bij ontstentenis voor de ontwerpretourtemperatuur van bevochtigingstoestellen en luchtbehandelingskasten bedraagt 70°C.

Voor warmtepompen op watercircuit kan de minister de berekeningsmethode vastleggen.

Er is een bepalingsmethode voor het opwekkingsrendement voor systemen met variabel koelmiddeldebiet (VRF).

Opwekkingsrendement voor een multisplit-systeem met variabel koelmiddeldebiet (VRF)

Een multisplit-systeem met variabel koelmiddel debiet (VRF: Variable Refrigerant Flow) bestaat uit verschillende binnentoestellen die ofwel werken in verdampingsmode (koeling) of condensormode (verwarming) en een enkel buitentoestel. De binnentoestellen zijn verbonden met het buitentoestel door middel van een koelmiddelcircuit. Dit systeem laat toe warmteoverdracht te realiseren tussen de ruimten in het gebouw die dienen te worden gekoeld en deze die dienen te worden verwarmd.

Eq. 88 $$\eta_{gen,heat,seci,m} = \frac{SPF}{f_{rec,m,vrf}} \quad (-)$$

met:

SPF	de gemiddelde seizoensprestatiefactor, bepaald volgens § 10.2.3.3 van bijlage A.1 bij dit besluit, (-);
$f_{rec,m,vrf}$	de maandelijkse recuperatiefactor voor warmte zoals hieronder bepaald, (-).

Eq. 89 $$f_{rec,m,vrf} = 0,85 \cdot \left[\left(\frac{Q_{heat,gross,seci,m}}{Q_{heat,gross,seci,m} + Q_{cool,gross,seci,m}} \right)^{1,2} + \left(\frac{Q_{cool,gross,seci,m}}{Q_{heat,gross,seci,m} + Q_{cool,gross,seci,m}} \right)^{1,2} \right] \quad (-)$$

met:

$Q_{cool,gross,seci,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i, bepaald volgens § 6.2, in MJ;
$Q_{heat,gross,seci,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, bepaald volgens § 6.2, in MJ.

Het opwekkingsrendement voor een systeem "combilus" wordt bepaald volgens vooraf door de minister bepaalde regels.

7.5.2 Opwekkingsrendement voor koeling

Stel, indien er geen actieve koeling toegepast wordt, het opwekkingsrendement gelijk aan 5, met elektriciteit als energiedrager.

Indien er wel actieve koeling toegepast wordt, en dit gebeurt met behulp van compressiekoelmachines en/of thermisch aangedreven koelmachines dient het maandelijks opwekkingrendement voor koeling $\eta_{gen,cool,m}$ bepaald te worden volgens Tabel [21].

Voor warmtepompen op watercircuit kan de minister de berekeningsmethode vastleggen.

Voor andere types koelmachines dient $\eta_{gen,cool,m}$ bepaald te worden op basis van een gelijkwaardigheidsaanvraag.

Tabel [21]: Formules en parameterwaarden voor de bepaling van het opwekkingsrendement voor actieve koeling

N°	Fluïdum in de condensor	Fluïdum in de verdamper	Benaming koelmachine	$\eta_{gen,cool,m}$
1a	Lucht	Lucht	Luchtgekoelde klimaatregelaar, of luchtgekoeld multi-split systeem	$\frac{EER_{nom}}{f_{PL} \cdot f_{\theta,m}}$
1b			Multisplit-systeem met variabel koelmiddeldebiet(VRF)	$\frac{EER_{nom}}{f_{PL} \cdot f_{\theta,m} \cdot f_{rec,m,vrf}}$
2	Water / geglycoleerd water	Lucht	Watergekoelde klimaatregelaar, of watergekoeld multisplit systeem	$\frac{EER_{nom}}{f_{PL} \cdot f_{\theta,m}}$
3	Lucht	Water	Warmtepomp lucht/water ,of luchtgekoelde koelgroep voor koelwater met of zonder aparte condensor	$\frac{EER_{nom}}{f_{PL} \cdot f_{\theta,m}}$
4	Water / geglycoleerd water	Water	Warmtepomp (geglycoleerd)water/water , of watergekoelde koelgroep voor koelwater met of zonder aparte condensor	$\frac{EER_{nom}}{f_{PL} \cdot f_{\theta,m}}$
5	Lucht / Water	Water	Thermisch aangedreven koelmachine	$EER_{nom} \cdot \left(\frac{f_{heat,m,pref}}{\eta_{gen,heat,pref}} + \frac{1 - f_{heat,m,pref}}{\eta_{gen,heat,npref}} \right)^{-1}$

waarin:

EER_{nom} de prestatiecoëfficiënt (Energy Efficiency Ratio), bepaald volgens § 7.5.2.1, (-);

f_{PL} de deellastfactor die rekening houdt met het gedrag van een koelmachine bij deellast bepaald volgens § 7.5.2.2, (-);

$f_{\theta,m}$ de maandelijkse temperatuurfactor die rekening houdt met de prestatiewijziging van de machine door een afwijkende temperatuur van het fluïdum bij het verlaten van de verdamper (ontwerpkeuze) en van de ingangstemperatuur van de condensor ten opzichte van de testcondities gespecificeerd volgens NBN EN 14511, onder standard rating conditions, bepaald volgens § 7.5.2.3, (-);

$f_{rec,m,vrf}$ de maandelijkse recuperatiefactor voor koeling, bepaald volgens § 7.5.1, (-);

$f_{heat,m,pref}$ de maandelijkse fractie van de totale warmtelevering die door de preferent geschakelde warmteopwekker(s) wordt geleverd

- voor direct gestookte thermisch aangedreven koelmachines gelijk aan 1;

- voor indirect gestookte thermisch aangedreven koelmachines bepaald volgens § 7.5.1, (-);

$\eta_{gen,heat,pref}$	het opwekkingsrendement van de preferente warmteopwekker - voor direct gestookte thermisch aangedreven koelmachines gelijk aan 1; - voor indirect gestookte thermisch aangedreven koelmachines bepaald volgens § 7.5.1, (-);
$\eta_{gen,heat,npref}$	het opwekkingsrendement van de niet-preferente warmteopwekker - voor direct gestookte thermisch aangedreven koelmachines gelijk aan 1; - voor indirect gestookte thermisch aangedreven koelmachines bepaald volgens § 7.5.1 (-).

7.5.2.1 De prestatiecoëfficiënt EER_{nom}

Waarde bij ontstentenis

Ontleen de waarde bij ontstentenis aan Tabel [22].

Tabel [22]: Waarden bij ontstentenis voor de bepaling van het opwekkingsrendement voor actieve koeling

N°	Fluïdum in de condensor	Fluïdum in de verdamper	Benaming koelmachine	EER_{nom}	f_{PL}	$\theta_{co,nom}$	$\theta_{ev,nom}$
1a	Lucht	Lucht	Luchtgekoelde klimaatregelaar, of luchtgekoeld multi-split systeem	2,1	1,25	35	27
1b			Multisplit-systeem met variabel koelmiddeldebiet(VRF)				
2	Water / geglycoleerd water	Lucht	Watergekoelde klimaatregelaar, of watergekoeld multisplit systeem	3,05	1,25	30	27
3	Lucht	Water	Warmtepomp lucht/water ,of luchtgekoelde koelgroep voor koelwater met of zonder aparte condensor	2,1	1,25	35	7
4	Water / geglycoleerd water	Water	Warmtepomp (geglycoleerd)water/water, of watergekoelde koelgroep voor koelwater met of zonder aparte condensor	3,05	1,25	30	7
5	Lucht / Water	Water	Thermisch aangedreven koelmachine	0,7	-	-	-

Gedetailleerde methode

Voor compressiekoelmachines is EER_{nom} gelijk aan de EER_{test} volgens NBN EN 14511 te bepalen bij standard rating conditions, zoals vastgelegd in deel 2 van de norm.

Voor thermisch aangedreven koelmachines is EER_{nom} gelijk aan de EER_{test} volgens ARI Standard 560-2000 te bepalen bij standard rating conditions.

7.5.2.2 Deellastfactor f_{PL}

Waarde bij ontstentenis

Ontleen de waarde bij ontstentenis aan Tabel [22].

Gedetailleerde methode

De vergelijking voor de deellastfactor wordt gegeven door:

Eq. 90 $$f_{PL} = 2,64 - 1,19 \cdot \left(\frac{SEER}{EER_{nom}} \right)$$ **(-)**

met:

SEER de seizoenprestatiecoëfficiënt voor compressiekoelmachines bepaald volgens prEN14825, (-);

EER_{nom} de prestatiecoëfficiënt (Energy Efficiency Ratio), zoals bepaald in § 7.5.2.1.

7.5.2.3 Maandelijkse temperatuurfactor $f_{\theta,m}$

De maandelijkse temperatuurfactor wordt bepaald met:

Eq. 91 $$f_{\theta,m} = 1 + C_{\theta,1}.\Delta\theta_m + C_{\theta,2}.\Delta\theta_m^{\ 2}$$ **(-)**

met:

$C_{\theta,1}$ een factor ter bepaling van de maandelijkse temperatuurfactor, zoals bepaald in § 7.5.2.3.1, (-);

$C_{\theta,2}$ een factor ter bepaling van de maandelijkse temperatuurfactor, zoals bepaald in § 7.5.2.3.1, (-);

$\Delta\theta_m$ het verschil van de temperatuursverhoudingen tussen condensor en verdamper in het werkingspunt en het nominaal werkingspunt, zoals hieronder bepaald, , (-).

waar:

Eq. 92 $$\Delta\theta_m = \frac{(\theta_{co,m} + 273,15)}{(\theta_{ev} + 273,15)} - \frac{(\theta_{co,nom} + 273,15)}{(\theta_{ev,nom} + 273,15)}$$ **(-)**

met:

$\theta_{co,m}$ de maandelijkse werkingstemperatuur van de condensor, zoals bepaald in § 7.5.2.3.2, in °C;

θ_{ev} de werkingstemperatuur van de verdamper, zoals bepaald in § 7.5.2.3.3, in °C;

$\theta_{co,nom}$ de werkingstemperatuur van de condensor in nominaal werkingspunt, zoals bepaald in § 7.5.2.3.4, in °C;

$\theta_{ev,nom}$ de werkingstemperatuur van de verdamper in nominaal werkingspunt, zoals bepaald in § 7.5.2.3.4, in °C.

7.5.2.3.1 Constanten ter bepaling van de maandelijkse temperatuurfactor

Waarde bij ontstentenis

Ontleen de waarde bij ontstentenis aan Tabel [23].

Tabel [23]: Waarde bij ontstentenis voor de constanten ter bepaling van de maandelijkse temperatuurfactor

Koelmachinenummer volgens Tabel [21]	$C_{\theta,1}$	$C_{\theta,2}$
1a, 1b, 3	5,24	7,78
2, 4	8,81	30,9

Gedetailleerde methode

Ontleen de waarde aan

EPN methode 2017	95

Tabel [24].

Tabel [24]: Constanten ter bepaling van de maandelijkse temperatuurfactor

Koelmachinenummer volgens Tabel [21]	Type compressor	$C_{\theta,1}$	$C_{\theta,2}$
1a, 1b,3	Zuigercompressor	5,24	7,78
	Scrollcompressor	7,33	18,6
	Schroefcompressor	6,41	17,0
2, 4	Scrollcompressor	8,81	30,9
	Schroefcompressor	9,14	42,8
	Turbocompressor	9,98	40,1

7.5.2.3.2 Maandelijkse werkingstemperatuur van de condensor $\theta_{co,m}$

Waarde bij ontstentenis

Ontleen de waarde bij ontstentenis aan Tabel [25].

Gedetailleerde methode

- Ontleen voor direct luchtgekoelde machines de waarde voor $\theta_{co,m}$ aan Tabel [25].
- Voor watergekoelde machines die gebruik maken van een koeltoren is $\theta_{co,m}$ gelijk aan de ingaande koelwatertemperatuur in de condensor die bij ontwerp van de koelmachine werd bepaald;.
- Voor andere watergekoelde machines is $\theta_{co,m}$ gelijk aan de ingaande koelwatertemperatuur in de condensor die bij ontwerp van de koelmachine werd bepaald, te bepalen volgens regels bepaald door de minister of, bij gebrek daaraan op basis van een gelijkwaardigheidsaanvraag.

Tabel [25]: Maandelijkse werkingstemperatuur van de condensor $\theta_{co,m}$

Koelmachine-nummer volgens Tabel [21]	jan	feb	maa	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
1a, 1b, 3	4,1	5,1	8,3	11,3	15,5	18,2	19,7	20,5	16,4	12,5	7,3	4,4
2, 4 met koeltoren	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
2, 4 met geo cooling	9,2	9,9	10,3	10,9	11,7	12,3	12,5	12,7	12,0	11,2	10,4	9.9

7.5.2.3.3 Werkingstemperatuur van de verdamper θ_{ev}

Waarde bij ontstentenis

Ontleen de waarde bij ontstentenis aan

EPN methode 2017	97

Tabel [26].

Tabel [26]: Werkingstemperatuur van de verdamper θ_{ev}

Koelmachinenummer volgens Tabel [21]	Type afgiftesysteem	θ_{ev}
1a, 1b, 2	-	26
3, 4, 5	koelplafonds en/of koudebalken	16
	batterijen in luchtgroepen en ventiloconvectoren en andere	6

Indien de koelmachine naast koelplafonds en/of koudebalken gebruik maakt van een ander afgiftesysteem dient 6°C als werkingstemperatuur van de verdamper genomen te worden.

Gedetailleerde methode

De werkingstemperatuur van de verdamper θ_{ev} wordt bepaald door het ontwerp van het afgiftesysteem en is te bepalen volgens regels bepaald door de minister of, bij gebrek daaraan op basis van een gelijkwaardigheidsaanvraag.

7.5.2.3.4 Werkingstemperaturen van de condensor en verdamper in nominaal werkingspunt $\theta_{co,nom}$ en $\theta_{ev,nom}$

Waarden bij ontstentenis

Ontleen, indien voor de prestatiecoëfficiënt EER_{nom} van de compressiekoelmachine een waarde bij ontstentenis genomen wordt, de waarden bij ontstentenis voor $\theta_{co,nom}$ en $\theta_{ev,nom}$ aan Tabel [22].

Gedetailleerde methode

Indien voor de prestatiecoëfficiënt EER_{nom} van de compressiekoelmachine geen waarde bij ontstentenis genomen wordt, neem de werkingstemperaturen van de condensor en verdamper in nominaal werkingspunt $\theta_{co,nom}$ en $\theta_{ev,nom}$ waarbij EER_{test} bepaald werd, volgens NBN EN 14511, bij standard rating conditions, zoals vastgelegd in deel 2 van de norm.

Nota:

- Voor luchtgekoelde machines (koelmachinenummers 1a,1b en 3)is $\theta_{co,nom}$ de drogeboltemperatuur aan de ingang van de condensor.
- Voor watergekoelde machines (koelmachinenummers 2 en 4)is $\theta_{co,nom}$ de temperatuur aan de ingang van de condensor.
- Voor machines die warmte afgeven aan lucht (koelmachinenummers 1a, 1b en 2) is $\theta_{ev,nom}$ de drogeboltemperatuur aan de ingang van de verdamper.
- Voor machines die warmte afgeven aan water (koelmachinenummers 3,4)is $\theta_{ev,nom}$ de temperatuur aan de uitgang van de verdamper.

7.6 Eindenergieverbruik voor warm tapwater

Voor douches en/of baden i (index "bath") en keukenaanrechten j (index "sink"), gebeurt de berekening van het eindenergieverbruik voor warm tapwater analoog aan de methode die wordt toegepast op EPW-eenheden. Hoofdstuk 10.3 van bijlage A.1 bij dit besluit moet worden toegepast.

Voor de andere tappunten k voor warm tapwater (index "other"), moet eveneens hoofdstuk 10.3 van bijlage A.1 bij dit besluit worden toegepast, waarbij de formules die van toepassing zijn voor keukenaanrechten moeten worden gebruikt (index "sink" van bijlage A.1 bij dit besluit).

8 Maandelijks hulpenergieverbruik

In dit hoofdstuk wordt het maandelijkse hulpenergieverbruik bepaald. De omzetting naar primair energieverbruik gebeurt in § 10.5.

8.1 Elektriciteitsverbruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie

8.1.1 Principe

Het elektriciteitsverbruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie van lucht in de EPN-eenheid wordt bepaald als de som van drie termen:

- het verbruik van ventilatoren ten dienste van de hygiënische ventilatie;
- het verbruik van ventilatoren ten dienste van de aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag;
- het verbruik van ventilatoren ten dienste van de aanvullende mechanische ventilatie tijdens de nacht.

Elk van deze termen wordt bepaald als het product van het hieronder opgelegd aantal gebruiksuren en het effectieve vermogen waarin een weging voor de regeling opgenomen kan zijn.

Voor de hygiënische ventilatie wordt het effectieve vermogen bepaald aan de hand van het luchtdebiet $\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ als gebruikt in § 5.6.2.2, tenzij aan de hand van het werkelijk opgestelde vermogen van ventilatoren wordt aangetoond dat een lagere waarde voor het effectieve vermogen van toepassing is. Voor de aanvullende ventilatie is het nodig de werkelijke, ter plaatse gemeten debieten en vermogens als uitgangspunt te nemen.

Bereken het jaarlijks elektriciteitsverbruik van de ventilatoren volgens § 8.1.2. Indien de ventilatie volledig natuurlijk verloopt en er geen ventilatoren aanwezig zijn, is het verbruik vanzelfsprekend gelijk aan nul.

8.1.2 Elektriciteitsverbruik van de ventilatoren

Bepaal het maandelijks elektriciteitsverbruik van de ventilatoren in de EPN-eenheid, $W_{fans,m}$, met:

Eq. 93 $$W_{fans,m} = \sum_{f} W_{fans,fct\ f,m} \quad \text{(kWh)}$$

met:

$W_{fans,fct\ f,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van alle ventilatoren ten dienste van functioneel deel f, in kWh. De bepaling gebeurt hetzij aan de hand van forfaitaire waarden, § 8.1.3, hetzij aan de hand van de werkelijk geïnstalleerde elektromotorvermogens, § 8.1.4. In het geval van aanvullende mechanische ventilatie, kan de berekening enkel aanvaard worden als deze steunt op de werkelijk geïnstalleerde elektromotorvermogens, § 8.1.4.

Er dient gesommeerd te worden over alle functionele delen f van de EPN-eenheid.

Specifiek kenmerk voor het functioneel deel "onderwijs": het maandelijks elektriciteitsverbruik van alle ventilatoren, $W_{fans,fct\ f,m}$, wordt voor de maanden juli en augustus gelijk genomen aan nul.

8.1.3 Elektriciteitsverbruik voor ventilatoren per functioneel deel aan de hand van waarden bij ontstentenis

Bepaal in dit geval het maandelijks elektriciteitsverbruik voor ventilatoren in een functioneel deel f, $W_{fans,fct\ f,m}$, met:

Eq. 94 $$W_{fans,fct\ f,m} = P_{def,fct\ f} \cdot f_{fans,fct\ f,m} \cdot \frac{t_m}{3,6} \quad \text{(kWh)}$$

waarin:

$P_{def,fct\ f}$	het forfaitaire effectieve vermogen van de toevoer- en/of afvoerventilatoren zoals hieronder bepaald, in W;
$f_{fans,fct\ f,m}$	de tijdsfractie dat de ventilatoren tijdens de betreffende maand in bedrijf zijn, bepaald volgens § 8.1.5, (-);
t_m	de duur van de betreffende maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.

Het forfaitaire effectieve vermogen van de ventilatoren, $P_{def,fct\ f}$, wordt gegeven door:

Eq. 95 $$P_{def,fct\ f} = c_{sys} \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f} \quad \text{(kWh)}$$

waarin:

c_{sys}	een constante afhankelijk van het ventilatiesysteem in functioneel deel f zoals hieronder bepaald, in Wh/m³;
$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$	het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor hygiënische ventilatie in functioneel deel f bepaald volgens de principes uit § 5.6.2.2, in m³/h.

- Voor een systeem waarbij alleen de afvoer mechanisch is, geldt: C_{sys} = 0,33 Wh/m³.
- Voor een systeem waarbij de toevoer mechanisch is, eventueel in combinatie met mechanische afvoer, zonder voorkoeling van de ventilatielucht, geldt: C_{sys} = 0,55 Wh/m³.
- In alle andere gevallen geldt: C_{sys} = 0,85 Wh/m³.

8.1.4 Elektriciteitsverbruik voor ventilatoren per functioneel deel aan de hand van de werkelijk opgestelde vermogens

Bepaal in dit geval het maandelijks elektriciteitsverbruik voor ventilatoren in een functioneel deel f, $W_{fans,fct\ f,m}$, met:

Eq. 310
$$W_{fans,fct\ f,m} = W_{fans,hyg,fct\ f,m} + W_{fans,add\ m,day,cool,fct\ f,m} + W_{fans,add\ m,night,cool,fct\ f,m} \quad \text{(kWh)}$$

met:

Eq. 311 $$W_{fans,hyg,fct\ f,m} = \sum_j \left(\frac{0,8 \cdot f_{ctrl,j} \cdot f_{fan,mod} \cdot P_{instal,j}}{\dot{V}_{hyg,j}} \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f,j} \cdot f_{fans,hyg,fct\ f,m} \cdot \frac{t_m}{3,6} \right) \quad \text{(kWh)}$$

102	EPN methode 2017

Eq. 312 $$W_{fans,add\ m,day,cool,fct\ f,m} = \sum_j \left(\frac{0,8 \cdot \left(1 - f_{ctrl,j} \cdot f_{fan,mod}\right) \cdot P_{instal,j} \cdot \dot{V}_{add\ m,fct\ f,j}}{\dot{V}_{add\ m,j}} \cdot f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m} \cdot \frac{t_m}{3,6} \right) \quad (kWh)$$

Eq. 313 $$W_{fans,add\ m,night,cool,fct\ f,m} = \sum_j \left(\frac{0,8 \cdot P_{instal,j} \cdot \dot{V}_{add\ m,fct\ f,j}}{\dot{V}_{add\ m,j}} \cdot f_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m} \cdot \frac{t_m}{3,6} \right) \quad (kWh)$$

waarin:

$W_{fans,hyg,fct\ f,m}$ het maandelijks electriciteitsverbruik van de ventilatoren ten dienste van de hygiënische ventilatie in functioneel deel f, in kWh;

$W_{fans,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ het maandelijks electriciteitsverbruik van de ventilatoren ten dienste van de aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag in functioneel deel f, in kWh;

$W_{fans,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ het maandelijks electriciteitsverbruik van de ventilatoren ten dienste van de aanvullende mechanische ventilatie tijdens de nacht in functioneel deel f, in kWh;

$f_{ctrl,j}$ een reductiefactor voor de regeling van ventilator j, ontleend aan Tabel [27], (-);

$f_{fan,mod}$ een reductiefactor voor de regeling van het geïnstalleerd vermogen tijdens de werking voor hygiënische ventilatie, zoals hieronder bepaald;

$P_{instal,j}$ de rekenwaarde voor het geïnstalleerd elektrisch vermogen van ventilator j zoals hieronder bepaald, in W;

$\dot{V}_{hyg,fct\ f,j}$ het deel van het ontwerpdebiet doorheen ventilator j voor de hygiënische ventilatie ten behoeve van functioneel deel f, in m^3/h;

$\dot{V}_{hyg,j}$ het totaal ontwerpdebiet doorheen ventilator j voor de hygiënische ventilatie, in m^3/h;

$f_{fans,hyg,fct\ f,m}$ de tijdsfractie dat de ventilatoren tijdens de betreffende maand in bedrijf zijn voor de hygiënische ventilatie, bepaald volgens § 8.1.5, (-);

t_m de duur van de betreffende maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms;

$\dot{V}_{add\ m,fct\ f,j}$ het deel van het ontwerpdebiet doorheen ventilator j voor de aanvullende mechanische ventilatie ten behoeve van functioneel deel f, bepaald op basis van meetrapporten in overeenstemming met regels bepaald door de minister. In afwezigheid van metingen is de waarde van dit debiet gelijk aan $\dot{V}_{hyg,fct\ f,j}$, in m^3/h;

$\dot{V}_{add\ m,j}$ het totale ontwerpdebiet doorheen ventilator j voor de aanvullende mechanische ventilatie, in m^3/h;

$f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag in bedrijf is in functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.3.2, (-);

$f_{V,add\ m,night,cool,fct\ f,m}$ de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de aanvullende mechanische ventilatie tijdens de nacht in bedrijf is in functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.4.1, (-) .

en waarin $f_{fand,mod}$ is gelijk aan:

- in geval van een toerenregeling:

$$f_{fan,mod} = \left(\frac{V_{hyg,fct\ f}}{V_{add\ m,fct\ f}} \right)^{2.5}$$

Eq. 314 (-)

- bij alle andere regelingen: $f_{fand,mod} = 1$.

Er dient gesommeerd te worden over alle ventilatoren j die functioneel deel f bedienen.

Tabel [27]: Reductiefactor $f_{ctrl,j}$ voor de regeling van ventilatoren

Systeemnummer volgens Tabel [16]	Soort regeling		
	Geen regeling of smoorregeling	Inlaatklep-verstelling of waaierschoep-verstelling	Toerenregeling
1, 2, 4, 5, 6, 8	1,00	0,75	0,65
3, 7	1,00	0,65	0,50

OPMERKING: een regeling voor de luchtvolumestroom mag alleen als zodanig worden beschouwd als, bij het in bedrijf zijn van de regeling, de door de regelgeving minimaal vereiste luchtvolumestroom voor luchtverversing tijdens de gewone bedrijfstijd is gewaarborgd.

Bepaal de rekenwaarde voor het geïnstalleerd elektrisch vermogen op 1 van de volgende twee manieren:

- het maximaal elektrisch vermogen van de elektromotor, desgevallend met inbegrip van alle voorschakelapparatuur, in W;
- het maximaal elektrisch vermogen van de elektromotor-ventilator combinatie, desgevallend met inbegrip van alle voorschakelapparatuur, in W.

Voor de definitie van het maximaal elektrisch vermogen wordt verwezen naar § 2 van bijlage A.1 bij dit besluit.

8.1.5 Tijdfractie dat de ventilatoren in bedrijf zijn

De tijdsfractie dat de ventilatoren tijdens een bepaalde maand in bedrijf zijn, $f_{fans,fct\ f,m}$, wordt bepaald als:

Eq. 97 $$f_{fans,fct\ f,m} = f_{vent,heat,fct\ f}$$ (-)

waarin:

$f_{vent,heat,fct\ f}$ fractie van de tijd gedurende dewelke de ventilatie in gebruik is, gebruik is, zoals beschouwd voor de verwarmingsberekeningen, ontleend uit ontleend uit

Tabel [7], (-).

8.2 Maandelijks energieverbruik voor distributie

8.2.1 Principe

In dit hoofdstuk wordt het maandelijks elektrisch hulpenergieverbruik voor distributie bepaald. De omzetting naar primair energieverbruik gebeurt in § 10.5.

8.2.2 Rekenregel voor hulpenergieverbruik voor distributie

8.2.2.1 Algemene rekenregel

Bepaal het maandelijks hulpenergieverbruik voor distributie als:

Eq. 315 $W_{aux,dis,\ m} = \sum_j P_{pump,dis,\ instal,j} \cdot \frac{t_{on,dis,j,m}}{3,6}$ (kWh)

waarin:

$W_{aux,dis,m}$ het maandelijks elektrisch hulpenergieverbruik voor distributie in de EPN-eenheid, in kWh;

$P_{pump,dis,instal,j}$ de waarde voor het geïnstalleerd vermogen van pomp j ten dienste van de beschouwde EPN-eenheid, zoals bepaald in § 8.2.3, in W;

$t_{on,dis,j,m}$ de maandelijkse aantijd van pomp j voor distributie, zoals bepaald in § 8.2.4, in Ms.

Er dient gesommeerd te worden over alle circulatiepompen j die de EPN-eenheid bedienen.

8.2.2.2 Uitzonderingen

Circulatiepompen in reservestelling zijn redundant voor het systeem. Hun hulpenergieverbruik dient aldus niet in rekening te worden gebracht.

8.2.3 Bepaling van het geïnstalleerd vermogen $P_{pump,dis,instal,j}$

$P_{pump,dis,instal,j}$ is het geïnstalleerd vermogen van de circulatiepomp j, in W, en wordt bepaald als:

- voor natlopende circulatiepompen: het gemiddeld opgemeten elektrische vermogen op 100% van het debiet, genaamd $P_{L,100\%}$, uit Verordening (EU) n° 641/2009;
- voor drooglopende circulatiepompen waarbij de elektromotor afgesplitst is van de rotor: het maximaal elektrisch vermogen dat de elektromotor kan opnemen bij continu bedrijf bepaald volgens de norm NBN EN 60034-1 voor "duty type S1".

Bij gebrek aan de productwaarden kunnen de volgende waarden bij ontstentenis gebruikt worden, in functie van het soort distributie.

- in geval van warmtedistributie:

Eq. 316 $P_{pumps,dis,instal,j} = MAX\left(70;\ 0,3 \cdot \sum_i A_{f,seci}\right)$ (W)

met:

$A_{f,sec\ i}$ de gebruiksoppervlakte van energiesctor i, in m².

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i die circulatiepomp j bedient.

- in geval van koudedistributie:

Eq. 317 $$P_{pumps,dis,instal,j} = MAX\left(70;\ 0,3 \cdot \sum_i A_{f,sec\,i}\right) \quad (W)$$

met:

$A_{f,sec\ i}$ de gebruiksoppervlakte van energiesctor i, in m².

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i die circulatiepomp j bedient.

- in geval van sanitair warm waterdistributie (circulatie-leiding):

Eq. 318 $$P_{pumps,dis,instal,j} = MAX\left(25;\ \frac{\Delta p_{pumps}}{\eta_{pumps}} \cdot f_{insul,cirk\ k} \cdot \frac{\sum_l \frac{l_{circ\ k,l} \cdot (60 - \theta_{amb,January,l})}{R_{l,l}}}{\rho_W \cdot c_W \cdot \Delta\theta}\right) \quad (W)$$

- in geval van de combinatie van sanitair warm waterdistributie en warmtedistributie (combilus):

Eq. 319 $$P_{pumps,dis,instal,j} = MAX\left(70;\ \frac{\Delta p_{pumps}}{\eta_{pumps}} \cdot f_{insul,cirk\ k} \cdot \frac{\sum_l \frac{l_{circ\ k,l} \cdot (60 - \theta_{amb,January,l})}{R_{l,l}}}{\rho_W \cdot c_W \cdot \Delta\theta}\right) \quad (W)$$

met:

Δp_{pump}	de minimale opvoerhoogte, in Pa, als hieronder bepaald;
η_{pump}	het rendement van de pomp. Dit wordt bij conventie gelijk genomen aan 0,2,(-);
$f_{insul,circ\ k}$	een correctiefactor om rekening te houden met de impact van koudebruggen op de warmteweerstand van de segmenten van circulatieleiding k, zoals bepaald in § 9.3.2 van bijlage A.1, (-);
$l_{circ\ k,l}$	de lengte van segment l van circulatieleiding k, in m;
$\theta_{amb,January,l}$	de maandgemiddelde omgevingstemperatuur van leidingsegment l voor de maand januari, in °C, zoals bepaald in § 9.3.2.2 van bijlage A.1;
$R_{l,l}$	de lineaire warmteweerstand van leidingsegment l, in m.K/W, bepaald volgens § E.3 van bijlage A.1;
ρ_W	de densiteit van water, in kg/m³. Dit wordt bij conventie gelijk genomen aan 998 kg/m³;
c_W	de specifieke warmtecapaciteit van water, in J/(kg.K). Dit wordt bij conventie gelijk genomen aan 4182 J/(kg.K);
$\Delta\theta$	het temperatuursverschil tussen vertrek en retour, in K. Dit wordt bij conventie gelijk genomen aan 5 K.

Er dient gesommeerd te worden over alle segmenten l van circulatieleiding k die bediend worden door circulatiepomp j.

De minimale opvoerhoogte wordt gegeven door:

Eq. 320 $\Delta p_{pump} = \sum_l l_{circ\ k,l} \cdot 300$ (Pa)

met:

$l_{circ\ k,l}$ de lengte van segment l van circulatieleiding k, in m.

Er dient gesommeerd te worden over alle segmenten l van circulatieleiding k die bediend worden door circulatiepomp j.

Indien een pomp meerdere EPW- en/of EPN-eenheden bedient, dan dient het vermogen van de pomp ($P_{pumps,dis,instal,j}$) proportioneel verdeeld te worden over deze EPW- en/of EPN-eenheden op basis van de totale bruto energiebehoefte van de respectievelijke eenheden. In geval van warmtedistributie dient de bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming te worden gebruikt. In het geval van koudedistributie dient de bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling te worden gebruikt. In het geval van sanitair warm waterdistributie (circulatieleiding) of voor een combilus dient de bruto energiebehoefte voor warm tapwater te worden gebruikt.

8.2.4 Bepaling van de aantijd $t_{on,dis,j,m}$

De maandelijkse aantijd van circulatiepomp j, $t_{on,dis,j,m}$, in Ms, wordt bepaald in functie van het soort distributie, als volgt.

- Voor pompen voor sanitair warm waterdistributie (circulatieleiding) geldt:

Eq. 321 $t_{on,dis,j,m} = t_m$ (Ms)

- Voor pompen voor warmtedistributie geldt:

Eq. 322 $t_{on,dis,j,m} = \max(t_{on,dis,heat,j,m,seci})$ (Ms)

- Voor pompen voor koudedistributie geldt:

Eq. 323 $t_{on,dis,j,m} = \max(t_{on,dis,cool,j,m,seci})$ (Ms)

met:

t_m de duur van de betreffende maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms;

$t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$ de maandelijkse aantijd van circulatiepomp j voor warmtedistributie in energiesector i, zoals hieronder bepaald, in Ms;

$t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i}$ de maandelijkse aantijd van circulatiepomp j voor koudedistributie in energiesector i, zoals hieronder bepaald, in Ms.

Het maximum moet bepaald worden over alle energiesectoren i (in de beschouwde EPN-eenheid of in andere EPW- of EPN-eenheden) die door circulatiepomp j worden bediend.

Bepaal de maandelijkse aantijd van circulatiepomp j voor warmtedistributie in energiesector i, $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$, als volgt:

- voor een natlopende circulatiepomp met pompregeling (uitgezonderd aan/uit regeling) waarvan de EEI gekend is:

Eq. 324 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = MIN\left(t_{heat,sec\,i,\ m} \cdot \left(0,6+0,625 \cdot \frac{EEI}{0,23}\right);\ t_m \cdot \frac{1}{2}\right)$ (Ms)

- voor een drooglopende circulatiepomp met pompregeling (uitgezonderd aan/uit regeling):

Eq. 325 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = MIN\left(t_{heat,sec\,i,\ m};\ t_m \cdot \frac{1}{2}\right)$ (Ms)

- voor een pomp met aan/uit regeling of een natlopende circulatiepomp met pompregeling waarvan de EEI niet gekend is:

Eq. 326 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = t_m \cdot \frac{1}{2}$ (Ms)

- in alle andere gevallen of regeling onbekend:

Eq. 327 $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = t_m$ (Ms)

met:

$t_{heat,sec\ i,m}$	de conventionele maandelijkse werkingstijd van het systeem van warmteafgifte van energiesector i, in Ms, bepaald volgens § D.1 van bijlage A.1 en rekening houdend met de conventies hieronder;
EEI	de energie-efficiëntie-index, uit Verordening (EU) n° 641/2009, (-);
t_m	de duur van de betreffende maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.

Uitzonderingen:

- In energiesectoren die enkel functionele delen met de functie "onderwijs" of "technische ruimten" bevatten, wordt $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$ voor de maanden juli en augustus gelijk genomen aan 0.
- In energiesectoren die enkel een functioneel deel met de functie " "technische ruimten" bevatten, wordt $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$ voor het hele jaar gelijk genomen aan 0.

Bij de bepaling van $t_{heat,sec\ i,\ m}$ gelden voor EPN-eenheden volgende bijkomende conventies:

Eq. 375 $H_{T,sec\ i,m} = \sum_f H_{T,heat,fct\ f}$ (W/K)

Eq. 376 $V_{sec\,i} = 3,3 \cdot A_{f,sec\,i}$ (m^3)

met:

$H_{T,heat,fct\ f}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, bepaald volgens § 5.5, in W/K;

$A_{f,sec\ i}$ de gebruiksoppervlakte van energiesector i, in m².

Bepaal de maandelijkse aantijd van circulatiepomp j voor koudedistributie in energiesector i, $t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i}$, als volgt:

- voor een natlopende circulatiepomp met pompregeling (uitgezonderd aan/uit regeling) waarvan de EEI gekend is:

Eq. 328 $$t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i} = MIN\left(t_{cool,sec\,i,\ m} \cdot \left(0,6+0,625 \cdot \frac{EEI}{0,23}\right);\ t_m \cdot \frac{1}{2}\right) \quad (Ms)$$

- voor een drooglopende circulatiepomp met pompregeling (uitgezonderd aan/uit regeling):

Eq. 329 $$t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i} = MIN\left(t_{cool,sec\,i,\ m};\ t_m \cdot \frac{1}{2}\right) \quad (Ms)$$

- voor een pomp met aan/uit regeling of een natlopende circulatiepomp met pompregeling waarvan de EEI niet gekend is:

Eq. 330 $$t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i} = t_m \cdot \frac{1}{2} \quad (Ms)$$

- in alle andere gevallen of regeling onbekend:

Eq. 331 $$t_{on,dis,cool,j,m,sec\ i} = t_m \quad (Ms)$$

met:

$t_{cool,sec\ i,m}$ de conventionele maandelijkse werkingstijd van het systeem van warmteafgifte van energiesector i, in Ms, zoals hieronder bepaald;

EEI de energie-efficiëntie-index, uit Verordening (EU) n° 641/2009, (-);

t_m de duur van de betreffende maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.

waarin:

Eq. 332 $$t_{cool,sec\,i,\ m} = \frac{\sum_j Q_{cool,gross,sec\ j,\ m}}{\sum_k P_{gen,cool,k} \cdot 1000} \quad (Ms)$$

met:

$Q_{cool,gross,sec\ j,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector j, zoals bepaald in § 6.2 voor EPN-eenheden, in MJ. Voor EPW-eenheden wordt deze bruto energiebehoefte bepaald door de netto energiebehoefte bepaald volgens § 8.5 van bijlage A.1 te delen door 0,9;

$P_{gen,cool,k}$ het nominale vermogen van de koudeleverancier k, in kW.

Er moet gesommeerd worden over alle koudeleveranciers k die energiesector i bedienen en over alle energiesectoren j die bediend worden door (minstens een van) de koudeleveranciers k van energiesector i.

Met betrekking tot de aantijd van de circulatiepompen is een combilus een leiding voor sanitair warm waterdistributie.

8.3 Extra elektriciteitsverbruik voor koelmachines

8.3.1 Principe

Bij watergekoelde koelmachines is er een extra elektriciteitsverbruik voor circulatiepomp(en) langs de condensorzijde. Ingeval de machine is aangesloten op een koeltoren is er een bijkomend elektriciteitsverbruik voor de pulverisatiepomp en de ventilator van de koeltoren. Ingeval thermisch aangedreven koelmachines is er een bijkomend elektriciteitsverbruik voor de circulatiepomp van de sorptievloeistof.

De rekenwaarde voor het extra elektriciteitsverbruik voor koelmachines wordt naar keuze bepaald volgens één van de volgende twee methoden:

- vereenvoudigde methode (§ 8.3.2);
- gedetailleerde methode (§ 8.3.3).

8.3.2 Vereenvoudigde methode

8.3.2.1 Rekenregel

Het maandelijks elektrisch hulpenergieverbruik voor koelmachines in de EPN-eenheid, $W_{aux,cool,m}$, moet bepaald worden als:

Eq. 333 $$W_{aux,cool,m} = W_{aux,pumps,fans,m} + W_{aux,int,m} + W_{electr,gen,m} \quad \text{(kWh)}$$

met:

$W_{aux,pumps,fans,m}$	het maandelijks elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp(en) en ventilator(en) aan de condensorzijde, bepaald volgens § 8.3.2.2, in kWh;
$W_{aux,int,m}$	het maandelijks elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp van de sorptievloeistof, bepaald volgens § 8.3.2.3, in kWh;
$W_{electr,gen,m}$	het maandelijks elektriciteitsverbruik van de elektronica, bepaald volgens § 8.3.2.4, in kWh.

8.3.2.2 Het elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp(en) en ventilatoren aan de condensorzijde

Het maandelijks elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp(en) en ventilator(en) aan de condensorzijde, $W_{aux,pumps,fans,m}$, moet bepaald worden als:

Eq. 100 $$W_{aux,pumps,fans,m} = \sum_i W_{aux,pumps,fans,sec\,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

Eq. 101

$$W_{aux,pumps,fans,seci,m} = \frac{0,08}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,sec,i,m} \cdot \left(\begin{array}{l} w_{pumps,fans,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,pref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,pref}} \right) \\ + w_{pumps,fans,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,npref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,npref}} \right) \end{array} \right) \quad \text{(kWh)}$$

met:

$W_{aux,pumps,fans,seci,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp(en) en entilator(en) aan de condensorzijde van koelmachines ten behoeve van energiesector i, in kWh;

$Q_{cool,gross,seci,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i, bepaald volgens § 6.2, in MJ;

$w_{pumps,fans,pref}$ een factor die inrekent of de preferente koelmachine is aangesloten op een koeltoren of een bodemwarmtewisselaar:

- zo ja: stel $w_{pumps,fans,pref} = 1$;
- zo nee: stel $w_{pumps,fans,pref} = 0$;

$w_{pumps,fans,npref}$ een factor die inrekent of de niet-preferente koelmachine is aangesloten op een koeltoren of een bodemwarmtewisselaar:

- zo ja: stel $w_{pumps,fans,npref} = 1$;
- zo nee: stel $w_{pumps,fans,npref} = 0$;

$f_{cool,pref}$ de jaargemiddelde fractie van de totale koudelevering welke door de preferent geschakelde koudeleverancier(s) wordt geleverd, bepaald volgens § 7.3.2, (-);

$f_{cool,m,free,pref}$ de maandgemiddelde fractie van de totaal opgewekte energie door de preferente koudeleverancier(s) in free-chilling mode, bepaald volgens § 7.4, (-);

$f_{cool,m,free,npref}$ de maandgemiddelde fractie van de totaal opgewekte energie door de niet-preferente koudeleverancier(s) in free-chilling mode, bepaald volgens § 7.4, (-);

$\eta_{gen,cool,m,pref}$ het maandelijks opwekkingsrendement van de preferente koelmachine, bepaald volgens § 7.5.2, (-);

$\eta_{gen,cool,m,npref}$ het maandelijks opwekkingsrendement van de niet-preferente koelmachine, bepaald volgens § 7.5.2, (-).

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i van de EPN-eenheid.

8.3.2.3 Het elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp van de sorptievloeistof

Het maandelijks elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp van de sorptievloeistof van de thermisch aangedreven koelmachines ten behoeve van energiesector i, $W_{aux,int,seci,m}$, moet bepaald worden als:

Eq. 102

$$W_{aux,int,m} = \sum_{i} W_{aux,int,sec\,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

Eq. 103

$$W_{aux,int,seci,m} = \frac{0,014}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,sec,i,m} \cdot \left(\begin{array}{l} w_{int,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \\ + w_{int,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \end{array} \right) \quad \text{(kWh)}$$

met:

$W_{aux,int,seci,m}$	het maandelijks elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp van de sorptievloeistof van de thermisch aangedreven koelmachines ten behoeve van energiesector i, in kWh;
$Q_{cool,gross,seci,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i, bepaald volgens § 6.2, in MJ;
$w_{int,pref}$	een factor die inrekent of de preferente koelmachine een thermisch aangedreven koelmachine is - zo ja: stel $w_{int,pref} = 1$; - zo nee: stel $w_{int,pref} = 0$;
$w_{int,npref}$	een factor die inrekent of de niet-preferente koelmachine een thermisch aangedreven koelmachine is - zo ja: stel $w_{int,npref} = 1$; - zo nee: stel $w_{int,npref} = 0$;
$f_{cool,pref}$	de jaargemiddelde fractie van de totale koudelevering welke door de preferent geschakelde koudeleverancier(s) wordt geleverd, bepaald volgens § 7.3.2, (-);
$f_{cool,m,free,pref}$	de maandgemiddelde fractie van de totaal opgewekte energie door de preferente koudeleverancier(s) in free-chilling mode, bepaald volgens § 7.4, (-);
$f_{cool,m,free,npref}$	de maandgemiddelde fractie van de totaal opgewekte energie door de niet-preferente koudeleverancier(s) in free-chilling mode, bepaald volgens § 7.4, (-).

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i van de EPN-eenheid.

8.3.2.4 Het elektriciteitsverbruik van de elektronica

Het maandelijks elektriciteitsverbruik van de elektronica, $W_{electr,gen,m}$, moet bepaald worden als:

Eq. 334 $$W_{electr,gen,m} = \sum_j P_{electr,gen,j} \cdot \frac{t_m}{3,6} \quad \text{(kWh)}$$

waarin:

$P_{electr,gen,j}$	het "stand-by" verliesvermogen door de elektronica voor de opwekking, in W. Per opwekkingstoestel j wordt het "stand-by" verliesvermogen gelijk genomen aan 10 W;
t_m	de duur van de betreffende maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.

Er dient telkens gesommeerd te worden over alle koudeopwekkers j die de EPN-eenheid bedienen.

Indien een opwekkingstoestel meerdere EPN- en/of EPW-eenheden bedient dan dient het stand-by verliesvermogen proportioneel verdeeld te worden over deze EPN- en/of EPW-eenheden op basis van de totale bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van de respectievelijke eenheden.

8.3.3 Gedetailleerde methode

8.3.3.1 Rekenregel

Het maandelijks elektrisch hulpenergieverbruik voor koelmachines in de EPN-eenheid, $W_{aux,cool,m}$, moet bepaald worden als:

Eq. 335 $$W_{aux,cool,m} = W_{aux,pumps,m} + W_{aux,ct,m} + W_{aux,int,m} + W_{electr,gen,m} \quad \text{(kWh)}$$

met:

$W_{aux,pumps,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp(en) aan de condensorzijde, bepaald volgens § 8.3.3.2, in kWh;

$W_{aux,ct,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van de koeltoren, bepaald volgens § 8.3.3.3, in kWh;

$W_{aux,int,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp van de sorptievloeistof, bepaald volgens § 0, in kWh;

$W_{electr,gen,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van de elektronica, bepaald volgens § 8.3.3.5, in kWh.

8.3.3.2 Het elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp(en) aan de condensorzijde

Het maandelijks elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp(en) aan de condensorzijde, $W_{aux,pumps,m}$, moet bepaald worden als:

Eq. 105 $$W_{aux,pumps,m} = \sum_{i} W_{aux,pumps,sec\,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

$$W_{aux,pumps,seci,m} = \frac{0,016}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,sec,i,m} \cdot$$

Eq. 106

$$\left(\begin{array}{l} w_{pumps,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,pref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,pref}} \right) \\ + w_{pumps,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,npref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,npref}} \right) \end{array} \right) \quad \text{(kWh)}$$

met:

$W_{aux,pumps,seci,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik voor energiesector i van de circulatiepomp(en) aan de condensorzijde, in kWh;

$Q_{cool,gross,seci,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i, bepaald volgens § 6.2, in MJ;

$f_{cool,pref}$ de jaargemiddelde fractie van de totale koudelevering welke door de preferent geschakelde koudeleverancier(s) wordt geleverd, bepaald volgens § 7.3.2, (-);

$f_{cool,m,free,pref}$ de maandgemiddelde fractie van de totaal opgewekte energie door de preferente koudeleverancier(s) in free-chilling mode, bepaald volgens § 7.4, (-);

$f_{cool,m,free,npref}$ de maandgemiddelde fractie van de totaal opgewekte energie door de niet-preferente koudeleverancier(s) in free-chilling mode, bepaald volgens § 7.4, (-);

$\eta_{gen,cool,m,pref}$ het maandelijks opwekkingsrendement van de preferente koelmachine, bepaald volgens § 7.5.2, (-);

$\eta_{gen,cool,m,npref}$ het maandelijks opwekkingsrendement van de niet-preferente koelmachine, bepaald volgens § 7.5.2, (-);

$w_{pumps,pref}$ een factor die inrekent of de preferente koelmachine is aangesloten op een koeltoren of een bodemwarmtewisselaar:
- als aangesloten op een koeltoren en gekoeld met water: stel $w_{pumps,pref} = 1$;
- als aangesloten op een bodemwarmtewisselaar (geo-cooling gesloten systeem) en gekoeld met water: stel $w_{pumps,pref} = 5$;
- in alle andere gevallen: stel $w_{pumps,pref} = 0$;

$w_{pumps,npref}$ een factor die inrekent of de niet-preferente koelmachine is aangesloten op een koeltoren of een bodemwarmtewisselaar:
- als aangesloten op een koeltoren en gekoeld met water: stel $w_{pumps,npref} = 1$;
- als aangesloten op een bodemwarmtewisselaar (geo-cooling gesloten systeem) en gekoeld met water: stel $w_{pumps,npref} = 5$;
- in alle andere gevallen: stel $w_{pumps,npref} = 0$.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i van de EPN-eenheid.

8.3.3.3 Het elektriciteitsverbruik van de koeltoren(s)

Het maandelijks elektriciteitsverbruik van de koeltoren, $W_{aux,ct,m}$, moet bepaald worden als:

Eq. 107 $$W_{aux,ct,m} = \sum_i W_{aux,ct,sec\,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

$$W_{aux,ct,seci,m} = \frac{Q_{cool,gross,sec,i,m}}{3,6}.$$

Eq. 108
$$\left(w_{ct,pref} \cdot f_{ct,m,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,pref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,pref}} \right) \right.$$
$$\left. + w_{ct,npref} \cdot f_{ct,m,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \cdot \left(\frac{\eta_{gen,cool,m,npref} + 1}{\eta_{gen,cool,m,npref}} \right) \right) \quad \text{(kWh)}$$

met:

$W_{aux,ct,seci,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van de koeltoren(s) ten behoeve van energiesector i, in kWh;

$Q_{cool,gross,seci,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i, bepaald volgens § 6.2, in MJ;

$f_{ct,m,pref}$ de maandelijkse correctiefactor voor koeltorens aangesloten op de preferente koelmachine, zoals hieronder bepaald;

$f_{ct,m,npref}$ de maandelijkse correctiefactor voor koeltorens aangesloten op de niet-preferente koelmachine, zoals hieronder bepaald;

$f_{cool,pref}$ de jaargemiddelde fractie van de totale koudelevering welke door de preferent geschakelde koudeleverancier(s) wordt geleverd, bepaald volgens § 7.3.2, (-);

$f_{cool,m,free,pref}$ de maandgemiddelde fractie van de totaal opgewekte energie door de preferente koudeleverancier(s) in free-chilling mode, bepaald volgens § 7.4, (-);

$f_{cool,m,free,npref}$ de maandgemiddelde fractie van de totaal opgewekte energie door de niet-preferente koudeleverancier(s) in free-chilling mode, bepaald volgens § 7.4, (-);

$\eta_{gen,cool,m,pref}$ het maandelijks opwekkingsrendement van de preferente koelmachine, bepaald volgens § 7.5.2, (-);

$\eta_{gen,cool,m,npref}$ het maandelijks opwekkingsrendement van de niet-preferente koelmachine, bepaald volgens § 7.5.2, (-);

$w_{ct,pref}$ een factor die inrekent of de preferente koelmachine is aangesloten op een koeltoren:

- als aangesloten op een koeltoren: stel $w_{ct,pref} = 1$;
- in alle andere gevallen: stel $w_{ct,pref} = 0$;

$w_{ct,npref}$ een factor die inrekent of de niet-preferente koelmachine is aangesloten op een koeltoren:

- als aangesloten op een koeltoren: stel $w_{ct,npref} = 1$;
- in alle andere gevallen: stel $w_{ct,npref} = 0$.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i van de EPN-eenheid. De maandelijkse correctiefactor voor koeltorens aangesloten op de koelmachine wordt bepaald met:

Eq. 109 $$f_{ct,m} = C_{ct,1} - C_{ct,2} \cdot \min\left(\theta_{co,m}, \theta_{co,MAX}\right) \quad (-)$$

met:

$C_{ct,1}$ $C_{ct,2}$ Factoren ter bepaling van de maandelijkse hulpenergie voor koeltorens, volgens Tabel [28], (-);

$\theta_{co,m}$ maandelijkse werkingstemperatuur van de condensor, bepaald volgens § 7.5.2.3.2, in C;

$\theta_{co,MAX}$ maximale werkingstemperatuur van de condensor, volgens Tabel [28], in °C.

Tabel [28]: Constanten gebruikt voor de berekening van het energieverbruik van een koeltoren

Type koeltoren	Type ventilator	$\theta_{co,MAX}$	$C_{ct,1}$	$C_{ct,2}$
Luchtkoeler (=dry-cooler)	Ventilator met constante snelheid	32	0,100	0,0027
	Ventilator met twee snelheden	32	0,083	0,0025
	Ventilator met variabele snelheid	32	0,078	0,0024
Natte koeltoren	Ventilator met constante snelheid	26	0,130	0,0041
	Ventilator met twee snelheden	26	0,130	0,0047
	Ventilator met variabele snelheid	26	0,130	0,0046

8.3.3.4 Het elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp van de sorptievloeistof

Het maandelijks elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp van de sorptievloeistof wordt als volgt bepaald:

Eq. 110 $$W_{aux,int,m} = \sum_i W_{aux,int,seci,m} \quad \text{(kWh)}$$

Eq. 111 $$W_{aux,int,seci,m} = \frac{0,46}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,seci,m} \cdot \left[w_{int,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,pref}\right) \cdot \left(\max\left(320, P_{gen,pref}\right)\right)^{-0,606} + w_{int,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot \left(1 - f_{cool,m,free,npref}\right) \cdot \left(\max\left(320, P_{gen,npref}\right)\right)^{-0,606} \right] \quad \text{(kWh)}$$

met:

$W_{aux,int,seci,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik voor energiesector i van de circulatiepomp van de sorptievloeistof, in kWh;

$P_{gen,pref}$ Het nominale vermogen van de preferente thmisch aangedreven koelmachine, bepaald volgens paragraaf "Rated Full Load Performance" van de norm ARI 560-2000, in kW;

$P_{gen,npref}$ Het nominale vermogen van de niet-preferente thermisch aangedreven koelmachine, bepaald volgens paragraaf "Rated Full Load Performance" van de norm ARI 560-2000, in kW;

$Q_{cool,gross,seci,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i, bepaald volgens § 6.2, in MJ;

$w_{int,pref}$ een factor die inrekent of de preferente koudeleverancier een thermisch aangedreven koelmachine is

- zo ja: stel $w_{int,pref} = 1$;
- zo nee: stel $w_{int,pref} = 0$;

$w_{int,npref}$ een factor die inrekent of de niet-preferente koudeleverancier een thermisch aangedreven koelmachine is

- zo ja: stel $w_{int,npref} = 1$;
- zo nee: stel $w_{int,npref} = 0$.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i van de EPN-eenheid.

8.3.3.5 Het elektriciteitsverbruik van de electronica

Het maandelijks elektriciteitsverbruik van de elektronica, $W_{electr,gen,m}$, moet bepaald worden als:

Eq. 336 $$W_{electr,gen,m} = \sum_j P_{electr,gen,j} \cdot \frac{t_m}{3,6} \quad \text{(kWh)}$$

waarin:

$P_{electr,gen,j}$ het "stand-by" verliesvermogen door de elektronica voor de opwekking, in W. Per opwekkingstoestel j wordt het "stand-by" verliesvermogen gelijk genomen aan 10 W;

t_m de duur van de betreffende maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.

Er dient telkens gesommeerd te worden over alle koudeopwekkers j die de EPN-eenheid bedienen.

Indien een opwekkingstoestel meerdere EPN- en/of EPW-eenheden bedient dan dient het stand-by verliesvermogen proportioneel verdeeld te worden over deze EPN- en/of EPW-eenheden op basis van de totale bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van de respectievelijke eenheden.

8.4 Extra elektriciteitsverbruik voor free-chilling

Een koudeleverancier die in free-chilling mode werkt verbruikt enkel energie voor pompen en/of koeltorens. Bepaal het elektriciteitsverbruik voor free-chilling met:

Eq. 112 $$W_{aux,free,m} = W_{aux,pumps,free,m} + W_{aux,ct,free,m} \quad \text{(kWh)}$$

met:

$W_{aux,pumps,free,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp(en) aan de condensorzijde van de koudeleverancier die in free-chilling mode werkt, in kWh;

$W_{aux,ct,free,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van de koeltoren die in free-chilling mode werkt, in kWh.

Bepaal het elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp(en) aan de condensorzijde met:

Eq. 113 $$W_{aux,pumps,free,m} = \sum_i W_{aux,pumps,free,sec\,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

Eq. 114
$$W_{aux,pumps,free,seci,m} = \frac{0,052}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,sec,i,m} \cdot \left(\begin{array}{l} w_{pumps,free,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot f_{cool,m,free,pref} \\ + w_{pumps,free,npref} \cdot \left(1 - f_{cool,pref}\right) \cdot f_{cool,m,free,npref} \end{array} \right) \quad \text{(kWh)}$$

met:

$W_{aux,pumps,free,seci,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van de circulatiepompen van energiesector i aan de condensorzijde van de koudeleverancier die in free-chilling mode werkt, in kWh;

$Q_{cool,gross,seci,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i, bepaald volgens § 6.2, in MJ;

$f_{cool,pref}$ de jaargemiddelde fractie van de totale koudelevering welke door de preferent geschakelde koudeleverancier(s) wordt geleverd, bepaald volgens § 7.3.2, (-);

$f_{cool,m,free,pref}$ de maandgemiddelde fractie van de totaal opgewekte energie door de preferente koudeleverancier(s) in free-chilling mode, bepaald volgens § 7.4, (-);

$f_{cool,m,free,npref}$ de maandgemiddelde fractie van de totaal opgewekte energie door de niet-preferente koudeleverancier(s) in free-chilling mode, bepaald volgens § 7.4, (-);

$w_{pumps,free,pref}$ een factor die inrekent of de preferente koudeleverancier in free-chilling mode werkt:

- zo ja:
  - als free-chilling door lucht, stel $w_{pumps,free,pref} = 1$;
  - als geo cooling/gesloten systeem of geo cooling/open systeem, stel $w_{pumps,free,pref} = 1,54$;

- zo nee: stel $w_{pumps,free,pref} = 0$;

$w_{pumps,free,npref}$ een factor die inrekent of de niet-preferente koudeleverancier in free-chilling mode werkt:
- zo ja:
  - als free-chilling door lucht, stel $w_{pumps,free,npref} = 1$;
  - als geo cooling/gesloten systeem of geo cooling/open systeem, stel $w_{pumps,free,npref} = 1,54$;
- zo nee: stel $w_{pumps,free,npref} = 0$.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i van de EPN-eenheid.

Bepaal het elektriciteitsverbruik van de koeltoren met:

Eq. 115 $$W_{aux,ct,free,m} = \sum_i W_{aux,ct,free,sec\,i,m} \quad \text{(kWh)}$$

Eq. 116
$$W_{aux,ct,free,seci,m} = \frac{(0,10 + 0,003 \cdot \theta_{ev})}{3,6} \cdot Q_{cool,gross,sec,i,m} \cdot \left(\begin{array}{l} w_{ct,pref} \cdot f_{cool,pref} \cdot f_{cool,m,free,pref} \\ + w_{ct,npref} \cdot (1 - f_{cool,pref}) \cdot f_{cool,m,free,npref} \end{array} \right) \quad \text{(kWh)}$$

met:

$W_{aux,ct,free,seci,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van de koeltoren van energiesector i die in free-chilling mode werkt, in kWh;

$Q_{cool,gross,seci,m}$ de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i, bepaald volgens § 6.2, in MJ;

θ_{ev} de werkingstemperatuur van de verdamper, bepaald volgens § 7.5.2.3.3, in °C;

$f_{cool,pref}$ de jaargemiddelde fractie van de totale koudelevering welke door de preferent geschakelde koudeleverancier(s) wordt geleverd, bepaald volgens § 7.3.2, (-);

$f_{cool,m,free,pref}$ de maandgemiddelde fractie van de totaal opgewekte energie door de preferente koudeleverancier(s) in free-chilling mode, bepaald volgens § 7.4, (-);

$f_{cool,m,free,npref}$ de maandgemiddelde fractie van de totaal opgewekte energie door de niet-preferente koudeleverancier(s) in free-chilling mode, bepaald volgens § 7.4, (-);

$w_{ct,pref}$ een factor die inrekent of de preferente koelmachine is aangesloten op een koeltoren:
- zo ja, stel $w_{ct,pref} = 1$;
- zo nee, stel $w_{ct,pref} = 0$;

$w_{ct,npref}$ een factor die inrekent of de niet-preferente koelmachine is aangesloten op een koeltoren:
- zo ja, stel $w_{ct,npref} = 1$;
- zo nee, stel $w_{ct,npref} = 0$.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i van de EPN-eenheid.

8.5 Elektrisch hulpenergieverbuik voor warmteopwekking

8.5.1 Principe

In dit hoofdstuk wordt het maandelijks elektrische hulpenergieverbruik van de hulpfuncties voor warmteopwekking bepaald. De omzetting naar primair energieverbruik gebeurt in § 10.5.

8.5.2 Rekenregel voor elektrisch hulpenergieverbruik voor warmteopwekking

8.5.2.1 Algemene rekenregel

Bepaal het maandelijks elektrisch hulpenergieverbruik voor opwekking in de EPN-eenheid, $W_{aux,gen,m}$, als:

Eq. 337 $W_{aux,gen,m}=W_{throttle/fans,\ gen,m}+W_{ct,gen,\ m}+W_{electr,gen,\ \ m}$ (kWh)

waarin:

$W_{throttle/fans,gen,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van de gaskleppen en/of ventilatoren voor de warmteopwekking van de beschouwde EPN-eenheid, bepaald volgens § 8.5.2.2, in kWh;

$W_{ct,gen,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van de koeltoren(s) gekoppeld aan de warmteopwekkers, bepaald volgens § 8.5.2.3, in kWh;

$W_{electr,gen,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik voor elektronica van de beschouwde EPN-eenheid, bepaald in § 8.5.2.4, in kWh.

8.5.2.2 Het elektriciteitsverbruik van gaskleppen en/of ventilatoren

8.5.2.2.1 Algemene rekenregel

$W_{throttle/fans,gen,m}$ wordt bepaald als:

Eq. 338 $W_{throttle/fans,gen,m}=\sum_j P_{throttle/fans,gen,spec}\cdot P_{throttle/fans,gen,j}\cdot\frac{t_{on,gen,j,m}}{3,6}$ (kWh)

waarin:

$P_{throttle/fans,gen,spec}$ het specifieke vermogen voor opwekking voor de opwekkers in het bezit van een ventilator en/of gasklep, wordt gelijk genomen aan 1 W/kW;

$P_{throttle/fans,gen,j}$ het nominale vermogen van opwekkingstoestel j, in kW;

$t_{on,gen,j,m}$ de maandelijkse aantijd van de gasklep en/of ventilator ten dienste van opwekkingstoestel j, zoals bepaald in § 8.5.2.2.2, in Ms.

Er dient telkens gesommeerd te worden over alle opwekkingstoestellen j die de EPN-eenheid bedienen en die gebruik maken van een gasklep en/of ventilator.

Indien een opwekkingstoestel meerdere EPW- en/of EPN-eenheden bedient dan dient in formule Eq. 338 het nominale vermogen van het opwekkingstoestel proportioneel verdeeld te worden over deze EPW- en/of EPN-eenheden op basis van de totale bruto energiebehoefte van de respectievelijke eenheden. Als het opwekkingstoestel enkel voor ruimteverwarming zorgt, dient de bruto energiebehoefte voor verwarming te worden gebruikt. Als het opwekkingstoestel enkel voor sanitair warm waterproductie zorgt, dient de bruto energiebehoefte voor sanitair warm water te worden gebruikt. Zorgt het opwekkingstoestel voor beiden, dan dient de som van de bruto energiebehoeften voor verwarming en voor warm tapwater te worden gebruikt.

Voor installaties voor sanitair warm water waarbij het rendement voor opwekking en opslag wordt berekend volgens § 10.3.3.4.1 van bijlage A.1 is het elektrisch hulpenergieverbruik voor opwekking reeds in rekening gebracht waardoor bij gevolg deze toestellen niet hoeven meegeteld te worden in Eq. 338.

8.5.2.2.2 Bepaling van de aantijd $t_{on,gen,j,m}$

$t_{on,gen,j,m}$ wordt bepaald als:

Eq. 339
$$t_{on,gen,j,m}=MIN\left(t_m;\frac{\left(\begin{array}{c}\sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m}+\sum_k Q_{water,bath\ k,gross,m}+\sum_k Q_{water,sink\ k,gross,m}\\ +\sum_k Q_{water,other\ k,gross,m}+\sum_l Q_{hum,net,l}+\sum_o\sum_n \frac{Q_{cool,gross,sec\ n,m}}{EER_{nom,o}}\end{array}\right)}{P_{throttle/fans,gen,j}\cdot 1000}\right) \quad (Ms)$$

waarin:

t_m	de duur van de betreffende maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms;
$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, bepaald volgens § 9.2.1 van bijlage A.1 voor EPW-eenheden en volgens § 6.2 van deze bijlage voor EPN-eenheden, in MJ, voor zover zij door opwekkingstoestel j wordt geleverd in overeenstemming met § 10.2.2 van bijlage A.1 (voor EPW-eenheden) of § 7.2.1 van deze bijlage (voor EPN-eenheden);
$Q_{water,bath\ k,gross,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor het warm tapwater voor douche of bad k, bepaald volgens § 9.3.1 van bijlage A.1 voor EPW-eenheden en volgens § 6.5 van deze bijlage voor EPN-eenheden, in MJ, voor zover zij door opwekkingstoestel j wordt geleverd in overeenstemming met § 10.3.2 van bijlage A.1 (voor EPW-eenheden) of § 7.6 van deze bijlage (voor EPN-eenheden);
$Q_{water,sink\ k,gross,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor het warm tapwater voor keukenaanrecht k, bepaald volgens § 9.3.1 van bijlage A.1 voor EPW-eenheden en volgens § 6.5 van deze bijlage voor EPN-eenheden, in MJ, voor zover zij door opwekkingstoestel j wordt geleverd in overeenstemming met § 10.3.2 van bijlage A.1 (voor EPW-eenheden) of § 7.6 van deze bijlage (voor EPN-eenheden);
$Q_{water,other\ k,gross,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor het warm tapwater voor ander tappunt k voor warm water, bepaald volgens § 6.5, in MJ, voor zover zij door opwekkingstoestel j wordt geleverd in overeenstemming met § 7.6;
$Q_{hum,net,l,m}$	de maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging van bevochtigingstoestel l, bepaald volgens § 5.10, in MJ, voor zover zij door opwekkingstoestel j wordt geleverd in overeenstemming § 7.2.1;
$Q_{cool,gross,sec\ n,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van de energiesector n die door de thermisch aangedreven koelmachine bediend wordt, bepaald volgens § 6.2, in MJ, voor zover zij door thermisch aangedreven koelmachine o wordt geleverd in overeenstemming § 7.2.2 en voor zover de warmte aan thermisch aangedreven koelmachine o door opwekkingstoestel j wordt geleverd in overeenstemming § 7.2.1;
$EER_{nom,o}$	de prestatiecoëfficiënt (Energy Efficiency Ratio) van thermisch aangedreven koelmachine o, bepaald zoals vastgelegd in § 7.5.2, (-);
$P_{throttle/fans,gen,j}$	het nominale vermogen van opwekkingstoestel j, in kW.

Er moet gesommeerd worden over:

- alle energiesectoren i (in de betreffende EPN-eenheid of in andere EPW- of EPN-eenheden) die door opwekkingstoestel j worden bediend;
- alle douches of baden k (in de betreffende EPN-eenheid of in andere EPW- of EPN-eenheden) die door opwekkingstoestel j worden bediend;
- alle keukenaanrechten k (in de betreffende EPN-eenheid of in andere EPW- of EPN-eenheden) die door opwekkingstoestel j worden bediend;
- alle andere tappunten k (in de betreffende EPN-eenheid of in andere EPN-eenheden) die door opwekkingstoestel j worden bediend;
- alle bevochtingingstoestellen l (in de betreffende EPN-eenheid of in andere EPN-eenheden) die door opwekkingstoestel j worden bediend;
- alle energiesectoren n (in de betreffende EPN-eenheid of in andere EPN-eenheden) die door thermisch aangedreven koelmachine o worden bediend en over alle thermisch aangedreven koelmachines o die door opwekkingstoestel j worden bediend.

8.5.2.3 Het elektriciteitsverbruik van de koeltoren(s) gekoppeld aan de warmteopwekkers

Het maandelijks elektriciteitsverbruik van de koeltoren(s) gekoppeld aan de warmteopwekkers, $W_{ct,gen,m}$, moet bepaald worden als:

Eq. 340 $$W_{ct,gen,m} = \sum_{i} W_{ct,gen,seci,m} \quad \text{(kWh)}$$

Eq. 341
$$W_{ct,\,gen,\,seci,m} = \frac{Q_{heat,gross,sec,i,m}}{3,6} \cdot \left(w_{ct,pref} \cdot f_{ct,m,pref} \cdot f_{heat,m,pref} \cdot \left(\frac{\eta_{gen,heat,m,pref} - 1}{\eta_{gen,heat,m,pref}} \right) + \sum_{k} w_{ct,npref\ k} \cdot f_{ct,m,npref\ k} \cdot f_{heat,m,npref\ k} \cdot \left(\frac{\eta_{gen,heat,m,npref\ k} - 1}{\eta_{gen,heat,m,npref\ k}} \right) \right) \quad \text{(kWh)}$$

met:

$W_{ct,gen,seci,m}$	het maandelijks elektriciteitsverbruik van de koeltoren(s) voor warmteopwekking ten behoeve van energiesector i, in kWh;
$Q_{heat,gross,seci,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, bepaald volgens § 6.2, in MJ;
$f_{ct,m,pref}$	de maandelijkse correctiefactor voor koeltorens aangesloten op de preferente warmteopwekker, zoals hieronder bepaald;
$f_{ct,m,npref\ k}$	de maandelijkse correctiefactor voor koeltorens aangesloten op de niet-preferente warmteopwekker k, zoals hieronder bepaald;
$f_{heat,m,pref}$	de maandelijkse fractie van de totale warmtelevering die door de preferent geschakelde warmteopwekker(s) wordt geleverd, zoals bepaald in § 7.3.1, (-);
$f_{heat,m,npref\ k}$	de maandelijkse fractie van de totale warmtelevering die door de niet-preferente warmteopwekker(s) k wordt geleverd, zoals bepaald in § 7.3.1, (-);
$\eta_{gen,heat,m,pref}$	het maandelijks opwekkingsrendement van de preferente warmteopwekker, bepaald volgens § 7.5.1, (-);
$\eta_{gen,heat,m,npref\ k}$	het maandelijks opwekkingsrendement van de niet-preferente warmteopwekker k, bepaald volgens § 7.5.1, (-);
$w_{ct,pref}$	een factor die inrekent of de preferente warmteopwekker is aangesloten op een koeltoren: - als aangesloten op een koeltoren: $w_{ct,pref} = 1$;

- in alle andere gevallen: $w_{ct,pref} = 0$;

$w_{ct,npref\ k}$ een factor die inrekent of de niet-preferente warmteopwekker k is aangesloten op een koeltoren:
- als aangesloten op een koeltoren: $w_{ct,npref\ k} = 1$;
- in alle andere gevallen: $w_{ct,npref\ k} = 0$.

Er moet gesommeerd worden over alle niet-preferente opwekkers k die de energiesector i bedienen en over alle energiesectoren i van de EPN-eenheid.

De maandelijkse correctiefactor voor koeltorens aangesloten op de warmteopwekker wordt bepaald zoals in § 8.3.3.

8.5.2.4 Het elektriciteitsverbruik van de elektronica

Het maandelijks elektriciteitsverbruik voor elektronica van de beschouwde EPN-eenheid, $W_{electr,gen,m}$, moet bepaald worden als:

Eq. 342 $W_{electr,gen,\ m} = \sum_j P_{electr,gen,\ j} \cdot \frac{t_m}{3,6}$ (kWh)

waarin:

$P_{electr,gen,j}$ het "stand-by" verliesvermogen door de elektronica voor de opwekking, in W. Per opwekkingstoestel j wordt het "stand-by" verliesvermogen gelijk genomen aan 10 W;

t_m de duur van de betreffende maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.

Er dient telkens gesommeerd te worden over alle opwekkingstoestellen j die EPN-eenheid bedienen.

Indien een opwekkingstoestel meerdere EPW- en/of EPN-eenheden bedient dan dient het "stand-by" verliesvermogen proportioneel verdeeld te worden over deze EPW- en/of EPN-eenheden op basis van de totale bruto energiebehoefte van de respectievelijke eenheden. Als het opwekkingstoestel enkel voor ruimteverwarming zorgt, dient de bruto energiebehoefte voor verwarming te worden gebruikt. Als het opwekkingstoestel enkel voor sanitair warm waterproductie zorgt, dient de bruto energiebehoefte voor sanitair warm water te worden gebruikt. Zorgt het opwekkingstoestel voor beiden, dan dient de som van de bruto energiebehoeften voor verwarming en warm tapwater te worden gebruikt.

Voor installaties voor sanitair warm water waarbij het rendement voor opwekking en opslag wordt berekend volgens § 10.3.3.4.1 van bijlage A.1 is het elektrisch hulpenergieverbruik voor opwekking reeds in rekening gebracht waardoor bij gevolg deze toestellen niet hoeven meegeteld te worden in Eq. 342.

8.6 Energieverbruik voorkoeling ventilatielucht

Het maandelijks elektriciteitsverbruik voor het voorkoelen van de ventilatielucht wordt gegeven door:

Eq. 118 $W_{aux,precool,m} = W_{soil\ /\ water,m} + W_{evap,m}$ (kWh)

met:

$W_{soil/water,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik van de aarde-water warmtewisselaar, zoals bepaald in § 8.6.1, in kWh;

$W_{evap,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verdampingskoeling, zoals bepaald in § 8.6.2, in kWh.

Voor andere technologieën dient $W_{aux,precool,m}$ bepaald te worden volgens vooraf door de minister bepaalde regels.

8.6.1 Elektriciteitsverbruik van de aarde-water warmtewisselaar

Bepaal het maandelijks elektriciteitsverbruik van de aarde-water warmtewisselaar met onderstaande formule.

$$W_{soil/water,m} = 0,278 \cdot t_m \cdot w_{soil/water,m}$$

Eq. 343

$$\cdot \left(f_{vent,cool,max} \cdot \frac{\dot{V}_W}{3600} \cdot f \cdot \frac{L_{tube}}{D_{tube}} \cdot 500 \cdot \left(\frac{\dot{V}_W}{3600 \cdot n_{tube} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_{tube}^2} \right)^2 + 150 \cdot \frac{\sum_f \left(\left(f_{vent,cool,fct\ f} - f_{V,addm,day,coolfctf;m} \right) \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f} + f_{V,add\ m,day,cool,fctf;m} \cdot \dot{V}_{add,fct\ f} \right)}{3600} \right) \quad \text{(kWh)}$$

met:

t_m de lengte van de betreffende maand, in Ms, ontleend aan Tabel [1];

$f_{vent,cool,fct\ f}$ de fractie van de tijd gedurende dewelke de ventilatie in gebruik gebruik is, voor de koelberekeningen van functioneel deel f, ontleend aan ontleend aan

Tabel [7], (-);

$f_{vent,cool,max}$ de conventionele tijdsfractie dat de aarde-water warmtewisselaar in bedrijf is, gelijk aan het maximum van de respectievelijke waarden voor $f_{vent,cool,fct\ f}$, zoals hierboven bepaald, (-);

$f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag in bedrijf is in functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.3.2, (-);

$w_{soil/water,m}$ Een maandelijkse factor die de werkingstijd van de aarde-water warmtewisselaar inrekent, bepaald volgens § B.2.1(-);

$\dot{V}_W$ het waterdebiet doorheen de aarde-water warmtewisselaar, in m^3/h;

Eq. 120 Als Re < 2300: $f = \frac{64}{Re}$

In alle andere gevallen: $f = (1,58 \cdot \ln(Re) - 3,28)^{-2}$, (-)

met:

Re het Reynolds getal bepaald volgens § B.2, (-);

D_{tube} binnendiameter van de grondbuis, in m;

L_{tube} lengte van de grondbuis, in m;

n_{tube} het aantal buizen in parallel, (-);

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor hygiënische ventilatie dat door de aarde-water warmtewisselaar voorgekoeld wordt in functioneel deel f, in m^3/h, bepaald volgens de principes uit § 5.6.2.2.

$\dot{V}_{add\ m,fct\ f}$ het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor de aanvullende mechanische ventilatie in functioneel deel f, in m^3/h. De waarde bij ontstentenis is gelijk aan het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor de hygiënische ventilatie. Andere waarden kunnen in rekening worden gebracht op basis van meetrapporten in overeenstemming met regels bepaald door de minister.

Er dient gesommeerd te worden over alle functionele delen f van ventilatiezone z.

8.6.2 Elektriciteitsverbruik voor verdampingskoeling

Bepaal het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verdampingskoeling met:

Eq. 344

$$W_{evap,m} = 0,278 \cdot t_m \cdot w_{evap,m} \cdot 250 \cdot \frac{\sum_f \left(\begin{array}{l} \left(f_{vent,cool,fct\ f} - f_{V,add\ m,day,cool,fctf;m}\right) \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f} \\ + f_{V,add\ m,day,cool,fctf,m} \cdot \dot{V}_{add\ m,fct\ f} \end{array} \right)}{3600} \quad \text{(kWh)}$$

met:

t_m	de lengte van de betreffende maand, in Ms, ontleend aan Tabel [1];
$w_{evap,m}$	een maandelijkse factor die de werkingstijd van de verdampingskoeling inrekent, bepaald volgens § B.3.1, (-);

$f_{vent,cool,fct\ f}$ de fractie van de tijd gedurende dewelke de ventilatie in bedrijf bedrijf is, voor de koelberekeningen van functioneel deel f, ontleend aan ontleend aan

Tabel [7], (-);

$f_{V,add\ m,day,cool,fct\ f,m}$ de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de aanvullende mechanische ventilatie tijdens de dag in bedrijf is in functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § 5.6.3.3.2, (-);

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor hygiënische ventilatie dat door de aarde-lucht warmtewisselaar voorgekoeld wordt in functioneel deel f, in m^3/h, bepaald volgens de principes uit § 5.6.2.2;

$\dot{V}_{add\ m,fct\ f}$ het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor de aanvullende mechanische ventilatie in functioneel deel f, in m^3/h. De waarde bij ontstentenis is gelijk aan het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor de hygiënische ventilatie. Andere waarden kunnen in rekening worden gebracht op basis van meetrapporten in overeenstemming met regels bepaald door de minister.

Er dient gesommeerd te worden over alle functionele delen f van ventilatiezone z.

9 Energieverbruik voor verlichting

9.1 Principe

In dit hoofdstuk worden enerzijds de dimensieloze hulpvariabele $L_{rm\ r}$ bepaald en anderzijds het conventioneel elektriciteitsverbruik voor verlichting (dat dan in § 10.6 wordt omgerekend naar primair energieverbruik).

Enkel de vaste verlichting binnenin de EPN-eenheid, wordt ingerekend.

Mogelijke voorbeelden van verlichting buiten de EPN-eenheid kunnen zijn (afhankelijk van het gebouw in kwestie):

- buitenverlichting;
- binnenverlichting in ruimten buiten het beschermd volume;
- verlichting in woongedeelten van het gebouw;
- verlichting in andere ruimten binnen het beschermd volume waarvoor geen EPN berekening dient uitgevoerd te worden.

Binnen de EPN-eenheid worden volgende vormen van verlichting niet beschouwd:

- 'losse' verlichting: hieronder worden losse toestellen verstaan die door de gebruiker met een stekker via een stopcontact op het elektriciteitsnet worden aangesloten, bv. bureaulampen, bepaalde lampen die aan het kader van schilderijen worden vastgehecht, enz.;
- lampen die richtingsaanwijzers van nooduitgangen oplichten (en vaak permanent aangeschakeld blijven);
- noodverlichting (inzoverre ze enkel in geval van nood aanschakelt);
- verlichting in liftkooien en liftschachten.

Het verbruik van batterijen in verlichtingssystemen (bv. in draadloze schakelaars) wordt buiten beschouwing gelaten bij de bepaling van het E_{EPNR}-peil.

Per functioneel deel wordt een keuze gemaakt met betrekking tot de bepalingsmethode van de dimensieloze hulpvariabele $L_{rm\ r}$ van alle ruimten en van het elektriciteitsverbruik voor verlichting:

- ofwel wordt gerekend aan de hand van de waarden bij ontstentenis (§ 9.2);
- ofwel wordt gerekend aan de hand van de detailgegevens van de verlichtingsinstallatie waarbij volgende factoren in beschouwing worden genomen (§ 9.3):
  - de lichtstroom van de lampen en de fotometrische eigenschappen van de armatuur;
  - het vermogen van de geïnstalleerde lampen met inbegrip van voorschakelapparaten, en het vermogen van eventuele sensoren en regelingen;
  - het type regeling;
  - de eventuele aanwezigheid van een daglichtzone met aangepaste regeling.

9.1.1 Dimensieloze hulpvariabele $L_{rm\ r}$

De dimensieloze hulpvariabele $L_{rm\ r}$ is een benaderende maat voor het gemiddelde verlichtingsniveau. Ze bepaalt, samen met andere parameters, de referentiewaarde voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik (zie § 4).

9.1.2 Elektriciteitsverbruik voor verlichting

Het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting van de EPN-eenheid, is de som van het elektriciteitsverbruik voor verlichting van elk van de functionele delen, plus het eventuele elektriciteitsverbruik van alle regelingen en dergelijke meer die zich buiten de EPN-eenheid bevinden maar (mede) ten dienste staan van de verlichting binnen de EPN-eenheid:

Eq. 122 $$W_{light,m} = \sum_{f} W_{light,fct\ f,m} + \sum_{r} W_{light,rmr,ctrl,m} \quad \text{(kWh)}$$

waarin:

$W_{light,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting, in kWh;

$W_{light,fct\ f,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting van functioneel deel f, in kWh, bepaald volgens § 9.2.2 of § 9.3.2;

$W_{light,rm\ r,ctrl,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik voor regelingen die in ruimten r buiten de EPN-eenheid opgesteld staan maar wel (mede) ten dienste staan van de verlichting binnen de EPN-eenheid, in kWh, bepaald volgens § 9.2.2 of § 9.3.2.2.3.

Er dient gesommeerd te worden over alle functionele delen f van de EPN-eenheid en over alle ruimten r buiten de EPN-eenheid.

Specifiek kenmerk van het functioneel deel "onderwijs": het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting, $W_{light,fct\ f,m}$ wordt voor de maanden juli en augustus gelijk genomen aan nul.

9.2 Bepaling van de dimensieloze hulpvariabele $L_{rm\ r}$ en het elektriciteitsverbruik voor verlichting aan de hand van waarden bij ontstentenis

9.2.1 Bepaling van de dimensieloze hulpvariabele Lrm r

Neem voor de hulpvariabele $L_{rm\ r}$ voor elke ruimte van het functioneel deel de waarde: $L_{rm\ r} = 500$.

9.2.2 Bepaling van het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting per functioneel deel

Bepaal het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting, met inbegrip van het eventuele verbruik van regelsystemen, van het functioneel deel f met:

Eq. 123 $$W_{light,fct\ f,m} = \sum_{r} A_{f,rmr} \cdot p_{light,def,fct\ f} \cdot \left(t_{day,fct\ f,m} + t_{night,fct\ f,m}\right) \quad \text{(kWh)}$$

waarin:

$W_{light,fct\ f,m}$	het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting in functioneel deel f, in kWh;
$A_{f,rm\ r}$	de gebruiksoppervlakte van de ruimte r, in m²;
$p_{light,def,fct\ f}$	een vaste waarde van het specifiek vermogen voor verlichting, bepaald per functioneel deel. Neem: - $p_{light,def,fct\ f}$ = 0,030 kW/m² voor functionele delen met functie "handel", - $p_{light,def,fct\ f}$ = 0,020 kW/m² voor alle andere functionele delen;
$t_{day,fct\ f,m}$	het conventioneel vastgelegd aantal gebruiksuren per maand gedurende de dagperiode, van het functioneel deel f, ontleend aan Tabel [31], in h;
$t_{night,fct\ f,m}$	het conventioneel vastgelegd aantal gebruiksuren per maand gedurende de nachtperiode, van het functioneel deel f, ontleend aan Tabel [32], in h.

Er dient gesommeerd te worden over alle ruimten r van functioneel deel f.

Neem de waarde nul voor het maandelijks elektriciteitsverbuik voor regelingen die buiten de EPN-eenheid opgesteld staan en die enkel ten dienste staan van armaturen in ruimten van het beschouwde functioneel deel f:

Eq. 124 $$\sum_{r} W_{light,rmr,ctrl,m} = 0 \quad \text{(kWh)}$$

met:

$W_{light,rm\ r,ctrl,m}$	het maandelijks elektriciteitsverbruik voor regelingen en dergelijke meer die in ruimten buiten de EPN-eenheid opgesteld staan en enkel ten dienste staan van de verlichting binnen het beschouwde functioneel deel, in kWh.

Indien de regelingen ook ten dienste staan van armaturen in andere functionele delen en indien voor die functionele delen het elektriciteitsverbruik voor verlichting aan de hand van het werkelijk geïnstalleerd vermogen wordt bepaald, dient hun verbruik wel ingerekend te worden in § 9.3.2.2.3.

9.3 Bepaling van de dimensieloze hulpvariabele $L_{rm\ r}$ en het elektriciteitsverbruik voor verlichting aan de hand van de detailgegevens van de verlichtingsinstallatie

9.3.1 Bepaling van de dimensieloze hulpvariabele $L_{rm\ r}$

9.3.1.1 Bepaling van de dimensieloze hulpvariabele $L_{rm\ r}$ in een ruimte zonder vast geïnstalleerde verlichtingsinstallatie

Indien in een ruimte geen vaste verlichting geplaatst wordt, dan wordt in deze ruimte bij conventie met vast voorgeschreven waarden gerekend. Deze worden gelijk genomen aan de waarden gebruikt voor de berekening aan de hand van de waarden bij ontstentenis, ingeval er wel verlichting is.

Neem in de ruimten waar geen vaste verlichting geplaatst wordt, bij conventie de waarde: $L_{rm\ r}$ = 500

9.3.1.2 Bepaling van de dimensieloze hulpvariabele $L_{rm\ r}$ in een ruimte met een vast geïnstalleerde verlichtingsinstallatie

Bepaal in ruimten met een vast geïnstalleerde verlichtingsinstallatie de hulpvariabele $L_{rm\ r}$ met:

1. Indien de gewenste verlichtingssterkte niet instelbaar is:

Eq. 125
$$L_{rmr} = L_{design,rmr} \quad (-)$$

waarin:

$L_{rm\ r}$ een dimensieloze hulpvariabele voor ruimte r, (-);

$L_{design,rm\ r}$ de ontwerpwaarde voor de dimensieloze hulpvariabele voor ruimte r, zoals hieronder bepaald, (-).

2. Indien de gewenste verlichtingssterkte wel vrij instelbaar[5] is (hetzij armatuur per armatuur, hetzij per groep van armaturen), en dit voor alle armaturen in de ruimte[6]:

Eq. 126
$$L_{rmr} = L_{design,rmr} \cdot \min\left(1, \frac{L_{thresh} + f_{reduc,light} \cdot (L_{design,rmr} - L_{thresh})}{L_{design,rmr}}\right) \quad (-)$$

waarin:

$L_{rm\ r}$ een dimensieloze hulpvariabele voor ruimte r, (-);

$L_{design,rm\ r}$ de ontwerpwaarde voor de dimensieloze hulpvariabele voor ruimte r, zoals hieronder bepaald, (-);

$f_{reduc,light}$ reductiefactor met als waarde: $f_{reduc,light} = 0{,}5$, (-);

L_{thresh} drempelwaarde voor $L_{design,rm\ r}$, met als waarde: $L_{thresh} = 250$, (-).

De ontwerpwaarde van de dimensieloze hulpvariabele $L_{design,rm\ r}$ kan op twee manieren bepaald worden:

- hetzij door middel van een eenvoudige, conventionele methode (§ 9.3.1.2.1);
- hetzij door middel van gedetailleerde berekeningen (§ 9.3.1.2.2).

Voor de meeste toepassingen kan de eerste methode volstaan. Bepaalde types armaturen (zie § 9.3.1.2.1) dragen in de conventionele methode niet bij tot de ontwerpwaarde $L_{design,rm\ r}$, maar hun elektrisch verbruik wordt wel steeds verplicht ingerekend (zie § 9.3.2). Desgewenst kan men in dat geval voor de betreffende ruimte op de tweede methode terugvallen om de bijdrage aan $L_{design,rm\ r}$ alsnog te berekenen.

9.3.1.2.1 Bepaling van de ontwerpwaarde $L_{design,rm\ r}$ op conventionele manier

Bepaal de ontwerpwaarde $L_{design,rm\ r}$ voor de ruimte r met:

[5] In dat geval wordt de hulpvariabele gereduceerd, maar ook de rekenwaarde voor het verlichtingsvermogen wordt gereduceerd (zie § 9.3.3).

[6] Indien $L_{design,rm\ r}$ gelijk is aan nul (bv. omdat geen gegevens over de geïnstalleerde armaturen verschaft werden), geldt $L_{rm\ r} = 0$.

$$L_{design,rmr} = \frac{\sum_k n_k \cdot [.N2_k \cdot .N4_k + 0,5 \cdot (1 - .N4_k)] \cdot .N5_k \cdot 0,85 \cdot PHIS_k}{A_{f,rmr}}$$

Eq. 127 (-)

waarin:

$L_{design,rm\ r}$ een ontwerpwaarde voor de dimensieloze hulpvariabele voor ruimte r, (-);

n_k het aantal armaturen van type k in de ruimte, (-);

$.N2_k$ de verhouding van de lichtflux die het armatuur k verlaat in een ruimtehoek van π t.o.v. de hoofdas (d.w.z. in een kegel met openingshoek van 120°) tot de lichtflux die het armatuur k verlaat in een ruimtehoek van 2π t.o.v. de hoofdas, (-), bepaald volgens CIE 52;

$.N4_k$ de verhouding van de lichtflux die het armatuur k verlaat in een ruimtehoek van 2π t.o.v. de hoofdas (d.w.z. in een kegel met openingshoek van 180°) tot de totale uitgaande flux van het armatuur, (-), bepaald volgens CIE 52;

$.N5_k$ de verhouding van de totale lichtflux die het armatuur k verlaat tot de lichtflux ($PHIS_k$) uitgestraald door alle lampen samen in het armatuur, (-), bepaald volgens CIE 52;

$PHIS_k$ de som van de lichtstroom van elk van de lampen in het armatuur van type k, in lumen:

$$PHIS_k = \sum_m PHI_m$$

Eq. 128 (-)

met:

PHI_m de lichtstroom van lamp m, bepaald volgens CIE 84, in lumen; waarbij gesommeerd wordt over alle lampen m die zich in het armatuur van type k bevinden;

$A_{f,rm\ r}$ de gebruiksoppervlakte van de ruimte r, in m².

Indien voor een bepaalde armatuur/lampcombinatie de nodige gegevens niet beschikbaar zijn, worden ze buiten beschouwing gelaten bij de bepaling van de ontwerpwaarde $L_{design,rm\ r}$. Hun verbruik dient wel verplicht ingerekend te worden in § 9.3.2.

Er wordt enkel gesommeerd over alle types plafondarmaturen k (inbouw-, opbouw- of pendelarmaturen) die in de ruimte r aanwezig zijn. Wandarmaturen en verlichting die in de vloer of in trappen is ingewerkt worden wel verplicht ingerekend bij het geïnstalleerd vermogen, zie § 9.3.2 (en dus uiteindelijk in het karakteristiek jaarlijks primair verbruik), maar niet bij de bepaling van de ontwerpwaarde $L_{design,rm\ r}$ volgens de conventionele methode. Indien men andere dan plafondarmaturen wel wil inrekenen bij de bepaling van de ontwerpwaarde $L_{design,rm\ r}$, dan dient men gebruik te maken van de gedetailleerde berekeningsmethode, zie § 9.3.1.2.2.

Plafondarmaturen die zodanig geplaatst zijn dat de hoofdas niet verticaal naar beneden gericht is (bv. tegen een hellend dak) of die oriënteerbaar zijn (bv. roteerbare spots), worden in de conventionele methode voor de bepaling van de ontwerpwaarde $L_{design,rm\ r}$ slechts ingerekend in zoverre de hoofdas niet meer dan 45° van de verticale afwijkt of, in geval van draaibare armaturen, nooit meer dan 45° van de verticale kan afwijken (in zijn meest ongunstige stand). De hoofdas is dezelfde als diegene die voor de bepaling van de fluxcode gebruikt is. Indien niet aan deze beperking qua plaatsing voldaan is, worden dergelijke

armaturen niet meegerekend bij de bepaling van de ontwerpwaarde $L_{design,rm\ r}$ volgens de conventionele methode, maar wel verplicht bij de bepaling van het energieverbruik. Indien men deze armaturen wel wil inrekenen bij de bepaling van de ontwerpwaarde $L_{design,rm\ r}$, dan dient men gebruik te maken van de gedetailleerde berekeningsmethode, zie § 9.3.1.2.2.

9.3.1.2.2 Bepaling van de ontwerpwaarde Ldesign,rm r door middel van gedetailleerde berekeningen

In afwijking van de conventionele rekenmethode is het toegelaten om voor een ruimte met een rekenprogramma de verlichtingssterkte op een fictief vlak op een hoogte van 0,8 m te berekenen.

Het programma dat voor de berekening gebruikt wordt dient vooraf erkend te worden door de minister.

Voor gebruik als ontwerpwaarde $L_{design,rm\ r}$ moet bij conventie het gemiddelde van deze verlichtingssterkte genomen worden. Daarbij wordt gemiddeld over de volledige oppervlakte van de ruimte, dus zonder enige aftrek van rand- of andere zones.

Er moet gerekend worden met de reële geometrie van de (lege) ruimte (zonder meubilair). De te hanteren reflectiefactoren zijn: 0,7 voor het plafond, 0,5 voor de muren (met inbegrip van daglichtopeningen) en 0,2 voor de vloer. Bij de berekeningen dient voor de armaturen dezelfde positie genomen te worden als de effectieve plaatsing. Ingeval van oriënteerbare armaturen dient bij de berekeningen het armatuur zo gericht te worden dat de hoek tussen de hoofdas en de verticale zo groot mogelijk is (dus maximaal naar boven gericht). Indien dan nog verschillende oriëntaties mogelijk zijn, dient het armatuur loodrecht op de dichtstbijzijnde wand gericht te worden. Voor de lichtstroom van de lampen dient een onveranderbare verminderingsfactor van 0,85 aangehouden te worden t.o.v. de CIE84 waarde.

De minister kan bijkomende of gewijzigde specificaties voor de berekeningen vastleggen.

9.3.2 Bepaling van het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting per functioneel deel

Bepaal het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting van een functioneel deel als de som van het elektriciteitsverbruik voor verlichting van elk van de ruimten in dat functioneel deel:

Eq. 129 $$W_{light,fct\ f,m} = \sum_{r} W_{light,rm\ r,m} \quad \text{(kWh)}$$

waarin:

$W_{light,fct\ f,m}$	het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting van functioneel deel f, in kWh;
$W_{light,rm\ r,m}$	het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting van ruimte r, in kWh, bepaald volgens § 9.3.2.1 of § 9.3.2.2.

Er dient gesommeerd te worden over alle ruimten r van functioneel deel f.

9.3.2.1 Elektriciteitsverbruik voor verlichting in een ruimte zonder vast geïnstalleerde verlichtingsinstallatie

Indien in een ruimte geen vaste verlichting geplaatst wordt, dan wordt in deze ruimte bij conventie met vast voorgeschreven waarden gerekend. Deze worden gelijk genomen aan de waarden gebruikt voor de berekening aan de hand van de waarden bij ontstentenis, ingeval er wel verlichting is.

De rekenwaarde voor het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting bedraagt in dergelijke ruimten dus bij conventie:

Eq. 130 $$W_{light,rmr,m} = A_{f,rmr} \cdot p_{light,abs,fct\ f} \cdot \left(t_{day,fct\ f,m} + t_{night,fct\ f,m}\right) \quad \text{(kWh)}$$

waarin:

$W_{light,rm\ r,m}$	het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting van ruimte r, in kWh;
$A_{f,rm\ r}$	de gebruiksoppervlakte van de ruimte r, in m²;
$p_{light,abs,fct\ f}$	een vaste waarde voor het specifiek vermogen voor verlichting, bepaald per functioneel deel. Neem: $p_{light,abs,fct\ f}$ = 0,030 kW/m² voor functionele delen met functie "handel" en $p_{light,abs,fct\ f}$ = 0,020 kW/m² voor alle andere functionele delen;
$t_{day,fct\ f,m}$	het conventioneel vastgelegd aantal gebruiksuren per maand gedurende de dagperiode, van het functioneel deel f waartoe de ruimte r behoort, ontleend aan Tabel [31], in h;
$t_{night,fct\ f,m}$	het conventioneel vastgelegd aantal gebruiksuren per maand gedurende de nachtperiode, van het functioneel deel f waartoe de ruimte r behoort, ontleend aan Tabel [32], in h.

9.3.2.2 Elektriciteitsverbruik voor verlichting in een ruimte met een vast geïnstalleerde verlichtingsinstallatie

Bepaal, ingeval er een verlichtingsinstallatie aanwezig is, het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting per ruimte, als het product van het geïnstalleerde verlichtingsvermogen, met inbegrip van eventuele voorschakelapparaten en regelingen, en de tijd dat de verlichting per jaar is ingeschakeld, rekening houdend met de aanwezige regelsystemen. Voeg hierbij het elektriciteitsverbruik van de regelingen in zoverre het nog niet in de vorige term is ingerekend:

Eq. 131 $$W_{light,rmr,m} = (P_{light,rmr} \cdot f_{ci}) \cdot \left(\begin{array}{l} (t_{day,fct\ f,m} \cdot f_{occ,light,fct\ f} \cdot f_{dayl}) \\ + (t_{night,fct\ f,m.} \cdot f_{occ,light,fct\ f}) \end{array} \right) + W_{light,rmr,ctrl,m} \quad (-)$$

waarin:

$W_{light,rm\ r,m}$	het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting van ruimte r, in kWh;
$P_{light,rm\ r}$	de rekenwaarde voor het vermogen voor verlichting in de volledige ruimte r, bepaald volgens § 9.3.3, in kW;
f_{ci}	een reductiefactor voor het in rekening brengen van een constant verlichtingsniveausysteem. Deze factor wordt gelijkgesteld aan 1, (-);
$t_{day,fct\ f,m}$	het conventioneel vastgelegd aantal gebruiksuren per maand gedurende de dagperiode, van het functioneel deel f waartoe de ruimte r behoort, ontleend aan Tabel [31], in h;

$f_{occ,light,fct\ f}$	een reductiefactor voor het in rekening brengen van een systeem dat de verlichting regelt in functie van de bezetting van de ruimte, zoals bepaald in § 9.3.2.2.1, (-);
$t_{night,fct\ f,m}$	het conventioneel vastgelegd aantal gebruiksuren per maand gedurende de nachtperiode, van het functioneel deel f waartoe de ruimte r behoort, ontleend aan Tabel [32], in h;
f_{dayl}	een reductiefactor voor het in rekening brengen van een systeem dat de verlichting regelt in functie van de daglichttoetreding in de ruimte, zoals bepaald in § 9.3.2.2.1, (-);
$W_{light,rm\ r,ctrl,m}$	het maandelijks elektriciteitsverbruik van de regeling dat nog niet in de vorige term ingerekend is, bepaald volgens § 9.3.2.2.3, in kWh.

9.3.2.2.1 Reductiefactoren voor regeling in functie van de bezetting en in functie van daglichttoetreding

Ontleen de reductiefactor voor regeling in functie van de bezetting, $f_{occ,light,fct\ f}$, aan Tabel [29]. Om in beschouwing te worden genomen moeten alle armaturen in de ruimte door het systeem worden bediend. Centrale systemen[7] worden niet in beschouwing genomen.

Indien in een ruimte verschillende types regelingen voorkomen, dan moet gerekend worden met het systeemtype dat aanwezig is in het lokaal, met de hoogste waarde voor de factor $f_{occ,light,fct\ f}$.

[7] Van zodra een schakelaar of een sensor de verlichting in meer dan één ruimte regelt, wordt het systeem als "centraal" beschouwd.

Tabel [29]: Reductiefactor $f_{occ,light,fct\ f}$ om rekening te houden met de regeling in functie van de bezetting, per functie (deel 1 van 2)

Omschrijving schakeling	Functies								
				Gezondheidszorg			Bijeenkomst		
	Logeerfunctie	Kantoor	Onderwijs	met verblijf	zonder verblijf	operatiezalen	hoge bezetting	lage bezetting	cafetaria/refter
Geen systeem en alle systemen die hieronder niet vermeld worden.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Manuele schakelaar:									
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² of voor klas- en vergaderlokalen	0,90	0,90	0,90	0,90	0,95	0,70	1,00	1,00	0,50
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m²	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50
Aanwezigheidsdetectie: schakelt zowel automatisch aan als automatisch uit of naar dimstand (auto aan; auto uit/dim):									
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² of voor klas- en vergaderlokalen:									
- indien volledige uitschakeling bij afwezigheid	0,80	0,80	0,80	0,80	0,85	0,60	1,00	1,00	0,40
- indien terugschakeling naar dimstand bij afwezigheid	0,85	0,85	0,85	0,85	0,90	0,65	1,00	1,00	0,45
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m²:									
- indien volledige uitschakeling bij afwezigheid	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,40
- indien terugschakeling naar dimstand bij afwezigheid	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,45
Manuele aanschakeling; afwezigheidsdetectie schakelt automatisch uit of naar dimstand (manueel aan; auto uit/dim):									
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² of voor klas- en vergaderlokalen:									
- indien volledige uitschakeling bij afwezigheid	0,70	0,70	0,70	0,70	0,80	0,50	1,00	1,00	0,30
- indien terugschakeling naar dimstand bij afwezigheid	0,80	0,80	0,80	0,80	0,85	0,60	1,00	1,00	0,40
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m²:									
- indien volledige uitschakeling bij afwezigheid	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,30
- indien terugschakeling naar dimstand bij afwezigheid	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,40

waarin:

$A_{f,rm\ r}$ de gebruiksoppervlakte van de ruimte r, in m².

Tabel [29] (vervolg): Reductiefactor $f_{occ,light,fct\ f}$ om rekening te houden met de regeling in functie van de bezetting, per functie (deel 2 van 2)

	Functies								
			Sport						
Omschrijving schakeling	Keuken	Handel	Sporthal/ sportzaal	Fitness/dans	Sauna/zwembad	Technische ruimten	Gemeenschappelijk	Andere	Onbekende functie
Geen systeem en alle systemen die hieronder niet vermeld worden.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Manuele schakelaar:									
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² of voor klas- en vergaderlokalen	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,25		1,00	1,00
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m²	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,25		1,00	1,00
Aanwezigheidsdetectie: schakelt zowel automatisch aan als automatisch uit of naar dimstand (auto aan; auto uit/dim):									
$A_{f,rm\ r}$ < 30 m² of voor klas- en vergaderlokalen:									
- indien volledige uitschakeling bij afwezigheid	1,00	1,00	0,70	0,70	0,70	0,15		1,00	1,00
- indien terugschakeling naar dimstand bij afwezigheid	1,00	1,00	0,75	0,75	0,75	0,20		1,00	1,00
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m²:									
- indien volledige uitschakeling bij afwezigheid	1,00	1,00	0,70	0,70	0,70	0,15		1,00	1,00
- indien terugschakeling naar dimstand bij afwezigheid	1,00	1,00	0,75	0,75	0,75	0,20		1,00	1,00
Manuele aanschakeling; afwezigheidsdetectie schakelt automatisch uit of naar dimstand (manueel aan; auto uit/dim):									
• $A_{f,rm\ r}$ < 30 m² of voor klas- en vergaderlokalen:									
- indien volledige uitschakeling bij afwezigheid	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	0,05		1,00	1,00
- indien terugschakeling naar dimstand bij afwezigheid	1,00	1,00	0,70	0,70	0,70	0,15		1,00	1,00
• $A_{f,rm\ r}$ ≥ 30 m²:								1,00	1,00
- indien volledige uitschakeling bij afwezigheid	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	0,05		1,00	1,00
- indien terugschakeling naar dimstand bij afwezigheid	1,00	1,00	0,70	0,70	0,70	0,15		1,00	1,00

Zoals hieronder bepaald

waarin:

$A_{f,rm\ r}$ de gebruiksoppervlakte van de ruimte r, in m².

Voor een functioneel deel met de functie "gemeenschappelijk" die meerdere functionele delen bedient, is de waarde van $f_{occ,light,fct\ f}$ gelijk aan de waarde van het meest bezette functionele deel dat bediend wordt, dat wil zeggen waarvan de waarde voor $f_{occ,light,fct\ f}$ het hoogste is.

Bepaal de reductiefactor voor regeling in functie van daglichttoetreding met:

$$f_{dayl} = \left[\frac{A_{f,rmr,daylarea}}{A_{f,rmr}} \cdot f_{mod,dayl}\right] + \left[\frac{A_{f,rmr,artifarea}}{A_{f,rmr}} \cdot f_{mod,artif}\right] \quad (-)$$

Eq. 132

waarin:

f_{dayl}	een reductiefactor voor het in rekening brengen van een systeem dat de verlichting regelt in functie van de daglichttoetreding in de ruimte, (-);
$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$	de vloeroppervlakte van de daglichtsector in ruimte r, bepaald volgens § 9.3.4, in m²;
$A_{f,rm\ r}$	de gebruiksoppervlakte van de ruimte r, in m²;
$f_{mod,dayl}$	de factor voor het daglichtregelsysteem in het daglichtdeel, ontleend aan Tabel [30], (-);
$A_{f,rm\ r,artif\ area}$	de gebruiksoppervlakte van het kunstlichtdeel in ruimte r, bepaald volgens § 9.3.4, in m²;
$f_{mod,artif}$	de factor voor het daglichtregelsysteem in het kunstlichtdeel, ontleend aan Tabel [30], (-).

Tabel [30]: Factoren voor daglichtregelsystemen

Omschrijving daglichtregeling	$f_{mod,dayl}$	$f_{mod,artif}$
Geen systeem	1,00	1,00
Manueel systeem[8]	0,90	1,00
Automatisch systeem[9]	0,60	0,80

Alle armaturen in het daglichtdeel, respectievelijk kunstlichtdeel, moeten door het systeem worden bediend, opdat het systeem in beschouwing mag worden genomen voor dat deel van de ruimte. Bepaal daarom de totale gebruiksoppervlakte die verlicht wordt door armaturen die aangestuurd worden door een systeem. De afbakening van de oppervlakte tussen de armaturen wordt bij conventie gevormd door de middellijn tussen de armaturen.

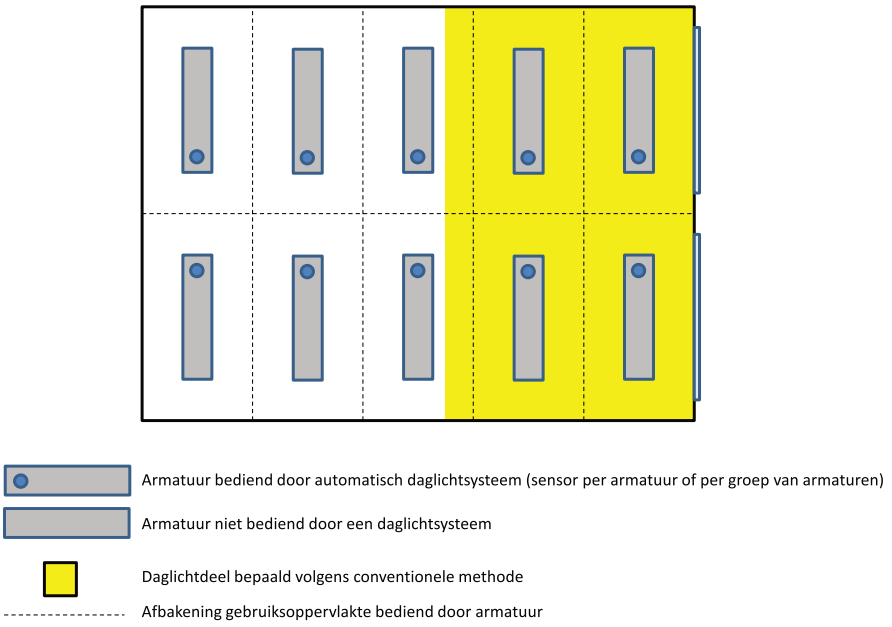
[8] Hieronder wordt verstaan dat de lichtstroom van de lichtbronnen manueel door de gebruiker kan worden uitgeschakeld of gevarieerd (bijvoorbeeld aan de hand van een drukknop, een potentiometer of een afstandsbediening).

[9] Hieronder wordt verstaan dat de lichtstroom van de lichtbronnen volautomatisch en continu (of in geval van digitale systemen quasi-continu in minstens 100 tussenstappen) wordt gevarieerd in functie van de daglichtbeschikbaarheid.

Verschillende gevallen kunnen zich voordoen:

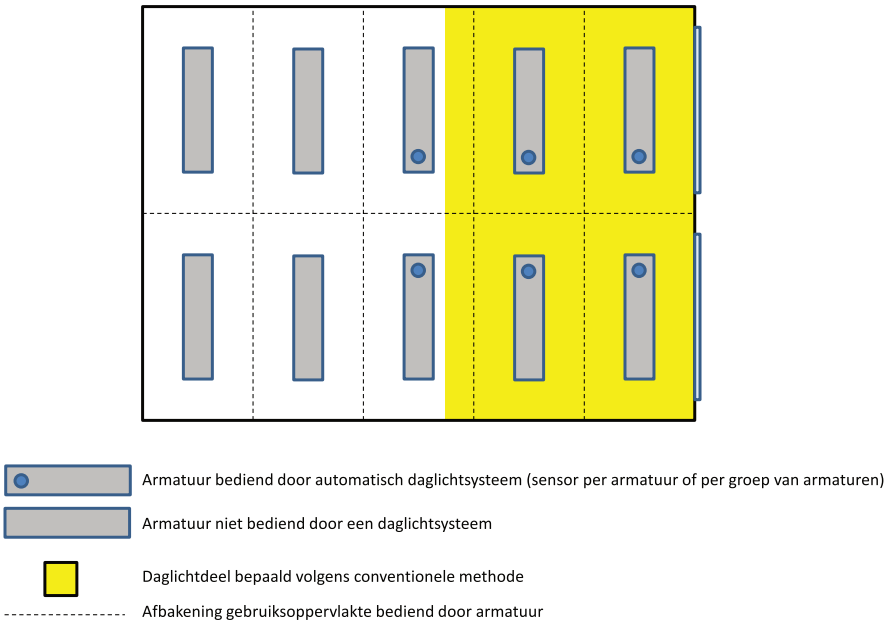
- Alle armaturen in de ruimte worden bediend door eenzelfde systeem: in dat geval kunnen de bijhorende factoren in elk deel van de ruimte worden toegepast. In het voorbeeld van Figuur [1] is $f_{mod,artif}$ = 0,80 en $f_{mod,dayl}$ = 0,60.

Figuur [1]: Configuratie waarbij alle armaturen worden bediend door eenzelfde dimsysteem



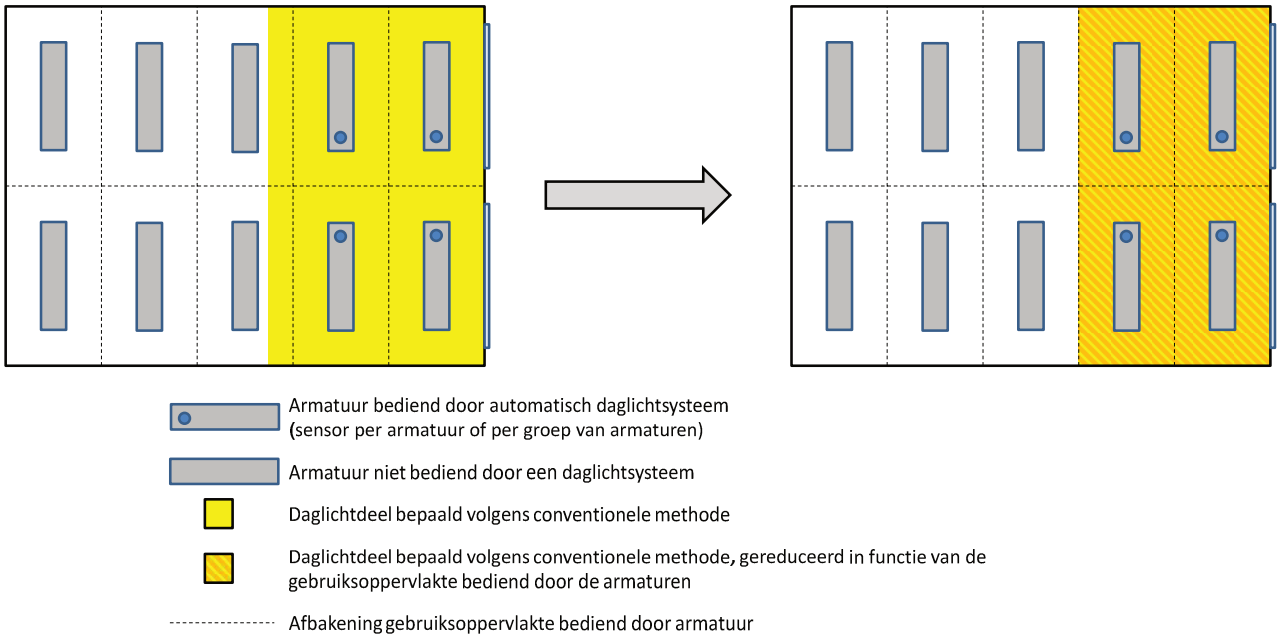
- Niet alle armaturen in de ruimte worden bediend door eenzelfde systeem:
  - Indien gebruik gemaakt wordt van de waarde bij ontstentenis voor de bepaling van het daglichtdeel (§ 9.3.4.1) wordt het systeem niet in beschouwing genomen.
  - Indien gebruik gemaakt wordt van de conventionele methode voor de bepaling van het daglichtdeel (§ 9.3.4.2) moet de afbakening tussen de bediende gebruiksoppervlakten voor elke ruimte gestaafd worden aan de hand van een figuur en kunnen zich volgende gevallen voordoen:
    - Het daglichtdeel of kunstlichtdeel ligt volledig in de totale gebruiksoppervlakte die bediend wordt door het systeem: in dat geval kan de bijhorende factor in het betreffende deel worden toegepast. In het voorbeeld van Figuur [2] is $f_{mod,artif}$ = 1,00 en $f_{mod,dayl}$ = 0,60.

Figuur [2]: Configuratie waarbij niet alle armaturen worden bediend door eenzelfde dimsysteem – de daglichtoppervlakte ligt volledig binnen de gebruiksoppervlakte die bediend wordt door het systeem



- Stukken van het daglichtdeel (of het kunstlichtdeel) liggen buiten de totale gebruiksoppervlakte die bediend wordt door het systeem. In dat geval wordt het systeem niet beschouwd voor het betreffende deel en valt men automatisch terug op reductiefactor 1,00. Het is echter wel toegestaan om de daglichtoppervlakte te reduceren tot de oppervlakte waar daglichtoppervlakte en de gebruiksoppervlakte bediend door het daglichtsysteem elkaar overlappen, om aldus wel een daglichtdeel te bekomen dat volledig binnen de gebruiksoppervlakte van het systeem ligt. Deze afwijking mag niet worden toegepast voor het kunstlichtdeel. In het voorbeeld van Figuur [3] is in principe $f_{mod,artif}$ = 1,00 en $f_{mod,dayl}$ = 1,00. Als men echter de daglichtoppervlakte reduceert tot er geen delen meer zijn die bediend worden door armaturen die niet worden geregeld door het automatische systeem, mag men weer rekenen met $f_{mod,dayl}$ = 0,60. $f_{mod,artif}$ blijft natuurlijk gelijk aan 1,00.

Figuur [3]: Configuratie waarbij niet alle armaturen worden bediend door eenzelfde dimsysteem – de daglichtoppervlakte ligt deels buiten de gebruiksoppervlakte die bediend wordt door het systeem



Situatie voor vermindering van het daglichtdeel:
$f_{mod,artif} = 1,00$
$f_{mod,dayl} = 1,00$

Situatie na vermindering van het daglichtdeel:
$f_{mod,artif} = 1,00$
$f_{mod,dayl} = 0,60$

9.3.2.2.2 Conventioneel vastgelegde rekenwaarden voor de gebruiksduur

Ontleen de conventioneel vastgelegde rekenwaarden voor de gebruiksduur per maand overdag, $t_{day,fct\ f,m}$ en 's nachts, $t_{night,fct\ f,m}$, aan Tabel [31] en Tabel [32].

Tabel [31]: Conventioneel vastgelegde gebruiksduur per maand overdag $t_{day,fct\ f,m}$ en per functie, in h

Functies		**Januari**	**februari**	**maart**	**april**	**mei**	**juni**	**juli**	**augustus**	**september**	**oktober**	**november**	**december**
Logeerfunctie		198	224	273	312	372	360	372	347	288	273	216	174
Kantoor		159	180	199	192	199	192	199	199	192	199	173	139
Onderwijs		159	180	199	192	199	192	0	0	192	199	173	139
Gezondheidszorg	met verblijf	248	280	341	390	465	450	465	434	360	341	270	217
	zonder verblijf	177	199	221	214	221	214	221	221	214	221	192	155
	operatiezalen	248	280	341	390	465	450	465	434	360	341	270	217
Bijeenkomst	hoge bezetting	212	215	238	282	318	308	318	318	282	265	205	185
	lage bezetting	212	215	238	282	318	308	318	318	282	265	205	185
	cafetaria/refter	177	199	221	214	221	214	221	221	214	221	192	155
Keuken		185	191	212	256	265	256	265	265	256	238	180	159
Handel		212	239	265	308	318	308	318	318	308	291	231	185
Sport	sporthal, sportzaal	212	239	265	308	344	333	344	344	308	291	231	185
	fitness, dans	212	239	265	308	344	333	344	344	308	291	231	185
	sauna, zwembad	212	239	265	308	344	333	344	344	308	291	231	185
Technische ruimten		248	280	341	390	465	450	465	434	360	341	270	217
Gemeenschappelijk		Zoals hieronder bepaald											
Andere		177	199	221	214	221	214	221	221	214	221	192	155
Onbekende functie		212	215	238	282	318	308	318	318	282	265	205	185

Voor de functie "gemeenschappelijk": als deze functie meerdere functionele delen bedient, zijn de waarden van $t_{day,fct\ f,m}$ gelijk aan de waarden van de functie die het bedient, die het langst bezet is, m.a.w. die de hoogste waarden heeft. Deze evaluatie moet onafhankelijk worden uitgevoerd voor elke maand.

Tabel [32]: Conventioneel vastgelegde gebruiksduur per maand 's nachts, $t_{night,fct\ f,m}$ en per functie, in h

Functies		Januari	februari	maart	april	mei	juni	juli	augustus	september	oktober	november	december
Logeerfunctie		273	202	198	144	99	96	99	124	168	198	240	298
Kantoor		40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	60
Onderwijs		40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	60
Gezondheidszorg	met verblijf	341	252	248	180	124	120	124	155	210	248	300	372
	zonder verblijf	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	66
	operatiezalen	496	392	403	330	279	270	279	310	360	403	450	527
Bijeenkomst	hoge bezetting	185	144	159	103	79	77	79	79	103	132	180	212
	lage bezetting	185	144	159	103	79	77	79	79	103	132	180	212
	cafetaria/refter	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	66
Keuken		79	48	53	0	0	0	0	0	0	26	77	106
Handel		106	48	53	0	0	0	0	0	0	26	77	132
Sport	sporthal, sportzaal	159	96	106	51	26	26	26	26	51	79	128	185
	fitness, dans	159	96	106	51	26	26	26	26	51	79	128	185
	sauna, zwembad	159	96	106	51	26	26	26	26	51	79	128	185
Technische ruimten		496	392	403	330	279	270	279	310	360	403	450	527
Gemeenschappelijk		Déterminées comme ci-dessous											
Andere		44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	66
Onbekende functie		185	144	159	103	79	77	79	79	103	132	180	212

Voor de functie "gemeenschappelijk": als deze functie meerdere functionele delen bedient, zijn de waarden van $t_{night,fct\ f,m}$ gelijk aan de waarden van de functie die het bedient, die het langst bezet is, m.a.w. die de hoogste waarden heeft. Deze evaluatie moet onafhankelijk worden uitgevoerd voor elke maand.

9.3.2.2.3 Elektriciteitsverbruik voor de regelapparatuur dat nog niet in het verbruik van de armaturen inbegrepen is[10]

Bepaal per ruimte het maandelijks elektriciteitsverbruik voor de regelapparatuur en dergelijke meer (met inbegrip van eventuele voorschakelapparaten, sensoren en/of schakelaars), in zoverre nog niet inbegrepen in het verbruik van de armaturen gedurende de gebruiksuren, als de som van het verbruik van alle individuele apparaten k met:

[10] Het parasitair verbruik van verlichtingsinstallaties wordt bij het van kracht worden van dit besluit nog niet onmiddellijk ingerekend. Deze paragraaf treedt pas in werking vanaf een nader door de minister te bepalen datum. In de tussentijd wordt gerekend met $W_{light,rm\ r,ctrl}$ = 0 kWh.

Eq. 133

$$W_{light,rm\ r,ctrl,m} = \sum_k \Big[P_{light,rm\ r,ctrl,on,k} \cdot f_{occ,light,fct\ f} \cdot \left(t_{day,fct\ f,m} + t_{night,fct\ f,m}\right) + P_{light,rm\ r,ctrl,off,k} \cdot \left(\frac{1000 \cdot t_m}{3.6} - f_{occ,light,fct\ f} \cdot \left(t_{day,fct\ f,m} + t_{night,fct\ f,m}\right)\right) \Big] \Big/ 1000$$

(kWh)

waarin:

$W_{light,rm\ r,ctrl,m}$	het maandelijks elektriciteitsverbruik van de regeling dat nog niet inbegrepen is in het verbruik, in kWh;
$P_{light,rm\ r,ctrl,on,k}$	het vermogen van voeding k van de (groepen van) regelingen (met inbegrip van eventuele voorschakelapparaten, sensoren en/of schakelaars) tijdens de gebruiksuren, dat nog niet in het vermogen van de armaturen is inbegrepen, in W. Als waarde bij ontstentenis geldt voor elke voeding van regelingen, schakelingen, sensoren (al dan niet geïntegreerd in de armatuur), enz. 3 W per armatuur die door het toestel bediend wordt;
$P_{light,rm\ r,ctrl,off,k}$	het vermogen van voeding k van elk van de (groepen van) regelingen (met inbegrip van eventuele voorschakelapparaten, sensoren en/of schakelaars) buiten de gebruiksuren, in W. Als waarde bij ontstentenis geldt voor elke voeding van regelingen, schakelingen, sensoren (al dan niet geïntegreerd in de armatuur), enz. 3 W per armatuur die door het toestel bediend wordt;
$f_{occ,light,fct\ f}$	een reductiefactor voor het in rekening brengen van een systeem dat de verlichting regelt in functie van de bezetting van de ruimte, ontleend aan Tabel [29], (-);
$t_{day,fct\ f,m}$	het aantal gebruiksuren per maand in de dagperiode, van het functioneel deel f waartoe de ruimte r behoort, ontleend aan Tabel [31], in h;
$t_{night,fct\ f,m}$	het aantal gebruiksuren per maand in de nachtperiode, van het functioneel deel f waartoe de ruimte r behoort, ontleend aan Tabel [32], in h.

Indien een regeling voor meerdere ruimten instaat, dient voor $f_{occ,light,fct\ f}$ de maximale waarde van elk van die ruimten genomen te worden.

Er dient gesommeerd te worden over alle voedingen k die in de ruimte r opgesteld staan.

Specifiek kenmerk voor het functioneel deel "onderwijs": het maandelijks elektriciteitsverbruik van de regeling dat nog niet inbegrepen is in het verbruik, $W_{light,rm\ r,ctrl,m,}$ dat onderdeel uitmaakt van de verlichtingsinstallatie van ruimte r die zich in functioneel deel "onderwijs" bevindt, wordt voor de maanden juli en augustus gelijk genomen aan nul.

9.3.3 Rekenwaarde voor het vermogen per ruimte

De rekenwaarde voor het verlichtingsvermogen per ruimte wordt bepaald met:

- indien de gewenste verlichtingssterkte niet instelbaar is:

Eq. 134
$$P_{light,rmr} = P_{nom,rmr} \quad (kW)$$

waarin:

$P_{light,rm\ r}$ de rekenwaarde voor het vermogen, in kW;

$P_{nom,rm\ r}$ de rekenwaarde voor het nominaal vermogen van ruimte r, zoals hieronder bepaald, in kW.

- Indien de gewenste verlichtingssterkte wel vrij instelbaar is (hetzij armatuur per armatuur, hetzij per groep van armaturen), en dit voor alle armaturen in de ruimte[11]:

Eq. 135
$$P_{light,rmr} = P_{nom,rmr} \cdot \min\left(1 \ ; \ \frac{L_{thresh} + f_{reduc,light} \cdot (L_{rmr} - L_{thresh})}{L_{rmr}}\right) \quad (kW)$$

waarin:

$P_{light,rm\ r}$ de rekenwaarde voor het vermogen, in kW;

$P_{nom,rm\ r}$ de rekenwaarde voor het nominaal vermogen zoals hieronder bepaald, in kW;

$L_{design,rm\ r}$ de ontwerpwaarde voor de dimensieloze hulpvariabele, bepaald volgens § 9.3.1.2, (-);

$f_{reduc,light}$ reductiefactor met als waarde: $f_{reduc,light} = 0,5$, (-);

L_{thresh} drempelwaarde voor L, met als waarde: $L_{thresh} = 250$, (-).

Bepaal per ruimte de rekenwaarde voor het nominaal vermogen door sommatie van de vermogens van alle verlichtingsarmaturen (lampen met inbegrip van ev. voorschakelapparaten, sensoren en regelingen), met:

Eq. 136
$$P_{nom,rmr} = \frac{\sum_{k} P_{fitting,k}}{1000} \quad (kW)$$

waarin:

$P_{nom,rm\ r}$ de rekenwaarde voor het nominaal vermogen van alle lampen met inbegrip van eventuele voorschakelapparaten, sensoren, regelingen en/of schakelaars in ruimte r, in kW;

$P_{fitting,k}$ de rekenwaarde voor het vermogen van (alle) lamp(en) met inbegrip van eventuele voorschakelapparaten, sensoren, regelingen en/of schakelaars van verlichtingsarmatuur k, in W.

Er dient gesommeerd te worden over alle armaturen k in de ruimte r.

[11] Indien $L_{design,rm\ r}$ gelijk is aan nul (bv. omdat geen gegevens over de geïnstalleerde armaturen verschaft werden), geldt $P_{light,rm\ r} = P_{nom,rm\ r}$

9.3.4 Verdeling in daglicht- en kunstlichtdeel

Indien het daglichtdeel apart dimbaar is, kan een lager elektriciteitsverbruik ingerekend worden (zie § 9.3.2.2.1 en Tabel [30]).

De oppervlakte van het kunstlichtdeel is de gebruiksoppervlakte van de ruimte r verminderd met de oppervlakte van het daglichtdeel:

Eq. 137 $A_{f,rmr,artif\ area} = A_{f,rmr} - A_{f,rmr,dayl\ area}$ (m²)

waarin:

$A_{f,rm\ r,artif\ area}$	de oppervlakte van het kunstlichtdeel van ruimte r, in m²;
$A_{f,rm\ r}$	de totale gebruiksoppervlakte van ruimte r, in m²;
$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$	de oppervlakte van het daglichtdeel van ruimte r zoals hieronder bepaald, in m².

Als er geen daglichtopeningen in de ruimte zijn, neemt men $A_{f,rm\ r,dayl\ area} = 0$.

Als er wel daglichtopeningen in de ruimte zijn, kan men terugvallen op de waarden bij ontstentenis (zie § 9.3.4.1), of kan gekozen worden voor een conventionele, meer verfijnde bepalingsmethode (zie § 9.3.4.2).

9.3.4.1 Waarden bij ontstentenis voor de bepaling van het daglichtdeel

Bepaal de oppervlakte van het daglichtdeel, met:

Eq. 138 $A_{f,rmr,daylarea} = f_{daylarea,rmr} \cdot A_{f,rmr}$ (m²)

waarin:

$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$	de oppervlakte van het daglichtdeel van ruimte r, in m²;
$f_{dayl\ area,rm\ r}$	de fractie van de oppervlakte van ruimte r die bij ontstentenis beschouwd wordt als daglichtdeel, ontleend aan Tabel [33], (-);
$A_{f,rm\ r}$	de totale gebruiksoppervlakte van ruimte r, in m².

Tabel [33]: Fractie van de ruimte die beschouwd wordt als daglichtdeel $f_{dayl\ area,rm\ r,}$ per functie

Functies		**In geval er geen daglicht-toetreding in de desbetreffende ruimte is**	**In geval er wel daglicht-toetreding in de desbetreffende ruimte is**
Logeerfunctie		0,00	0,15
Kantoor		0,00	0,20
Onderwijs		0,00	0,30
Gezondheidszorg	met verblijf	0,00	0,15
	zonder verblijf	0,00	0,15
	operatiezalen	0,00	0,00
Bijeenkomst	hoge bezetting	0,00	0,20
	lage bezetting	0,00	0,20
	cafetaria/refter	0,00	0,20
Keuken		0,00	0,20
Handel		0,00	0,10
Sport	sporthal, sportzaal	0,00	0,20
	fitness, dans	0,00	0,20
	sauna, zwembad	0,00	0,20
Technische ruimten		0,00	0,10
Gemeenschappelijk		0,00	0,10
Andere		0,00	0,10
Onbekende functie		0,00	0,00

9.3.4.2 Conventionele methode voor de bepaling van het daglichtdeel

De conventionele bepaling van het daglichtdeel wordt voor elke beschouwde ruimte gestaafd aan de hand van een figuur, zoals Figuur [6] hieronder. Een eerste bijdrage aan het daglichtdeel wordt gevormd door de verticale projectie op de gebruiksoppervlakte van naar binnen hellende en horizontale (bv. daklichten) daglichtopeningen. Een tweede bijdrage wordt geleverd door verticale daglichtopeningen en door de equivalente verticale openingen van hellende vensters. Daartoe wordt elk hellend venster geprojecteerd op een verticaal vlak dat door de bovenste rand van het venster gaat (zie Figuur [5]). De precieze bepaling van beide bijdragen gebeurt volgens § 9.3.4.2.1 en § 9.3.4.2.2.

Overlappende gedeelten worden afgetrokken om de totale oppervlakte van het daglichtdeel te bepalen:

Eq. 139 $$A_{f,rmr,dayl\ area} = A_{f,rmr,dayl\ area,vert} + A_{f,rmr,dayl\ area,depth} - A_{f,rmr,overlap} \quad (m^2)$$

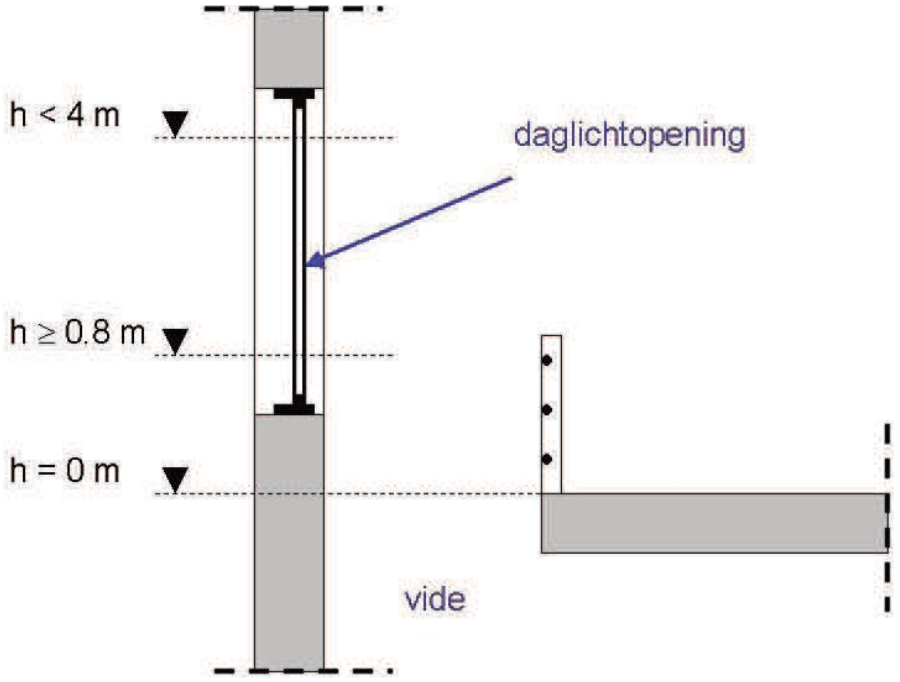
waarin:

$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$	de totale gebruiksoppervlakte van het daglichtdeel van ruimte r, in m²;
$A_{f,rm\ r,dayl\ area,vert}$	de gebruiksoppervlakte overeenkomend met de verticale projectie van daglichtopeningen, bepaald volgens § 9.3.4.2.1, in m²;
$A_{f,rm\ r,dayl\ area,depth}$	de gebruiksoppervlakte van de bijdrage van de (equivalente) verticale daglichtopeningen, bepaald volgens § 9.3.4.2.2, in m²;
$A_{f,rm\ r,overlap}$	de gebruiksoppervlakte die zowel aan de voorwaarden van § 9.3.4.2.1 als die van § 9.3.4.2.2 voldoet, in m².

Voorwaarden:

Bij de bepaling van de bovenkant van de doorlaat en de onderkant van de doorlaat van verticale daglichtopeningen moet voldaan zijn aan de in Figuur [4] aangegeven voorwaarden. Dit wil zeggen dat de hoogte van de onderkant van de daglichtopening (transparant deel van het venster) waarmee gerekend moet worden minimaal 0,8 m bedraagt, ook al is de reële waarde kleiner. Analoog bedraagt de hoogte van de bovenkant maximaal 4 m. De hoogten worden bepaald vanaf de afgewerkte vloer.

Figuur [4]: Projectie van de bovenkant van de vloer op de gevel (bv. bij vides) en begrenzing van de te beschouwen minimale en maximale hoogte van de (equivalente) verticale daglichtopening



9.3.4.2.1 Oppervlaktebijdrage van de verticale projectie van daglichtopeningen

De bijdrage van horizontale en naar binnen hellende daglichtopeningen[12] aan de oppervlakte van het daglichtdeel bestaat uit de som van de oppervlakten van de verticale projecties van deze daglichtopeningen op de onderliggende vloer, voor zover gelegen binnen de gebruiksoppervlakte van de ruimte, zie Figuur [5].

Bepaal deze oppervlakte per ruimte met:

$$A_{f,rmr,daylarea,vert} = \sum_{k} A_{f,rmr,daylarea,vert,k}$$

Eq. 140 (m²)

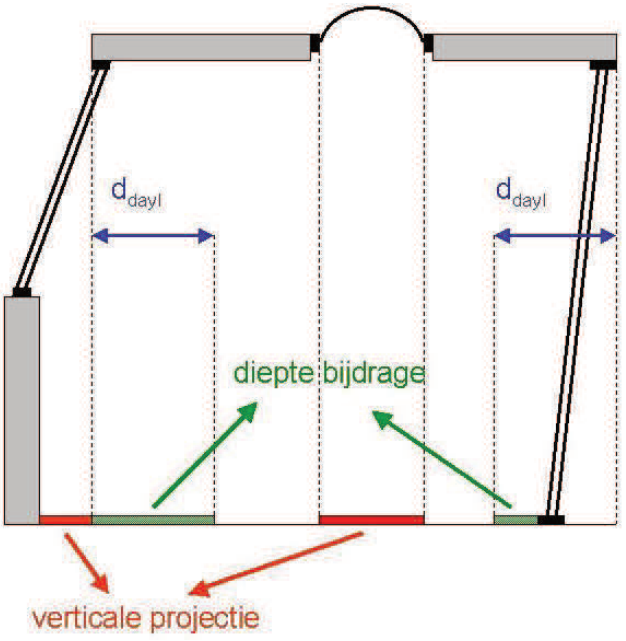
waarin:

$A_{f,rm\ r,dayl\ area,vert}$ de totale oppervlakte binnen een ruimte van de verticale projecties van horizontale en naar binnen hellende daglichtopeningen op onderliggende vloergedeelten, in m²;

$A_{f,rm\ r,dayl\ area,vert,k}$ de oppervlakte van de verticale projectie van daglichtopening k voorzover vallend binnen de gebruiksoppervlakte, in m².

Er dient gesommeerd te worden over alle daglichtbijdragen k.

Figuur [5]: Bijdragen van de verticale projectie en van de diepteprojectie



[12] De visuele transmissiefactor $\tau_{vis,dir,h}$ (loodrechte inval, hemisferische transmissie) van de transparante delen dient minstens 60% te bedragen. Zoniet wordt de daglichtopening niet in beschouwing genomen bij de bepaling van de daglichtoppervlakte.

9.3.4.2.2 Oppervlaktebijdrage van de (equivalente) verticale daglichtopeningen

Bepaal de oppervlaktebijdrage van (equivalente) verticale daglichtopeningen als de som van de door vermenigvuldiging van de lengte en de diepte van het daglichtdeel verkregen oppervlakten, voor zover gelegen binnen de gebruiksoppervlakte van de ruimte, die voldoen aan de voorwaarden voor een bijdrage van de (equivalente) verticale daglichtopeningen met:

$$A_{f,rmr,daylarea,depth} = \sum_{k} l_{dayl,k} \cdot d_{dayl,int,k}$$

Eq. 141 (m²)

waarin:

$A_{f,rm\ r,dayl\ area,depth}$	de oppervlakte van de bijdragen van de (equivalente) verticale daglichtopeningen, in m²;
$l_{dayl,k}$	de gevellengte van het gedeelte van het daglichtdeel behorende bij daglichtopening k bepaald volgens § 9.3.4.2.2.1, in m;
$d_{dayl,int,k}$	de diepte van het gedeelte van het daglichtdeel behorende bij daglichtopening k dat binnen de gebruiksoppervlakte ligt, bepaald volgens § 9.3.4.2.2.2, in m.

Er dient gesommeerd te worden over alle daglichtbijdragen k.

9.3.4.2.2.1 Daglichtlengte l_{dayl}

Neem als gevellengte van het daglichtdeel horende bij een bepaalde daglichtopening de breedte van de doorlaat (dit wil zeggen het transparante deel) van de daglichtopening aan beide zijden vermeerderd met maximaal 0,5 m (maar niet verder dan een aangrenzende dragende binnenmuur). Overlappingen mogen niet dubbel geteld worden, zie Figuur [6].

9.3.4.2.2.2 Daglichtdiepte

Bepaal de daglichtdiepte per (equivalente) verticale daglichtopening als volgt.

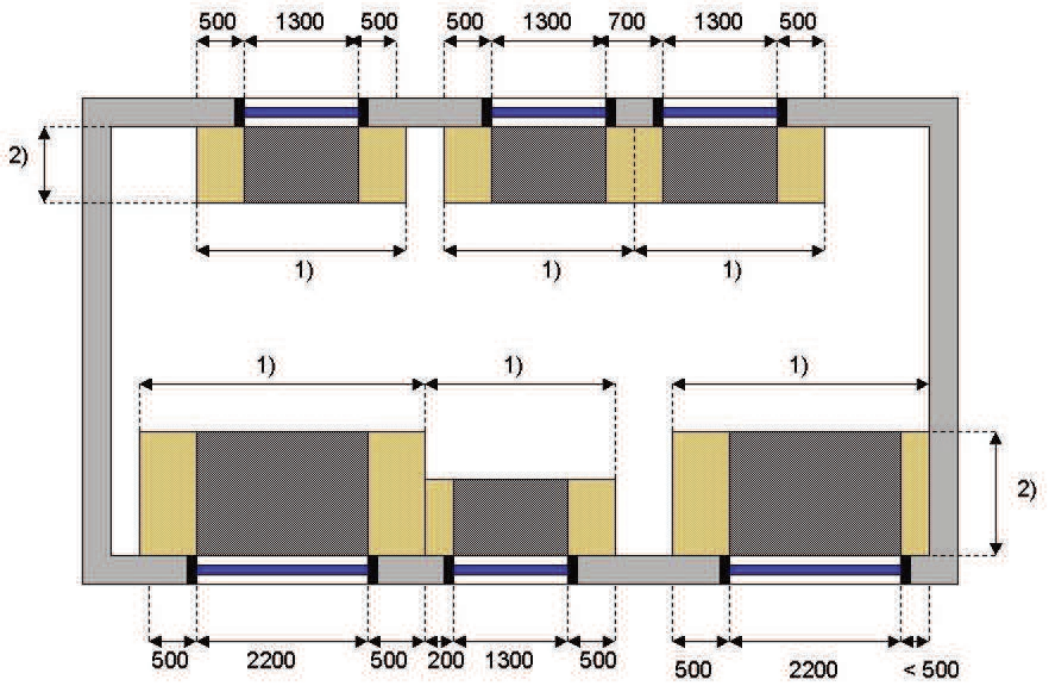
Neem voor hellende daglichtopeningen het verticale vlak dat gaat door de hoogst gelegen uiterste (buitenwerkse) zijkanten van de doorlaat, echter niet hoger dan 4 m boven de bovenkant van de afgewerkte vloer. Zet de daglichtdiepte ter plaatse van de daglichtopening, d_{dayl}, zoals hieronder bepaald, naar binnen uit loodrecht op het aldus bepaalde verticale vlak, of t.o.v. de rand van de gebruiksoppervlakte ingeval van een verticale daglichtopening.

Indien de zo bekomen daglichtoppervlakte volledig binnen de gebruiksoppervlakte ligt, geldt:

Eq. 142 $d_{dayl,int} = d_{dayl}$(-)

Zoniet moet de totale daglichtdiepte verminderd worden met het deel dat buiten ligt om $d_{dayl,int}$ te bekomen (zie vide in Figuur [4] of rechter venster in Figuur [5]).

Figuur [6]: Deel van de gebruiksoppervlakte achter transparante en niet-transparante geveldelen dat behoort tot het daglichtdeel



(In de figuur zijn verschillende daglichtdiepten aangenomen)
1) ldayl: daglichtlengte
2) ddayl: daglichtdiepte

De daglichtdiepte, d_{dayl}, wordt gegeven door:

Eq. 143 Indien de getalwaarde van $(h_o.\tau_v)$ kleiner is dan 0,50, dan geldt:

$$d_{dayl} = 0$$

Indien de getalwaarde van $(h_o.\tau_v)$ groter is dan of gelijk is aan 0,50, dan geldt:

$$d_{dayl} = 0,5 + 3 \cdot (h_o \cdot \tau_v) \quad \text{(m)}$$

waarin:

d_{dayl}	de diepte van het daglichtdeel horende bij de daglichtopening, in m;
h_o	de hoogte van de doorlaat van de daglichtopening, in m;
τ_v	de visuele transmissiefactor $\tau_{vis,dir,h}$ (loodrechte inval, hemisferische transmissie) van de beglazing, bepaald volgens NBN EN 410, (-).

De hoogte van de doorlaat, h_o, wordt gegeven door:

Eq. 144 $$h_o = u_o - l_o \quad \text{(m)}$$

waarin:

h_o	de hoogte van de doorlaat van de daglichtopening, in m;
u_o	de hoogte van de bovenkant van de doorlaat boven de afgewerkte vloeroppervlakte, met een maximum van 4 m, in m;

l_o de hoogte van de onderkant van de doorlaat boven de afgewerkte vloeroppervlakte, met een minimum van 0,8 m, in m.

De daglichtdiepte kan echter nooit meer bedragen dan de diepte van de ruimte.

10 Primair energieverbruik

10.1 Principe

Elk van de deeltermen van het eindenergieverbruik zoals bepaald in de vorige hoofdstukken wordt vermenigvuldigd met een omrekenfactor naar primaire energie, afhankelijk van de betreffende energiedrager. Alle termen worden vervolgens opgeteld om het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik te bekomen. Voor elektriciteit geproduceerd door fotovoltaïsche installaties en gebouwgebonden warmtekrachtkoppeling wordt een bonus ingerekend overeenkomend met de besparing aan brandstof in elektrische centrales.

Enkel de fotovoltaïsche zonne-energiesystemen die voldoen aan de voorwaarden beschreven in § 12.1.1 van bijlage A.1 bij dit besluit, worden beschouwd.

10.2 Het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik

Bepaal het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik van de EPN-eenheid, $E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}$, met:

Eq. 145

$$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons} = \sum_{m=1}^{12}\left(\begin{matrix} E_{p,heat,m} + E_{p,cool,m} + E_{p,water,m} \\ + E_{p,aux,m} + E_{p,light,m} - E_{p,pv,m} - E_{p,cogen,m}\end{matrix}\right) \quad (MJ)$$

waarin:

$E_{p,heat,m}$ het maandelijks primair energieverbruik voor verwarming, berekend volgens § 10.3, in MJ;

$E_{p,cool,m}$ het maandelijks primair energieverbruik voor koeling, berekend volgens § 10.3, in MJ;

$E_{p,water,m}$ het maandelijks primair energieverbruik voor de bereiding van warm tapwater, berekend volgens § 10.4, in MJ;

$E_{p,aux,m}$ het maandelijks primair hulpenergieverbruik, berekend volgens § 10.5, in MJ;

$E_{p,light,m}$ het maandelijks primair energieverbruik voor verlichting, berekend volgens § 10.6, in MJ;

$E_{p,pv,m}$ de maandelijkse besparing aan primaire energie ingevolge elektriciteitsproductie met een fotovoltaïsche installatie, berekend volgens § 13.7 van bijlage A.1 bij dit besluit, in MJ;

$E_{p,cogen,m}$ de maandelijkse besparing aan primaire energie ingevolge elektriciteitsproductie van gebouwgebonden warmtekrachtkoppeling, berekend volgens § 10.7, in MJ.

10.3 Het primair energieverbruik voor verwarming en koeling

Bepaal het maandelijks primair energieverbruik van de EPN-eenheid voor verwarming, $E_{p,heat,m}$, en voor koeling, $E_{p,cool,m}$, met:

Eq. 146

$$E_{p,heat,m} = \sum_{i}\left(f_p \cdot Q_{heat,final,seci,m,pref} + f_p \cdot Q_{heat,final,seci,m,npref}\right) + \sum_{j}\left(f_p \cdot Q_{hum,final,j,m,pref} + f_p \cdot Q_{hum,final,j,m,npref}\right) \quad (MJ)$$

en:

Eq. 147 $$E_{p,cool,m} = \sum_i \left(f_p \cdot Q_{cool,final,sec\,i,m,pref} + f_p \cdot Q_{cool,final,sec\,i,m,npref} \right)$$ (-)

waarin:

f_p	de conventionele omrekenfactor naar primaire energie van de energiedrager van het beschouwde opwekkingstoestel, zoals vastgelegd in bijlage F van bijlage A.1 bij dit besluit, (-);
$Q_{heat,final,seci,m,pref}$	het maandelijks eindenergieverbruik van de preferente warmte-opwekker(s) van energiesector i, zoals bepaald in § 7.2.1, in MJ;
$Q_{heat,final,seci,m,npref}$	het maandelijks eindenergieverbruik van de niet-preferente warmte-opwekker(s) van energiesector i, zoals bepaald in § 7.2.1, in MJ;
$Q_{hum,final,j,m,pref}$	het maandelijks eindenergieverbruik van de preferente warmte-opwekker(s) van bevochtigingstoestel j, zoals bepaald in § 7.2.1, in MJ;
$Q_{hum,final,j,m,npref}$	het maandelijks eindenergieverbruik van de niet-preferente warmte-opwekker(s) van bevochtigingstoestel j, zoals bepaald in § 7.2.1, in MJ;
$Q_{cool,final,seci,m,pref}$	het maandelijks eindenergieverbruik van de preferente koudeleveranciers van energiesector i, zoals bepaald in § 7.2.2, in MJ;
$Q_{cool,final,seci,m,npref}$	het maandelijks eindenergieverbruik van de niet-preferente koudeleveranciers van energiesector i, zoals bepaald in § 7.2.2, in MJ.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i en alle bevochtigingstoestellen j van de EPN-eenheid.

10.4 Het primair energieverbruik voor de bereiding van warm tapwater

Bepaal het maandelijks primair energieverbruik van de EPN-eenheid voor de bereiding van warm tapwater, $E_{p,water,m}$, als:

Eq. 148
$$E_{p,water,m} = \sum_i \left(f_p \cdot Q_{water,bath\ i,final,m,pref} + f_p \cdot Q_{water,bath\ i,final,m,npref} \right) + \sum_j \left(f_p \cdot Q_{water,sink\ j,final,m,pref} + f_p \cdot Q_{water,sink\ j,final,m,npref} \right) + \sum_k \left(f_p \cdot Q_{water,other\ k,final,m,pref} + f_p \cdot Q_{water,other\ k,final,m,npref} \right)$$ (MJ)

waarin:

f_p	de conventionele omrekenfactor naar primaire energie van de energiedrager van het beschouwde opwekkingstoestel, zoals vastgelegd in bijlage F van bijlage A.1 bij dit besluit, (-);
$Q_{water,bath\ i,final,m,pref}$	het maandelijkse eindenergieverbruik van het preferent opwekkingstoestel voor de bereiding van het warm tapwater voor douche of bad i, bepaald volgens § 7.6, in MJ;
$Q_{water,bath\ i,final,m,npref}$	het maandelijkse eindenergieverbruik van het niet-preferent opwekkingstoestel voor de bereiding van het warm tapwater voor douche of bad i, bepaald volgens § 7.6, in MJ;

$Q_{water,sink\ j,final,m,pref}$ het maandelijkse eindenergieverbruik van het preferent opwekkingstoestel voor de bereiding van het warm tapwater voor keukenaanrecht j, bepaald volgens § 7.6, in MJ;

$Q_{water,sink\ j,final,m,npref}$ het maandelijkse eindenergieverbruik van het niet-preferent opwekkingstoestel voor de bereiding van het warm tapwater voor keukenaanrecht j, bepaald volgens § 7.6, in MJ;

$Q_{water,other\ k,final,m,pref}$ het maandelijkse eindenergieverbruik van het preferent opwekkingstoestel voor de bereiding van het warm tapwater voor andere tappunten k voor warm tapwater, bepaald volgens § 7.6, in MJ;

$Q_{water,other\ k,final,m,npref}$ het maandelijkse eindenergieverbruik van het niet-preferent opwekkingstoestel voor de bereiding van het warm tapwater voor andere tappunten k voor warm tapwater, bepaald volgens § 7.6, in MJ.

Er dient gesommeerd te worden over alle douches en baden i, over alle keukenaanrechten j en over alle andere tappunten k voor warm tapwater van de EPN-eenheid.

10.5 Het primair hulpenergieverbruik

Bepaal het maandelijks primair hulpenergieverbruik, $E_{p,aux,m}$, met:

Eq. 345

$$E_{p,aux,m} = f_p \cdot 3,6 \cdot \left(\begin{array}{l} W_{aux,fans,m} + W_{aux,dis,m} + W_{aux,gen,m} \\ + W_{aux,cool,m} + W_{aux,free,m} + W_{aux,precool,m} \end{array} \right) \quad \text{(MJ)}$$

waarin:

f_p de conventionele omrekenfactor naar primaire energie van de betreffende energiedrager, zoals vastgelegd in bijlage F van bijlage A.1 bij dit besluit, (-);

$W_{aux,fans,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik voor ventilatoren in de EPN-eenheid bepaald volgens § 8.1.2, in kWh;

$W_{aux,dis,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik voor distributie in de EPN-eenheid, bepaald volgens § 8.2, in kWh;

$W_{aux,gen,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik voor de warmteopwekking in de EPN-eenheid, bepaald volgens § 8.5, in kWh;

$W_{aux,cool,m}$ het maandelijks extra elektriciteitsverbruik voor koelmachines in de EPN-eenheid, bepaald volgens § 8.3, in kWh;

$W_{aux,free,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik voor free-chilling in de EPN-eenheid, bepaald volgens § 8.4, in kWh;

$W_{aux,precool,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik voor voorkoeling van ventilatielucht in de EPN-eenheid bepaald volgens § 8.6, in kWh.

10.6 Het primair energieverbruik voor verlichting

Bepaal het maandelijks primair energieverbruik voor verlichting, $E_{p,light,m}$, met:

Eq. 150

$$E_{p,light,m} = f_p \cdot 3,6 \cdot W_{light,m} \quad \text{(-)}$$

waarin:

f_p de conventionele omrekenfactor naar primaire energie voor elektriciteit, zoals vastgelegd in bijlage F van bijlage A.1 bij dit besluit, (-);

$W_{light,m}$ het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting in de EPN-eenheid bepaald volgens § 9.1.2, in kWh.

10.7 De primaire energiebesparing ingevolge de elektriciteitsproductie van gebouwgebonden warmtekrachtkoppeling

Bepaal de equivalente maandelijkse primaire energiebesparing ingevolge de elektriciteitsproductie van de gebouwgebonden WKK-installatie(s) met:

$$E_{p,cogen,m} = \sum_i f_p \cdot 3,6 \cdot W_{cogen,i,m}$$

Eq. 151 (-)

waarin:

$E_{p,cogen,m}$ de maandelijkse vermindering van het primaire energieverbruik overeenkomend met de maandelijkse hoeveelheid elektriciteit geproduceerd door gebouwgebonden WKK, in MJ;

f_p de conventionele omrekenfactor naar primaire energie voor elektriciteit d.m.v. WKK, zoals vastgelegd in bijlage F van bijlage A.1 bij dit besluit, (-);

$W_{cogen,i,m}$ de maandelijkse hoeveelheid elektriciteit die door de gebouwgebonden WKK-installatie i geproduceerd wordt, bepaald volgens § A.4, in kWh.

Er dient gesommeerd te worden over alle gebouwgebonden WKK-installaties i.

Bijlage A Warmtekrachtkoppeling

A.1 Principe

In een WKK-installatie wordt gelijktijdig warmte en elektriciteit geproduceerd. Het eindenergieverbruik (d.w.z. het brandstofverbruik) van de WKK wordt berekend volgens § 10.2 van bijlage A.1 bij dit besluit, voor de energiesectoren van de EPW-eenheden en volgens § 10.7 van deze bijlage, voor de energiesectoren van de EPN-eenheden. Deze opwekking wordt omgezet naar een hoeveelheid bespaarde primaire energie volgens § 12.2.2 van bijlage A.1 bij dit besluit voor de EPW-eenheden en volgens § 10.3 van deze bijlage voor de EPN-eenheden.

De hoeveelheid geproduceerde elektriciteit door WKK wordt in deze bijlage bepaald.

A.2 Bepaling van het elektrisch en thermisch omzettingsrendement van WKK

Het elektrisch omzettingsrendement van WKK is de verhouding van de geproduceerde elektrische energie tot de energie-inhoud (o.b.v. de bovenste verbrandingswaarde) van de verbruikte brandstof. Het thermisch omzettingsrendement is de verhouding van de geproduceerde warmte tot de energie-inhoud (o.b.v. de bovenste verbrandingswaarde) van de verbruikte brandstof.

Voor interne verbrandingsmotoren op aardgas, op gas afkomstig van biomassa, op gasolie en op plantaardige olie worden de omzettingsrendementen bepaald in § A.2.1. De omzettingsrendementen voor andere technologieën worden bepaald in § A.2.2.

A.2.1 Bepaling van het elektrisch en thermisch omzettingsrendement van een interne verbrandingsmotor op aardgas, gas afkomstig van biomassa, gasolie of plantaardige olie

De bepalingsmethode van de omzettingsrendementen is afhankelijk van het elektrisch vermogen van de WKK-installatie.

Als het elektrisch vermogen van de WKK-installatie niet gekend is, mag het bepaald worden als volgt:

Eq. 158 $$P_{cogen,elec} = a \cdot (P_{cogen,th})^{b}$$ (kW)

waarin:

$P_{cogen,elec}$	het elektrisch vermogen van de WKK-installatie, in kW;
a, b	parameters (variabel in functie van de gebruikte brandstof) voor de bepaling van het elektrisch vermogen in functie van het thermisch vermogen, ontleend aan Tabel [34], (-);
$P_{cogen,th}$	het thermisch vermogen van de WKK-installatie, in kW. Dit vermogen wordt bepaald overeenkomstig de methode voor gastoestellen.

Tabel [34]: Parameters voor de bepaling van het elektrisch vermogen in functie van het thermisch vermogen (interne verbrandingsmotor)

Brandstof	a	b
aardgas	0,3323	1,123
gas afkomstig van biomassa	0,3305	1,147
gasolie	0,3947	1,131
plantaardige olie	0,3306	1,152

Geval 1: $P_{cogen,elec}$ < 5 kW

Ontleen de elektrische en thermische omzettingsrendementen van de WKK-installatie aan Tabel [35].

Tabel [35]: Elektrische en thermische omzettingsrendementen van WKK (interne verbrandingsmotor, $P_{cogen,elec}$ < 5 kW)

Brandstof	$\varepsilon_{cogen,elec}$	$\varepsilon_{cogen,th}$
aardgas	0,251	0,573
gas afkomstig van biomassa	0,248	0,542
gasolie	0,279	0,536
plantaardige olie	0,268	0,573

Geval 2: 5 kW ≤ $P_{cogen,elec}$ ≤ 5000 kW

De elektrische en thermische omzettingsrendementen van de WKK-installatie worden bepaald als volgt:

Eq. 159 $$\varepsilon_{cogen,elec} = a_{elec} \cdot (P_{cogen,elec})^{b_{elec}}$$ (-)

Eq. 160 $$\varepsilon_{cogen,th} = a_{th} \cdot (P_{cogen,elec})^{b_{th}}$$ (-)

waarin:

ε_{elec} het elektrisch omzettingsrendement van de WKK-installatie, (-);

a_{elec}, b_{elec} parameters (variabel in functie van de gebruikte brandstof) voor de bepaling van het elektrisch omzettingsrendement, ontleend aan Tabel [36], (-);

$P_{cogen,elec}$ het elektrisch vermogen van de WKK-installatie, in kW. Indien dit vermogen niet gekend is, wordt het bepaald zoals hierboven beschreven;

ε_{th} het thermisch omzettingsrendement van de WKK-installatie, (-);

a_{th}, b_{th} parameters (variabel in functie van de gebruikte brandstof) voor de bepaling van het thermisch omzettingsrendement, ontleend aan Tabel [36], (-).

Tabel [36]: Parameters voor de bepaling van het elektrisch en thermisch omzettingsrendement van WKK (interne verbrandingsmotor, 5 kW ≤ $P_{cogen,elec}$ ≤ 5000 kW)

Brandstof	a_{elec}	b_{elec}	a_{th}	b_{th}
aardgas	0,228	0,061	0,623	-0,053
gas afkomstig van biomassa	0,222	0,069	0,601	-0,065
gasolie	0,253	0,063	0,587	-0,057
plantaardige olie	0,240	0,070	0,637	-0,066

Geval 3: $P_{cogen,elec}$ > 5000 kW

Ontleen de elektrische en thermische omzettingsrendementen van de WKK-installatie aan Tabel [37].

Tabel [37]: Elektrische en thermische omzettingsrendementen van WKK (interne verbrandingsmotor, $P_{cogen,elec}$ > 5000 kW)

Brandstof	$\varepsilon_{cogen,elec}$	$\varepsilon_{cogen,th}$
aardgas	0,384	0,396
gas afkomstig van biomassa	0,400	0,345
gasolie	0,433	0,361
plantaardige olie	0,436	0,363

A.2.2 Bepaling van het elektrisch en thermisch omzettingsrendement van andere technologieën dan interne verbrandingsmotoren op aardgas, gas afkomstig van biomassa, gasolie of plantaardige olie

De elektrische en thermische omzettingsrendementen van WKK die niet onder § A.2.1 valt (zoals stirlingmotoren, gasturbines, ORC-systemen, brandstofcellen, …), worden bepaald als volgt:

$$\varepsilon_{cogen,elec} = 0,77 \cdot \frac{P_{cogen,elec}}{P_{cogen,elec} + P_{cogen,th}}$$

Eq. 161 (-)

$$\varepsilon_{cogen,th} = 0,77 \cdot \frac{P_{cogen,th}}{P_{cogen,elec} + P_{cogen,th}}$$

Eq. 162 (-)

waarin:

ε_{elec}	het elektrisch omzettingsrendement van de WKK-installatie, (-);
$P_{cogen,th}$	het thermisch vermogen van de WKK-installatie, in kW. Dit vermogen wordt bepaald overeenkomstig de methode voor gastoestellen;
$P_{cogen,elec}$	het elektrisch vermogen van de WKK-installatie, in kW;
ε_{th}	het thermisch omzettingsrendement van de WKK-installatie, (-).

A.3 Bepaling van het maandelijks eindenergieverbruik van een WKK-installatie

A.3.1 Rekenregel

Bepaal het maandelijks eindenergieverbruik van WKK-installatie i o.b.v. de ruimteverwarming, bevochtiging, warm tapwater en thermisch aangedreven koeling die door WKK-installatie i wordt gedekt, met:

$$Q_{cogen,final,i,m} = \frac{Q_{cogen,heat,i,m} + Q_{cogen,hum,i,m} + Q_{cogen,cool,i,m} + Q_{cogen,water,i,m}}{\varepsilon_{cogen,th}} \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 163

waarin:

$Q_{cogen,final,i,m}$	het maandelijks eindenergieverbruik van WKK-installatie i, in MJ;
$Q_{cogen,heat,i,m}$	het aandeel van WKK-installatie i in de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming, bepaald volgens § A.3.2, in MJ;
$Q_{cogen,hum,i,m}$	het aandeel van WKK-installatie i in de maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging, bepaald volgens § A.3.3, in MJ;
$Q_{cogen,cool,i,m}$	het aandeel van WKK-installatie i in de maandelijkse bruto warmtebehoefte voor thermisch aangedreven koeling, bepaald volgens § A.3.4, in MJ;
$Q_{cogen,water,i,m}$	het aandeel van de WKK-installatie i in de maandelijkse bruto warmtebehoefte voor warm tapwater, bepaald volgens § A.3.5;
$\varepsilon_{cogen,th}$	het thermisch omzettingsrendement van de WKK-installatie, bepaald volgens § A.2, (-).

A.3.2 Door WKK gedekte bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming

Bepaal het aandeel van WKK-installatie i in de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming voor de gehele EPN-eenheid met:

$$Q_{cogen,heat,i,m} = \sum_i f_{heat,m,pref} \cdot \left(1 - f_{as,heat,seci,m}\right) \cdot Q_{heat,gross,seci,m} \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 164

waarin:

$Q_{cogen,heat,i,m}$	het aandeel van WKK-installatie i in de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming, in MJ;
$f_{heat,m,pref}$	het aandeel van WKK in de warmtelevering aan de betrokken energiesector, bepaald volgens § 7.3.1, (-);
$f_{as,heat,sec\ i,m}$	het aandeel van de totale warmtebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i dat door een thermisch zonne-energiesysteem gedekt wordt, bepaald zoals beschreven in § 7.2.1, (-);
$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van energiesector i, bepaald volgens § 6.2, in MJ.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i in de EPN-eenheid waaraan WKK-installatie i warmte levert.

A.3.3 Door WKK gedekte netto energiebehoefte voor bevochtiging

Bepaal het aandeel van WKK-installatie i in de maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging voor de gehele de EPN-eenheid met:

$$Q_{cogen,hum,i,m} = \sum_{j} f_{heat,m,pref} \cdot \left(1 - f_{as,hum,j,m}\right) \cdot Q_{hum,net,j,m}$$

Eq. 165 (MJ)

waarin:

$Q_{cogen,hum,i,m}$	het aandeel van WKK-installatie i in de maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging, in MJ;
$f_{heat,m,pref}$	het aandeel van WKK in de warmtelevering aan het betreffende bevochtigingstoestel, bepaald volgens § 7.3.1, (-);
$f_{as,hum,j,m}$	het aandeel van de totale warmtebehoefte voor bevochtigingstoestel j dat door een thermisch zonne-energiesysteem gedekt wordt, bepaald zoals beschreven in § 7.2.1, (-);
$Q_{hum,net,j,m}$	de maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging van bevochtigingstoestel j, bepaald volgens § 5.10, in MJ.

Er dient gesommeerd te worden over alle bevochtigingstoestellen j in de EPN-eenheid waaraan de WKK-installatie i warmte levert.

A.3.4 Door WKK gedekte bruto warmtebehoefte voor thermisch aangedreven koeling

Bepaal het aandeel van WKK-installatie i in de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling voor de gehele EPN-eenheid met:

$$Q_{cogen,cool,i,m} = \sum_{i} f_{heat,m,pref} \cdot \frac{f_{cool,pref} \cdot Q_{cool,gross,sec\,i,m}}{EER_{nom}}$$

Eq. 166 (MJ)

waarin:

$Q_{cogen,cool,i,m}$	het aandeel van de WKK-installatie i in de maandelijkse bruto energiebehoefte van een thermisch aangedreven koelmachine, in MJ;
$f_{heat,m,pref}$	het aandeel van WKK in de warmtelevering aan de betreffende thermisch aangedreven koelmachine, bepaald volgens § 7.3.1, (-);
$f_{cool,pref}$	het aandeel van de thermisch aangedreven koelmachine in de koudelevering aan de betrokken energiesector, bepaald volgens § 7.3.2, (-);
EER_{nom}	de prestatiecoëfficiënt (Energy Efficiency Ratio), bepaald zoals vastgelegd in § 7.5.2, (-);
$Q_{cool,gross,sec\,i,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimtekoeling van de energiesector i die door de thermisch aangedreven koelmachine bediend wordt, bepaald volgens § 6.2, in MJ.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren i in de EPN-eenheid waaraan de door WKK-installatie i gevoede thermisch aangedreven koelmachine koude levert.

A.3.5 Door WKK gedekte bruto energiebehoefte voor warm tapwater

Bepaal het aandeel van WKK-installatie in de maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater voor de gehele EPN-eenheid met:

Eq. 167

$$Q_{cogen,water,i,m} = \sum_i f_{heat,m,pref} \times (1 - f_{as,water,bath\ i,m}) \times Q_{water,bath\ i,gross,m} + \sum_j f_{heat,m,pref} \times (1 - f_{as,water,sink\ j,m}) \times Q_{water,sink\ j,gross,m} + \sum_k f_{heat,m,pref} \times (1 - f_{as,water,other\ k,m}) \times Q_{water,other\ k,gross,m} \quad (MJ)$$

waarin:

$Q_{cogen,water,i,m}$	het aandeel van de WKK-installatie i in de maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater, in MJ;
$f_{heat,m,pref}$	het aandeel van WKK in de warmtelevering aan de tappunten voor warm tapwater, bepaald volgens § 7.3.1, (-);
$f_{as,m}$	het aandeel van de totale warmtebehoefte dat door een thermisch zonne-energiesysteem gedekt wordt, bepaald zoals beschreven in § 7.2.1. Met indices "water,bath i", "water,sink j" en "water,other k" voor de warm tapwater bereiding van respectievelijk douche/bad i, keukenaanrecht j en ander tappunt k, (-);
$Q_{water,bath\ i,gross,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater van douche of bad i, bepaald volgens § 6.5, in MJ;
$Q_{water,sink\ j,gross,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater van keukenaanrecht j, bepaald volgens § 6.5, in MJ;
$Q_{water,other\ k,gross,m}$	de maandelijkse bruto energiebehoefte voor warm tapwater van andere tappunten k voor warm tapwater, bepaald volgens § 6.5, in MJ;

Er moet worden gesommeerd over alle douches en baden i, alle keukenaanrechten j en alle andere tappunten voor warm tapwater k in de EPN-eenheid waaraan de WKK-installatie i warmte levert.

A.4 Bepaling van de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit

Stel ingeval van niet-gebouwgebonden WKK de maandelijkse hoeveelheid geproduceerde elektriciteit gelijk aan 0. De primaire energiebesparing wordt in dit geval reeds ingerekend in de primaire energiefactor voor externe warmtelevering. Dus: $W_{cogen,i,m} = 0$

Bepaal de maandelijkse hoeveelheid elektriciteit die door de gebouwgebonden WKK-installatie i geproduceerd wordt, als volgt:

Eq. 168

$$W_{cogen,i,m} = \frac{\varepsilon_{cogen,elec}}{3,6} \cdot Q_{cogen,final,i,m} \quad (kWh)$$

waarin:

$W_{cogen,i,m}$	de maandelijkse hoeveelheid elektriciteit die door WKK-installatie i geproduceerd wordt, in kWh;
$\varepsilon_{cogen,elec}$	het elektrisch omzettingsrendement van de WKK-installatie, bepaald volgens § A.2, (-);
$Q_{cogen,final,i,m}$	het maandelijks eindenergieverbruik van WKK-installatie i, bepaald volgens § A.3, in MJ.

A.5 Lege paragraaf

Die paragraaf is bewust leeg gelaten.

A.6 Bepaling van de minimale waterinhoud van een buffervat om 30 minuten productie van een WKK-installatie op vol vermogen op te slaan

Bepaal de minimale waterinhoud van een buffervat om 30 minuten warmteproductie van de gebouwgebonden WKK-installatie i op vol vermogen op te slaan, bij conventie, met:

$$V_{stor,30min,i} = \frac{0,44 \cdot P_{cogen,th,i}}{(\theta_{cogen,i} - \theta_{return,design,i})} \quad (m^3)$$

Eq. 170

waarin:

$V_{stor,30\ min,i}$	de benodigde waterinhoud van een buffervat voor 30 minuten opslag van de warmteproductie, in m^3;
$P_{cogen,th,i}$	het thermisch vermogen van de WKK-installatie i, in kW. Dit vermogen wordt bepaald overeenkomstig de methode voor gastoestellen;
$\theta_{cogen,i}$	de temperatuur waarop de WKK-installatie i warmte aflevert, in °C;
$\theta_{return,design,i}$	de ontwerpretourtemperatuur van het warmteafgiftesysteem waaraan de WKK-installatie i warmte levert, zoals bepaald in 10.2.3.2 van bijlage A.1 bij dit besluit, in °C.

Bijlage B Voorkoeling van ventilatielucht

B.1 Rekenregel

De maandelijkse vermenigvuldigingsfactor $r_{precool,fct\ f,m}$ voor het effect van voorkoeling van ventilatielucht voor de koelberekeningen van functioneel deel f is gelijk aan de maandelijkse vermenigvuldigingsfactor voor het effect van voorkoeling van ventilatielucht van energiesector i waarvan het functioneel deel uitmaakt en deze is gelijk aan de maandelijkse vermenigvuldigingsfactor voor het effect van voorkoeling van ventilatielucht van de ventilatiezone z waarvan de energiesector i deel uitmaakt:

Eq. 171 $r_{precool,fct\ f} = r_{precool,seci,m} = r_{precool,zone\ z,m}$ (-)

Indien er geen systeem is voor voorkoeling van ventilatielucht in ventilatiezone z, of indien slechts een gedeelte van het hygiënisch ventilatiedebiet van ventilatiezone z gekoeld wordt met behulp van een systeem voor voorkoeling van ventilatielucht, neem $r_{precool,zone\ z,m} = 1$

Indien er meerdere EPB-eenheden gebruik maken van hetzelfde systeem voor voorkoeling van ventilatielucht is de waarde bij ontstentenis voor $r_{precool,zone\ z,m} =1$, betere waarden kunnen bepaald worden op basis van een gelijkwaardigheidsaanvraag.

Indien er wel een systeem voor voorkoeling aanwezig is en het ganse hygiënisch ventilatiedebiet van ventilatiezone z gekoeld wordt met behulp van een systeem voor voorkoeling van ventilatielucht dient $r_{precool,zone\ z,m}$ te worden bepaald door de verhouding van de temperatuurval veroorzaakt door het voorkoelsysteem en het oorspronkelijke temperatuurverschil en de effectiviteit van het voorkoelsysteem $e_{precool,m}$.

Eq. 172
$$r_{precool,zone\ z,m} = 1 - e_{precool,m} \cdot \left(\frac{\theta_{precool,ref,max,m} - \theta_{e,V,cool,m}}{\theta_{i,cool,fct\ f} - \theta_{e,V,cool,m}} \right) \quad (-)$$

met:

$e_{precool,m}$	de maandelijkse effectiviteit van het betreffende voorkoelsysteem, (-);
$\theta_{precool,ref,max,m}$	de referentietemperatuur voor maximale temperatuurdaling, in °C;
$\theta_{e,V,cool,m}$	de conventionele rekenwaarde voor de toevoertemperatuur van de ventilatielucht voor hygiënische ventilatie voor de koelberekeningen, ontleend aan Tabel [45], in °C;
$\theta_{i,cool,fct\ f}$	de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, bepaald volgens § 5.2.3, in °C;

Voor twee types technologieën wordt een uitdrukking voor $e_{precool,m}$ en $\theta_{precool,ref,max,m}$ uitgewerkt in volgende paragrafen.

Voor andere technologieën dient $r_{precool,zone\ z}$ bepaald te worden volgens vooraf door de minister bepaalde regels.

B.2 Aarde-water warmtewisselaar

Bodemwarmtewisselaars worden gebruikt om ventilatielucht te koelen of te verwarmen (voorverwarming/voorkoeling). Hierbij wordt gebruik gemaakt van de thermische massa van aarde om warmte naar over te dragen. Op een voldoende diepte is de grondtemperatuur stabiel. In de zomer betekent dit dat de toegevoerde ventilatielucht kan worden afgekoeld, in de winter kan deze worden opgewarmd. Bij aarde-water warmtewisselaars wordt water door een reeks buizen gestuurd, die via een collector aan een luchtbatterij zijn gekoppeld. Het water dat door een pomp door de buizen wordt gecirculeerd, zal de lucht verwarmen of koelen.

B.2.1 Effectiviteit eprecool,m van het voorkoelsysteem

Voor een aarde-water warmtewisselaar is de waarde bij ontstentenis:

Eq. 173 $$e_{precool,m} = 0{,}7 \cdot w_{soil/water,m} \quad (-)$$

met:

$w_{soil/water,m}$ een maandelijkse factor die de werkingstijd van de aarde-water warmtewisselaar inrekent, (-).

Eq. 174

Als $\theta_{e,heat,m} - \theta_{soil,m} \leq 0$ stel $w_{soil/water,m} = 0$

Als $0 < \theta_{e,heat,m} - \theta_{soil,m} \leq 2$ stel $w_{soil/water,m} = 0{,}5$

Als $\theta_{e,heat,m} - \theta_{soil,m} > 2$ stel $w_{soil/water,m} = 1$ (-)

waar:

$\theta_{e,heat,m}$ de maandgemiddelde buitentemperatuur voor verwarmingsberekeningen, ontleend aan Tabel [1], in °C;

$\theta_{soil,m}$ de maandgemiddelde bodemtemperatuur afhankelijk van de diepte van de grondbuis, zoals bepaald in § B.2.2, in °C;

B.2.2 Referentietemperatuur voor maximale temperatuurdaling θprecool,ref,max,m

De referentietemperatuur voor de bepaling van de prestatie van de aarde-water warmtewisselaar wordt gegeven door:

Eq. 346 $$\theta_{precool,ref,max,m} = \frac{\left(\frac{e_{wt} \cdot \theta_{soil,m}}{e_{wt} - 1} - \frac{0.34 \cdot \sum_f \dot{V}_{hyg,fct\ f}}{1160 \dot{V}_W} \cdot \theta_{e,V,cool,m} \right)}{\left(1 - \frac{0.34 \cdot \sum_f \dot{V}_{hyg,fct\ f}}{1160 \dot{V}_W} + \frac{1}{e_{wt} - 1} \right)} \quad (°C)$$

met:

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor hygiënische ventilatie dat door de aarde-water warmtewisselaar voorgekoeld wordt in functioneel deel f, in m³/h, bepaald volgens de principes uit § 5.6.2.2;

$\dot{V}_w$ het waterdebiet doorheen de aarde-water warmtewisselaar, in m^3/h;

e_{wt} de effectiviteit van de aarde-water warmtewisselaar, zoals hieronder bepaald;

$\theta_{soil,m}$ de maandgemiddelde bodemtemperatuur afhankelijk van de diepte van de grondbuis, zoals hieronder bepaald, in °C;

$\theta_{e,V,cool,m}$ de conventionele rekenwaarde voor de toevoertemperatuur van de ventilatielucht voor hygiënische ventilatie voor de koelberekeningen, ontleend aan Tabel [1], in °C;

Er dient gesommeerd te worden over alle alle functionele delen f van ventilatiezone z, die worden bediend door de aarde-water warmtewisselaar.

Voor de bepaling van de maandgemiddelde bodemtemperatuur $\theta_{soil,m}$ wordt er onderscheid gemaakt tussen horizontale en verticale grondbuizen.

- Horizontale grondbuizen: ontleen de maandgemiddelde bodemtemperatuur aan Tabel [38]
- Verticale grondbuizen: bepaal de maandgemiddelde bodemtemperatuur met onderstaande formule:

$$\theta_{soil,m} = \frac{\theta_{soil,1m,m} + \theta_{soil,2m,m} + \theta_{soil,3m,m} + \theta_{soil,4m,m} + \theta_{soil,5m,m} \cdot \left(L_{soil/water} - 4\right)}{L_{soil/water}}$$

Eq. 176 (°C)

met:

$\theta_{soil,1m,m}$, $\theta_{soil,2m,m}$ $\theta_{soil,3m,m}$, $\theta_{soil,4\ m,m}$ $\theta_{soil,5m,m}$ De maandgemiddelde bodemtemperatuur op respectievelijk 1, 2, 3, 4 en 5 m diepte, ontleend aan Tabel [38];

$L_{soil/water}$ de maximale diepte van de grondbuis, in m.

Tabel [38]: gemiddelde bodemtemperaturen voor de bepaling van $\theta_{soil,m}$

	Jan	Feb	Maa	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
0,5 m	4,2	4,3	5,8	8,8	12,1	15,1	16,8	16,8	15,0	12,1	8,7	5,9
1 m	5,4	5,0	6,0	8,2	11,0	13,8	15,5	16,0	14,9	12,7	9,8	7,2
2 m	7,5	6,5	6,6	7,8	9,6	11,7	13,5	14,5	14,3	13,2	11,3	9,2
3 m	9,0	7,9	7,6	7,9	9,0	10,5	11,9	13,1	13,4	13,1	11,9	10,5
4 m	10,0	9,0	8,5	8,4	8,9	9,8	10,9	11,9	12,5	12,6	12,1	11,2
5 m+	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

Voor tussenliggende diepten wordt de tabel geïnterpoleerd.

De effectiviteit van de aarde-water warmtewisselaar wordt gegeven door:

$$e_{wt} = 1 - e^{-\frac{\alpha_{wt} A_{wt}}{1160 . \dot{V}_W}}$$

Eq. 177 (-)

met:

α_{wt} de warmtedoorgangscoëfficiënt van de buizen in de aarde-water warmtewisselaar, zoals hieronder bepaald, in W/(m².K);

A_{wt} de warmtewisselende oppervlakte van de buizen, in m², zoals hieronder bepaald;

$\dot{V}_W$ het waterdebiet doorheen de aarde-water warmtewisselaar, in m³/h;

De warmtedoorgangscoëfficiënt van de buizen α_{wt} wordt gegeven door:

Eq. 178
$$\alpha_{wt} = \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\ln\left(\left(D_{tube} + 2t_{tube}\right) / D_{tube} \right)}{2\lambda_{tube} / D_{tube}} + \frac{\ln\left(\left(D_{tube} + 2t_{soil}\right) / \left(D_{tube} + 2t_{tube}\right) \right)}{2\lambda_{soil} / D_{tube}} \right)^{-1} \quad (W/(m^2.K))$$

met:

α_i de inwendige convectiecoëfficiënt van stroming in de buis van de warmtewisselaar voor voorkoeling, zoals hieronder bepaald, in W/(m².K);

t_{soil} de dikte van het grondmassief rond de buis dat in rekening wordt gebracht, zoals hieronder bepaald, in m;

D_{tube} de binnendiameter van de buis, in m;

t_{tube} de dikte van de buiswand, in m;

λ_{tube} de thermische geleidbaarheid van de buis, in W/(m.K);

λ_{soil} de thermische geleidbaarheid van de grond, gelijk aan 2, in W/(m.K).

De inwendige convectiecoëfficiënt wordt gegeven door:

- voor water:

Eq. 179
$$\alpha_i = 0,58 . \frac{Nu}{D_{tube}} \quad (W/(m^2.K))$$

- voor een oplossing water/glycol (alle types):

Eq. 180
$$\alpha_i = 0,43 . \frac{Nu}{D_{tube}} \quad (W/(m^2.K))$$

met:

Eq. 181
$$Nu = \left(Nu_{lam}^5 + Nu_{turb}^5 \right)^{1/5} \quad (-)$$

Eq. 182
$$Nu_{lam} = \left[3,66^3 + 1,61^3 . \left(\frac{Re . Pr . D_{tube}}{L_{tube}} \right) \right]^{1/3} \quad (-)$$

en:

$$Nu_{turb} = \frac{f_{turb} \cdot (Re - 1000) \cdot Pr}{2 \times \left(1 + 12{,}7 \cdot \sqrt{\frac{f_{turb}}{2}} \cdot \left(Pr^{2/3} - 1\right)\right)}$$

Eq. 183 (-)

met:

$$f_{turb} = (1{,}58 \cdot \ln Re - 3{,}28)^{-2}$$

Eq. 184 (-)

met:

- Voor Water:

$$Re = 996200 \cdot \frac{4}{3600 \cdot \pi} \cdot \frac{\dot{V}_w}{n_{tube} \cdot D_{tube}}$$

Eq. 185 (-)

Pr = 7

- Voor een oplossing water/glycol (alle types):

$$Re = 624200 \cdot \frac{4}{3600 \cdot \pi} \cdot \frac{\dot{V}_w}{n_{tube} \cdot D_{tube}}$$

Eq. 186 (-)

Pr = 12,5

De dikte van het grondmassief rond de buis dat in rekening wordt gebracht t_{soil} wordt gegeven door:

Eq. 187

$$t_{soil} = \frac{p_{tube} - D_{tube}}{2} \text{ als } p_{tube} - D_{tube} < 0{,}5$$

$$t_{soil} = 0{,}25 \text{ als } p_{tube} - D_{tube} \geq 0{,}5$$

(m)

met:

p_{tube} de afstand tussen de parallelle buizen, in m;

D_{tube} de binnendiameter van de buis, in m.

De warmtewisselende oppervlakte A_{wt} wordt gegeven door:

$$A_{wt} = \pi \cdot D_{tube} \cdot L_{tube} \cdot n_{tube}$$

Eq. 188 (m²)

met:

D_{tube} de binnendiameter van de buis, in m;

L_{tube} de lengte van de buis, in m;

n_{tube} het aantal buizen in parallel, , , (-).

B.3 Verdampingskoeling

Verdampingskoeling (of adiabate koeling) bestaat in principe uit een methode om door injectie van water de toevoerlucht van een gebouw te koelen. Er bestaan een groot aantal variaties van deze technologie, met verschillende voorbehandelingen en recuperatietechnologieën. De prestatie van verdampingskoelsystemen is sterk variabel met de wijze van ontwerp van deze systemen.

Indien gewoon water wordt geïnjecteerd in de toevoerlucht of afvoerlucht dan kan gebruik gemaakt worden van onderstaande methode.

Voor andere meer complexe systemen dient $r_{precool,j,m}$ bepaald te worden volgens het principe van gelijkwaardigheid.

B.3.1 Effectiviteit $e_{precool,m}$ van het voorkoelsysteem

Voor verdampingskoeling is de waarde bij ontstentenis voor de effectiviteit:

Eq. 189 $$e_{precool,m} = 0{,}8 \cdot w_{evap,m} \quad (-)$$

met:

$w_{evap,m}$ een factor die de werkingstijd van de verdampingskoeling inrekent, (-):

Eq. 190 Als $Q_{cool,net,m} \leq 0$ stel $w_{evap,m} = 0$

Als $Q_{cool,net,m} > 0$ stel $w_{evap,m} = 1$ (MJ)

waarin:

Eq. 191 $$Q_{cool,net,m} = \sum Q_{cool,net,sec\,l,m} \quad (MJ)$$

met:

$Q_{cool,net,secl,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector l, bepaald zonder de verdampingskoeling in rekening te brengen, in MJ.

Er dient gesommeerd te worden over alle energiesectoren l van de EPN-eenheid die gebruik maken van verdampingskoeling.

B.3.2 Referentietemperatuur voor maximale temperatuurdaling θprecool,ref,max,m

Indien gewoon water wordt geïnjecteerd in de toevoerlucht of afvoerlucht dan is de referentietemperatuur de natteboltemperatuur van de respectievelijke luchtstroom. De waarde bij ontstentenis voor $\theta_{precool,ref,max,m}$ wordt gelijk gesteld aan de maandgemiddelde natteboltemperatuur ontleend aan Tabel [39].

Tabel [39]: andgemiddelde natteboltemperatuur (°C)

Jan	Feb	Maa	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
1,9	1,7	3,0	5,9	9,3	12,7	14,6	14,7	12,0	9,7	4,8	2,3

Bijlage C Bepaling van de referentiewaarde voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik

C.1 Inleiding

Bij de bepaling van de referentiewaarde voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik worden in grote lijnen dezelfde rekenprincipes gevolgd als bij de berekening van het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik. Daarom wordt in deze bijlage dezelfde structuur als in de hoofdtekst gevolgd en wordt de uiteindelijke referentiewaarde voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik bepaald in de laatste paragraaf van deze bijlage, zie § C.5.1.

C.2 Referentiewaarde voor de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming, ruimtekoeling, warm tapwater en bevochtiging

C.2.1 Referentiewaarde voor de rekenwaarde binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening en de koelberekeningen en tussentijdse temperatuuraanpassing

C.2.1.1 Continue verwarming

Voor functionele delen met de functie:

- logeerfunctie;
- gezondheidszorg – met verblijf;
- gezondheidszorg – operatiezalen;
- sport – sporthal / sportzaal;

geldt:

Eq. 192 $\theta_{i,heat,fct\ f,ref} = \theta_{i,heat,fct\ f,avg} = \theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ (°C)

met:

$\theta_{i,heat,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van functioneel deel f, zoals gebruikt in § C.2.2 voor de bepaling van de maandelijkse transmissie- en ventilatieverliezen, in °C;

$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ de gemiddelde binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van functioneel deel f, ontleend aan

Tabel [4], in °C;

$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ de instelwaarde van de binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van functioneel deel f, ontleend aan

Tabel [4], in °C.

C.2.1.2 Bijna-continue verwarming

C.2.1.2.1 Lage inertie

Voor de functionele delen die niet worden afgedekt door § C.2.1.1, wordt bij de bepaling van de referentiewaarde de tussentijdse verwarming beschouwd als continue verwarming als de referentiewaarde voor de inertie van het beschouwde functionele deel voldoende laag is, meer bepaald als:

Eq. 194 $\tau_{heat,fct\ f,ref} < 0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f}$ (h)

dan geldt:

Eq. 195 $\theta_{i,heat,fct\ f,ref} = \theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ (°C)

waarin:

$\tau_{heat,fct\ f,ref}$	de referentiewaarde voor de tijdsconstante voor de verwarming van functioneel deel f, bepaald volgens § C.2.2, in h;
$t_{unocc,min,fct\ f}$	de kortste periode gedurende dewelke functioneel deel f niet bezet is, ontleend aan Tabel [5], in h;
$\theta_{i,heat,fct\ f,ref}$	de referentiewaarde voor de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van functioneel deel f, zoals gebruikt in § C.2.2 voor de bepaling van de maandelijkse transmissie- en ventilatieverliezen, in °C;
$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$	de gemiddelde binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van functioneel deel f, ontleend aan

Tabel [4], in °C.

C.2.1.2.2 Hoge inertie

Voor de functionele delen die niet worden afgedekt door § C.2.1.1, wordt bij de bepaling van de referentiewaarde de tussentijdse verwarming beschouwd als continue verwarming als de referentiewaarde voor de inertie van het beschouwde functionele deel voldoende hoog is, meer bepaald als:

Eq. 197 $\tau_{heat,fct\ f,ref} > 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f}$ (h)

dan geldt:

Eq. 198 $\theta_{i,heat,fct\ f,ref} = \theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ (°C)

waarin:

$\tau_{heat,\ fct\ f,ref}$	de referentiewaarde voor de tijdsconstante voor de verwarming van functioneel deel f, bepaald volgens § C.2.2, in h;
$t_{unocc,max,fct\ f}$	de langste periode gedurende dewelke functioneel deel f niet bezet is, ontleend aan Tabel [5], in h;
$\theta_{i,heat,fct\ f,ref}$	de referentiewaarde voor de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van functioneel deel f, zoals gebruikt in § C.2.2 voor de bepaling van de maandelijkse transmissie- en ventilatieverliezen, in °C;
$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$	de instelwaarde van de binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van functioneel deel f, ontleend aan

Tabel [4], in °C.

C.2.1.3 Tussentijdse temperatuurverlaging

Voor de functionele delen die niet worden afgedekt door § C.2.1.1 en waarvoor geen enkele voorwaarde uit § C.2.1.2.1 (Eq. 194) of § C.2.1.2.2 (Eq. 197) is voldaan, geldt:

$$\theta_{i,heat,fct\ f,ref} = \theta_{i,heat,fct\ f,avg} + \left(\frac{(\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint} - \theta_{i,heat,fct\ f,avg}) \cdot}{\log_{10}\left[\frac{2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f} - 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f} - 9 \cdot \tau_{heat,fct\ f,ref}}{0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f} - 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f}} \right]} \right) \quad (-)$$

Eq. 379

waarin:

$\theta_{i,heat,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van functioneel deel f, zoals gebruikt in § C.2.2 voor de bepaling van de maandelijkse transmissie- en ventilatieverliezen, in °C;

$\theta_{i,heat,fct\ f,avg}$ de gemiddelde binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van van functioneel deel f, ontleend aan

Tabel [4], in °C;

$\theta_{i,heat,fct\ f,setpoint}$ de instelwaarde van de binnentemperatuur voor de verwarmingsberekening van functioneel deel f, ontleend aan

Tabel [4], in °C;

$t_{unocc,min,fct\ f}$ de kortste periode gedurende dewelke functioneel deel f niet bezet is, ontleend aan Tabel [5], in h;

$t_{unocc,max,fct\ f}$ de langste periode gedurende dewelke functioneel deel f niet bezet is, ontleend aan Tabel [5], in h;

$\tau_{heat,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de tijdsconstante voor de verwarming van functioneel deel f, bepaald volgens § C.2.2, in h.

C.2.1.4 Continu koelen

Voor functionele delen met de functie:

- logeerfunctie;
- gezondheidszorg - met verblijf;
- gezondheidszorg - operatiezalen;

geldt:

Eq. 347 $\theta_{i,cool,fct\ f,ref} = \theta_{i,cool,fct\ f,avg} = \theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ (°C)

Eq. 348 $a_{cool,int,fct\ f,m,ref} = 1$ (-)

met:

$\theta_{i,cool,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, zoals gebruikt in § C.2.3 voor de bepaling van de maandelijkse transmissie- en ventilatieverliezen, in °C;

$\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ de gemiddelde binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, ontleend aan Tabel [44], in °C;

$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ de instelwaarde van de binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, ontleend aan Tabel [44], in °C;

$a_{cool,int,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de reductiefactor die rekening houdt met tussentijdse temperatuurverhogingen, van functioneel deel f voor de maand m, (-).

C.2.1.5 Bijna-continue koeling

C.2.1.5.1 Lage inertie

Voor de functionele delen die niet worden afgedekt door § C.2.1.4, wordt bij de bepaling van de referentiewaarde de bijna-continue koeling toch beschouwd als continue koeling als de referentiewaarde voor de inertie van het beschouwde functionele deel voldoende laag is, meer bepaald als:

Eq. 349 $\tau_{cool,int,fct\ f,ref} < 0,2 \cdot t_{unocc,min,fct\ f}$ (h)

dan geldt:

Eq. 350 $\theta_{i,cool,fct\ f,ref} = \theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ (°C)

Eq. 351 $a_{cool,int,fct\ f,m,ref} = 1$ (-)

waarin:

$\tau_{cool,int,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de tijdsconstante voor het bepalen van de reductiefactor die rekening houdt met tussentijdse temperatuurverhogingen, van functioneel deel f, zoals hieronder bepaald, in h;

$t_{unocc,min,fct\ f}$ de kortste periode gedurende dewelke functioneel deel f niet bezet is, ontleend aan Tabel [5], in h;

$\theta_{i,cool,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, zoals gebruikt in § C.2.3 voor de bepaling van de maandelijkse transmissie- en ventilatieverliezen, in °C;

$\theta_{i,cool,fct\ f,avg}$ de gemiddelde binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, ontleend aan Tabel [44], in °C;

$a_{cool,int,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de reductiefactor die rekening houdt met tussentijdse temperatuurverhogingen, van functioneel deel f voor de maand m, (-).

De referentiewaarde voor de tijdsconstante voor het bepalen van de reductiefactor die rekening houdt met tussentijdse temperatuurverhogingen, van functioneel deel f, wordt bepaald als volgt:

Eq. 352 $$\tau_{cool,int,fct\ f,m,ref} = \frac{C_{fct\ f,ref}}{3,6 \cdot \left(H_{T,fct\ f,ref} + H_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref}\right)}$$ (h)

waarin:

$C_{fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de effectieve thermische capaciteit van functioneel deel f, bepaald volgens § C.2.8, in kJ/K;

$H_{T,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, bepaald volgens § C.2.4, in W/K;

$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § C.2.5.2, in W/K.

C.2.1.5.2 Hoge inertie

Voor de functionele delen die niet worden afgedekt door § C.2.1.4, wordt bij de bepaling van de referentiewaarde de bijna-continue koeling toch beschouwd als continue koeling als de referentiewaarde voor de inertie van het beschouwde functionele deel voldoende hoog is, meer bepaald als:

Eq. 353 $\tau_{cool,int,fct\ f,ref} > 3 \cdot t_{unocc,max,fct\ f}$ (h)

dan geldt:

Eq. 354 $\theta_{i,cool,fct\ f,ref} = \theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ (°C)

Eq. 355 $a_{cool,int,fct\ f,m,ref} = 1$ (-)

waarin:

$\tau_{cool,int,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de tijdsconstante voor het bepalen van de reductiefactor die rekening houdt met tussentijdse temperatuurverhogingen, van functioneel deel f, zoals bepaald in C.2.1.5.1, in h;

$t_{unocc,max,fct\ f}$ de langste periode gedurende dewelke functioneel deel f niet bezet is, ontleend aan Tabel [5], in h;

$\theta_{i,cool,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, zoals gebruikt in § C.2.3 voor de bepaling van de maandelijkse transmissie- en ventilatieverliezen, in °C;

$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ de instelwaarde van de binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, ontleend aan Tabel [44], in °C;

$a_{cool,int,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de reductiefactor die rekening houdt met tussentijdse temperatuurverhogingen, van functioneel deel f voor de maand m, (-).

C.2.1.6 Tussentijdse temperatuurverhoging

Voor de functionele delen die niet worden afgedekt door § C.2.1.4 en waarvoor geen enkele voorwaarde uit § C.2.1.5.1 (Eq. 349) of § C.2.1.5.2 (Eq. 353) is voldaan, geldt:

Eq. 356
$$\theta_{i,cool,fct\ f,ref} = \theta_{i,cool,fct\ f,setpoint} \quad (°C)$$

en:

Eq. 357
$$a_{cool,int,fct\ f,m,ref} = \max\left[f_{cool,fct\ f}\,;\,1 - 3 \cdot \left(\frac{\tau_{0,cool}}{\tau_{cool,fct\ f,ref}}\right) \cdot Y_{cool,fct\ f,m,ref} \cdot \left(1 - f_{cool,fct\ f}\right)\right] \quad (-)$$

waarin:

$\theta_{i,cool,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, zoals gebruikt in § C.2.3 voor de bepaling van de maandelijkse transmissie- en ventilatieverliezen, in °C;

$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$ de instelwaarde van de binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, ontleend aan Tabel [44], in °C;

$a_{cool,int,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de reductiefactor die rekening houdt met tussentijdse temperatuurverhogingen, van functioneel deel f voor de maand m, (-);

$f_{cool,fct\ f}$ de bezettingsfractie per week dat functioneel deel f wordt gekoeld op de instelwaarde van de binnentemperatuur (zonder temperatuurverhoging). Deze fractie is gelijk aan het aantal dagen per week dat de functioneel deel bezet is, bepaald volgens Tabel [2], gedeeld door 7 (-);

$\tau_{0,cool}$ een constante, ontleend aan Tabel [3], in h;

$\tau_{cool,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de tijdsconstante voor koeling van functioneel deel f, bepaald volgens § C.2.3, in h;

$Y_{cool,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse winst-verliesverhouding voor koeling van functioneel deel f, bepaald volgens § C.2.3, (-).

C.2.2 Referentiewaarde voor de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming

De referentiewaarde voor de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming per energiesector wordt als volgt bepaald:

$$Q_{heat,net,sec\ i,m,ref} = \sum_{f} Q_{heat,net,int,fct\ f,m,ref} \quad (MJ)$$

Eq. 380 $$Q_{heat,net,sec\ i,m,ref} = \sum_{f} Q_{heat,net,fct\ f,m,ref} \quad (MJ)$$

met:

$Q_{heat,net,sec\ i,m,ref}$ de referentiewaarde voor de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming, rekening houdend met tussentijdse temperatuurverlagingen, van energiesector i voor de maand m, in MJ;

$Q_{heat,net,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming, rekening houdend met tussentijdse temperatuurverlagingen, van functioneel deel f voor de maand m, zoals hieronder bepaald, in MJ.

Er moet worden gesommeerd over alle functionele delen f van energiesector i.

Specifiek kenmerk voor de functie "technische ruimten": de referentiewaarde voor de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming van de functionele delen met die functie, rekening houdend met tussentijdse temperatuurverlagingen, $Q_{heat,net,fct\ f,m,ref}$, wordt voor het hele jaar gelijk genomen aan nul.

Specifiek kenmerk voor de functie "onderwijs": de referentiewaarde voor de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming van de functionele delen met die functie, rekening houdend met tussentijdse temperatuurverlagingen, $Q_{heat,net,fct\ f,m,ref}$, wordt voor de maanden juli en augustus gelijk genomen aan nul.

Bepaal de referentiewaarde voor de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming, rekening houdend met tussentijdse temperatuurverlagingen, per functioneel deel met:

Eq. 204 Indien $\gamma_{heat,fct\ f,m,ref}$ groter is dan of gelijk is aan 2,5, of kleiner dan 0, geldt: $Q_{heat,net,fct\ f,m,ref} = 0$ (MJ)

Indien $\gamma_{heat,fct\ f,m,ref}$ kleiner is dan 2,5 en groter is dan of gelijk is aan 0, geldt:

$$Q_{heat,net,fct\ f,m,ref} = Q_{L,heat,fct\ f,m,ref} - \eta_{util,heat,fct\ f,m,ref} \cdot Q_{g,heat,fct\ f,m,ref}$$ (MJ)

met:

Eq. 205 $$Q_{L,heat,fct\ f,m,ref} = Q_{T,heat,fct\ f,m,ref} + Q_{V,heat,fct\ f,m,ref}$$ (MJ)

Eq. 206 $$Q_{g,heat,fct\ f,m,ref} = Q_{i,heat,fct\ f,m,ref} + Q_{s,heat,fct\ f,m,ref}$$ (MJ)

waarin:

$\gamma_{heat,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor de maandelijkse winst-verliesverhouding van functioneel deel f voor de maand m, zoals hieronder bepaald, (-);
$Q_{heat,net,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming, rekening houdend met tussentijdse temperatuurverlagingen, van functioneel deel f voor de maand m, in MJ;
$Q_{L,heat,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor het maandelijks warmteverlies door transmissie en ventilatie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, in MJ;
$\eta_{util,heat,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor de maandelijkse benuttingsfactor voor de warmtewinsten van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, zoals hieronder bepaald, (-);
$Q_{g,heat,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor de maandelijkse warmtewinsten door bezonning en interne warmteproductie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, in MJ;
$Q_{T,heat,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor het maandelijks warmteverlies door transmissie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, zoals hieronder bepaald, in MJ;
$Q_{V,heat,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor het maandelijks warmteverlies door ventilatie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, zoals hieronder bepaald, in MJ;
$Q_{i,heat,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor de maandelijkse interne warmteproductie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, bepaald volgens § C.2.6, in MJ;
$Q_{s,heat,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor de maandelijkse zonnewarmtewinst van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, bepaald volgens § C.2.7, in MJ.

en:

Eq. 207 $$Q_{T,heat,fct\ f,m,ref} = H_{T,fct\ f,ref} \cdot (\theta_{i,heat,fct\ f,ref} - \theta_{e,heat,m}) \cdot t_m$$ (MJ)

Eq. 208 $$Q_{V,heat,fct\ f,m,ref} = H_{V,heat,fct\ f,ref} \cdot (\theta_{i,heat,fct\ f,ref} - \theta_{e,heat,m}) \cdot t_m$$ (MJ)

waarin:

$H_{T,fct\ f,ref}$	de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie van functioneel deel f, bepaald volgens § C.2.4, in W/K;
$H_{V,heat,fct\ f,ref}$	de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, bepaald volgens § C.2.5.1, in W/K;
$\theta_{i,heat,fct\ f,ref}$	de referentiewaarde voor de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de bepaling van de energiebehoefte voor verwarming, bepaald volgens § C.2.1, in °C;
$\theta_{e,heat,m}$	de maandgemiddelde buitentemperatuur voor verwarmingsberekeningen, ontleend aan Tabel [1], in °C;
t_m	de duur van de maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.

Bereken referentiewaarde voor de de benuttingsfactor voor verwarming per functioneel deel per maand, $\eta_{util,heat,fct\ f,m,ref}$, met:

Eq. 209 indien $\gamma_{heat,fct\ f,m,ref} \neq 1$: $\eta_{util,heat,fct\ f,m,ref} = \frac{1-\left(\gamma_{heat,fct\ f,m,ref}\right)^{a_{ref}}}{1-\left(\gamma_{heat,fct\ f,m,ref}\right)^{a_{ref}+1}}$ (-)

indien $\gamma_{heat,fct\ f,m,ref} = 1$: $\eta_{util,heat,fct\ f,m,ref} = \frac{a_{ref}}{a_{ref}+1}$ (-)

waarbij de de referentiewaarde voor de maandelijkse winst-verliesverhouding per functioneel deel per maand, $\gamma_{heat,fct\ f,m,ref}$, gedefinieerd is als:

Eq. 210 $\gamma_{heat,fct\ f,m,ref} = \frac{Q_{g,heat,fct\ f,m,ref}}{Q_{L,heat,fct\ f,m,ref}}$ (-)

waarin, als $Q_{L,heat,fct\ f,m,ref}$ gelijk is aan nul, $\gamma_{heat,fct\ f,m}$ niet wordt berekend en de waarde van $Q_{heat,net,fct\ f,m,ref}$ gelijk is aan nul.

en waarbij de referentiewaarde voor de numerieke parameter a_{ref} voor functioneel deel f gegeven wordt door:

Eq. 211 $a_{ref} = a_{0,heat} + \frac{\tau_{heat,fct\ f,ref}}{\tau_{0,heat}}$ (-)

met als referentiewaarde voor de tijdconstante voor verwarming van functioneel deel f, $\tau_{heat,fct\ f,ref}$, in h:

Eq. 212 $\tau_{heat,fct\ f,ref} = \frac{C_{fct\ f,ref}}{3,6 \cdot \left(H_{T,fct\ f,ref} + H_{V,heat,fct\ f,ref}\right)}$ (h)

waarin:

$a_{0,heat}$	een constante, ontleend aan Tabel [3], (-);
$\tau_{0,heat}$	een constante, ontleend aan Tabel [3], in h;
$C_{fct\ f,ref}$	de referentiewaarde voor de effectieve thermische capaciteit van functioneel deel f, bepaald volgens § C.2.8, in kJ/K;

$H_{T,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, bepaald volgens § C.2.4, in W/K;

$H_{V,heat,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, bepaald volgens § C.2.5.1, in W/K.

C.2.3 Referentiewaarde voor de netto energiebehoefte voor ruimtekoeling

De referentiewaarde voor de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling per energiesector wordt als volgt bepaald:

Eq. 213 $$Q_{cool,net,sec\ i,m,ref} = \sum_{f} Q_{cool,net,fct\ f,m,ref} \quad (MJ)$$

met:

$Q_{cool,net,sec\ i,m,ref}$ de referentiewaarde voor de netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i voor de maand m, in MJ;

$Q_{cool,net,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van functioneel deel f, voor de maand m, zoals hieronder bepaald, in MJ.

Er moet gesommeerd worden over alle functionele delen f van energiesector i.

Specifiek kenmerk voor de functies "sauna/zwembad" en "technische ruimten": de referentiewaarde voor de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van de functionele delen met een van deze functies, $Q_{cool,net,fct\ f,m,ref}$, wordt voor het hele jaar gelijk genomen aan nul.

Specifiek kenmerk voor de functie "onderwijs": de referentiewaarde voor de netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van de functionele delen met deze functie, $Q_{cool,net,fct\ f,m,ref}$, wordt voor de maanden juli en augustus gelijk genomen aan nul.

Bepaal de referentiewaarde voor de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling per functioneel deel met:

Eq. 358 Indien $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}$ groter is dan of gelijk is aan 2,5, geldt:

$$Q_{cool,net,fct\ f,m,ref} = 0 \quad (MJ)$$

Indien $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}$ kleiner is dan 2,5, geldt:

$$Q_{cool,net,fct\ f,m,ref} = a_{cool,int,fct\ f,m,ref} \cdot \left(Q_{g,cool,fct\ f,m,ref} - \eta_{util,cool,fct\ f,m,ref} \cdot Q_{L,cool,fct\ f,m,ref}\right) \quad (MJ)$$

met:

Eq. 215 $$Q_{g,cool,fct\ f,m,ref} = Q_{i,cool,fct\ f,m,ref} + Q_{s,cool,fct\ f,m,ref} \quad (MJ)$$

Eq. 216 $$Q_{L,cool,fct\ f,m,ref} = Q_{T,cool,fct\ f,m,ref} + Q_{V,cool,fct\ f,m,ref} \quad (MJ)$$

waarin:

$\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse verlies-winstverhouding voor koeling van functioneel deel f, zoals hieronder bepaald, (-);

$Q_{cool,net,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van functioneel deel f, in MJ;

$a_{cool,int,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de reductiefactor die rekening houdt met tussentijdse temperatuurverhogingen, van functioneel deel f voor de maand m, (-), bepaald volgens § C.2.1;

$Q_{g,cool,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse warmtewinsten van functioneel deel f door bezonning en interne warmteproductie voor de koelberekeningen, in MJ;

$\eta_{util,cool,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse benuttingsfactor voor warmteverliezen van functioneel deel f voor de koelberekeningen, zoals hieronder bepaald, (-);

$Q_{L,cool,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor het maandelijks warmteverlies door transmissie en ventilatie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, in MJ;

$Q_{T,cool,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor het maandelijks warmteverlies door transmissie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, zoals hieronder bepaald, in MJ;

$Q_{V,cool,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor het maandelijks warmteverlies door ventilatie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, zoals hieronder bepaald, in MJ;

$Q_{i,cool,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse interne warmteproductie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § C.2.6, in MJ;

$Q_{s,cool,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse zonnewarmtewinst van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § C.2.7, in MJ.

en:

Eq. 359
$$Q_{T,cool,fct\ f,m,ref} = H_{T,fct\ f,ref} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,ref} - \theta_{e,cool,m}\right) \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

Eq. 360
$$Q_{V,cool,fct\ f,m,ref} = Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref} \quad \text{(MJ)}$$

waarin:

Eq. 361
$$Q_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref} = \left[H_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref} \cdot \left(\theta_{i,cool,fct\ f,m,ref} - \theta_{e,V,cool,hyg,m}\right)\right] \cdot t_m \quad \text{(MJ)}$$

en waarin:

$H_{T,cool,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § C.2.4, in W/K;

$\theta_{i,cool,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse rekenwaarde van de binnentemperatuur van functioneel deel f voor de bepaling van de energiebehoefte voor ruimtekoeling, zoals hieronder bepaald, in °C;

$\theta_{e,cool,m}$ de maandgemiddelde buitentemperatuur voor de koelberekeningen, ontleend aan Tabel [1], in °C;

t_m de duur van de maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms;

$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, bepaald volgens § C.2.5.2, in W/K;

$\theta_{e,V,cool,hyg,m}$ de conventionele rekenwaarde voor de toevoertemperatuur van de ventilatielucht voor hygiënische ventilatie voor de koelberekeningen, gelijk aan respectievelijk $\theta_{e,V,cool,m}$, $\theta_{e,V,cool,day,m}$ of $\theta_{e,V,cool,night,m}$ volgens dat het functioneel deel f een permanente, dag- of nachtbezetting heeft (zie Tabel [2]). Deze waarden zijn ontleend aan Tabel [45], in functie van het type van ventilatiesysteem;

Voor functionele delen met de functie logeerfunctie, kantoor of onderwijs, wordt de referentiewaarde voor de maandelijkse rekenwaarde van de binnentemperatuur voor koelberekeningen ontleend aan Tabel [46]. Voor functionele delen met een andere functie geldt:

Eq. 362 $$\theta_{i,cool,fct\ f,m,ref} = \theta_{i,cool,fct\ f,ref} \quad (°C)$$

$\theta_{i,cool,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de rekenwaarde van de binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, bepaald volgens § C.2.1, in °C

Bereken de referentiewaarde voor de benuttingsfactor voor koeling per functioneel deel per maand, $\eta_{util,cool,fct\ f,m,ref}$ met:

Eq. 363 Indien $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref} \geq 0$ en $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref} \neq 1$:

$$\eta_{util,cool,fct\ f,m,ref} = \frac{1 - \left(\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}\right)^{b_{m,ref}}}{1 - \left(\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}\right)^{b_{m,ref}+1}} \quad (-)$$

Indien $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref} = 1$: $\eta_{util,cool,fct\ f,m,ref} = \frac{b_{m,ref}}{b_{m,ref} + 1}$ (-)

Indien $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref} < 0$: $\eta_{util,cool,fct\ f,m,ref} = 1$ (-)

waarbij de referentiewaarde voor de maandelijkse verlies-winstverhouding per functioneel deel, $\lambda_{cool,fct\ f,m,ref}$, gedefinieerd is als:

Eq. 220 $$\lambda_{cool,fct\ f,m,ref} = \frac{Q_{L,cool,fct\ f,m,ref}}{Q_{g,cool,fct\ f,m,ref}} \quad (-)$$

en waarbij de referentiewaarde voor de numerieke parameter $b_{m,ref}$ voor functioneel deel f gegeven wordt door:

Eq. 221 $$b_{m,ref} = b_{0,cool} + \frac{\tau_{cool,fct\ f,m,ref}}{\tau_{0,cool}} \quad (-)$$

met als referentiewaarde voor de maandelijkse tijdconstante voor koeling van functioneel deel f, $\tau_{cool,fct\ f,m,ref}$:

Eq. 364
$$\tau_{cool,fct\ f,m,ref} = \frac{C_{fct\ f,ref}}{3,6 \cdot \left(H_{T,fct\ f,ref} + H_{V,cool,fct\ f,m,ref}\right)} \quad (h)$$

waarin:

$b_{0,cool}$	een constante, ontleend aan Tabel [3], (-);
$\tau_{0,cool}$	een constante, ontleend aan Tabel [3], in h;
$C_{fct\ f,ref}$	de referentiewaarde voor de effectieve thermische capaciteit van functioneel deel f, bepaald volgens § C.2.8, in kJ/K;
$H_{T,fct\ f,ref}$	de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie van functioneel deel f, bepaald volgens § C.2.4, in W/K;
$H_{V,cool,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie, in/exfiltratie en aanvullende mechanische ventilatie of aanvullende ventilatie door het openen van ramen van functioneel deel f voor de koelberekeningen, zoals hieronder bepaald, in W/K.

Bereken de referentiewaarde voor de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie, in/exfiltratie en aanvullende mechanische ventilatie of aanvullende ventilatie door het openen van ramen, $H_{V,cool,fct\ f,m,ref}$ met:

Eq. 365
$$H_{V,cool,fct\ f,m,ref} = \frac{Q_{V,cool,fct\ f,m,ref}}{\left(\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint} - \theta_{e,cool,m}\right) \cdot t_m} \quad (MJ)$$

met:

$Q_{V,cool,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor het maandelijkse warmteverlies door ventilatie van functioneel deel f voor de koelberekeningen zoals hiervoor bepaald, in MJ;
$\theta_{i,cool,fct\ f,setpoint}$	de instelwaarde van de binnentemperatuur voor de berekening van de ruimtekoeling voor functioneel deel f, ontleend aan Tabel [44], in °C;
$\theta_{e,cool,m}$	de maandgemiddelde buitentemperatuur voor de koelberekeningen, ontleend aan Tabel [1], in °C;
t_m	de duur van de maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.

C.2.4 Referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie per functioneel deel

Bepaal de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie van functioneel deel f met:

Eq. 223
$$H_{T,fctf,ref} = H_{T,fctf,ref}^{constructions} + H_{T,fctf,ref}^{junctions} \quad (W/K)$$

met:

$H_{T,fctf,ref}^{constructions}$	de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de scheidingsconstructies van het

verliesoppervlak van functioneel deel f, zoals hieronder bepaald, in W/K;

$H_{T,fctf,ref}^{junctions}$ de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de bouwknopen van het verliesoppervlak van functioneel deel f, zoals hieronder bepaald, in W/K.

Bepaal de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de scheidingsconstructies van functioneel deel f als:

Eq. 224 $$H_{T,fctf,ref}^{constructions} = f_{form} \cdot \left(0{,}5 \cdot A_{T,E,fctf,op} + 2 \cdot f_{tr,fctf} \cdot A_{T,E,fctf,tr}\right) \quad (W/K)$$

met:

$H_{T,fctf,ref}^{constructions}$ de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de scheidingsconstructies van functioneel deel f, in W/K;

f_{form} een factor die rekening houdt met een afwijkende vormefficiëntie van het beschermd volume waarin functioneel deel f zich bevindt, zoals hieronder bepaald, (-);

$A_{T,E,fct\ f,op}$ de totale oppervlakte van alle opake scheidingsconstructies die het functioneel deel f omhullen en waardoorheen transmissieverliezen beschouwd worden bij de bepaling van de energieprestatie[13], in m²;

$f_{tr,fct\ f}$ een factor die rekening houdt met een afwijkend aandeel aan transparante constructies in functioneel deel f, zoals hieronder bepaald, (-);

$A_{T,E,fct\ f,tr}$ de totale oppervlakte van alle transparante scheidingsconstructies die het functioneel deel f omhullen en waardoorheen transmissieverliezen beschouwd worden bij de bepaling van de energieprestatie[13], in m².

Bepaal de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de bouwknopen van het verliesoppervlak van functioneel deel f als:

Eq. 225 $$H_{T,fctf,ref}^{junctions} = f_{form} \cdot \Delta U_{ref} \cdot A_{T,E,fctf} \quad (W/K)$$

waarin:

Eq. 226 als C ≤ 1: $$\Delta U_{ref} = \frac{\Delta K_{ref}}{100} \quad (W/(m^2.K))$$

als 1< C < 4: $$\Delta U_{ref} = \frac{\Delta K_{ref} \cdot (C+2)}{300} \quad (W/(m^2.K))$$

als 4 ≤ C: $$\Delta U_{ref} = \frac{\Delta K_{ref}}{50} \quad (W/(m^2.K))$$

[13] Dus enkel constructies die de scheiding vormen tussen het functioneel deel en aangrenzende verwarmde ruimten, worden niet meegerekend bij de bepaling van $A_{T,E,fct\ f,op}$, , $A_{T,E,fct\ f,tr}$, $A_{T,E,fct\ f}$ en $A_{T,E,vol}$.

en:

Eq. 227 $$C = \frac{V_{vol}}{A_{T,E,vol}}$$ (m)

met:

$H^{junctions}_{T,fctf,ref}$ de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de bouwknopen van het verliesoppervlak van functioneel deel f, in W/K;

f_{form} een factor die rekening houdt met een afwijkende vormefficiëntie van het beschermd volume waarin functioneel deel f zich bevindt, zoals hieronder bepaald, (-);

$A_{T,E,fct\ f}$ de totale oppervlakte van alle scheidingsconstructies die het functioneel deel f omhullen en waardoorheen transmissieverliezen beschouwd worden bij de bepaling van de energieprestatie[13], in m²;

ΔU_{ref} de referentiewaarde voor de toeslag op de warmtedoorgangscoëfficiënt van alle scheidingsconstructies van het beschermd volume waarin het functioneel deel f zich bevindt om rekening te houden met de impact van bouwknopen, in W/(m².K);

ΔK_{ref} de referentiewaarde voor de toeslag op het globale isolatiepeil van het beschermd volume waarin het functioneel deel f zich bevindt, om rekening te houden met bouwknopen, gelijkgesteld aan 3, (-);

C de compactheid van het beschermd volume waarin het functioneel deel f zich bevindt, in m;

V_{vol} het volume van het beschermd volume waarin functioneel deel f zich bevindt;

$A_{T,E,vol}$ de totale oppervlakte van alle scheidingsconstructies die het beschermd volume waarin functioneel deel f zich bevindt, omhullen en waardoorheen transmissieverliezen beschouwd worden bij de bepaling van de energieprestatie[13], in m².

Bepaal de factor die rekening houdt met een afwijkende vormefficiëntie, f_{form}, als:

Eq. 228 $$f_{form} = \min\left[1; \frac{12}{A_{T,E,vol}} \cdot \left(V_{vol}\right)^{2/3}\right]$$ (-)

met:

f_{form} een factor die rekening houdt met een afwijkende vormefficiëntie van het beschermd volume waarin functioneel deel f zich bevindt, (-);

$A_{T,E,vol}$ de totale oppervlakte van alle scheidingsconstructies die het beschermd volume waarin functioneel deel f zich bevindt, omhullen en waardoorheen transmissieverliezen beschouwd worden bij de bepaling van de energieprestatie[13], in m²;

V_{vol} het volume van het beschermd volume waarin functioneel deel f zich bevindt.

Bepaal de factor die rekening houdt met een afwijkend aandeel aan transparante constructies in functioneel deel f, $f_{tr,fct\ f}$, als:

Eq. 229 Indien $A_{T,E,fct\ f,tr}$ gelijk is dan 0, geldt: $f_{tr,fct\ f} = 1$ (-)

Indien $A_{T,E,fct\ f,tr}$ groter is dan 0, geldt:

$$f_{tr,fct\ f} = \min\left(1; \frac{A_{T,E,fctf,tr,ref}}{A_{T,E,fctf,tr}}\right) + 0{,}25 \cdot \left[1 - \min\left(1; \frac{A_{T,E,fctf,tr,ref}}{A_{T,E,fctf,tr}}\right)\right] \quad (-)$$

waarin:

Eq. 230 $A_{T,E,fctf,tr,ref} = 0{,}30 \cdot A_{f,fctf}$ (m^2)

Met:

$f_{tr,fct\ f}$	een factor die rekening houdt met een afwijkend aandeel aan transparante constructies in functioneel deel f, (-);
$A_{T,E,fct\ f,tr,ref}$	de referentiewaarde voor de totale oppervlakte van alle transparante scheidingsconstructies die het functioneel deel f omhullen en waardoorheen transmissieverliezen beschouwd worden bij de bepaling van de energieprestatie, in m^2;
$A_{T,E,fct\ f,tr}$	de totale oppervlakte van alle transparante scheidingsconstructies die het functioneel deel f omhullen en waardoorheen transmissieverliezen beschouwd worden bij de bepaling van de energieprestatie[13], in m^2;
$A_{f,fct\ f}$	de gebruiksoppervlakte van functioneel deel f, in m^2.

C.2.5 Referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie en in/exfiltratie per functioneel deel

C.2.5.1 Referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie voor de verwarmingsberekeningen per functioneel deel

Bepaal de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie voor de verwarmingsberekeningen van functioneel deel f met:

Eq. 231 $H_{V,heat,fct\ f,ref} = H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f,ref} + H_{V,hyg,heat,fct\ f,ref}$ (W/K)

met:

$H_{V,heat,fct\ f,ref}$	de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, in W/K;
$H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f,ref}$	de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie voor de verwarmingsberekeningen van functioneel deel f, bepaald volgens § 0, in W/K;
$H_{V,hyg,heat,fct\ f,ref}$	de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie voor de verwarmingsberekeningen van functioneel deel f, bepaald volgens § C.2.5.1.2, in W/K.

C.2.5.1.1 Referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie voor de verwarmingsberekeningen per functioneel deel

Bepaal de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie voor de verwarmingsberekeningen van functioneel deel f met:

Eq. 232 $$H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f,ref} = 0,16 \cdot f_{form} \cdot A_{T,E,fct\ f} \quad (W/K)$$

met:

$H_{V,in/exfilt,heat,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door in/exfiltratie voor de verwarmingsberekeningen van functioneel deel f , in W/K;

f_{form} een factor die rekening houdt met een afwijkende vormefficiëntie van het beschermd volume waarin functioneel deel f zich bevindt, zoals bepaald in § C.2.4, (-);

$A_{T,E,fct\ f}$ de totale oppervlakte van alle scheidingsconstructies die functioneel deel f omhullen en waardoorheen transmissieverliezen beschouwd worden bij de bepaling van de energieprestatie[13] (zie ook § C.2.4), in m².

C.2.5.1.2 Referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie voor de verwarmingsberekeningen per functioneel deel

Bepaal de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie voor de verwarmingsberekeningen van functioneel deel f met:

Eq. 233
$$H_{V,hyg,heat,fct\ f,ref} = 0,34 \cdot f_{vent,heat,fct\ f} \cdot \sum_r \dot{V}_{hyg,min,rm\,r} + 0,22 \cdot f_{vent,heat,fct\ f} \cdot \sum_r \left(\dot{V}_{hyg,rm\,r} - \dot{V}_{hyg,min,rm\,r} \right) \quad (W/K)$$

met:

$H_{V,hyg,heat,fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie van functioneel deel f, in W/K;

$f_{vent,heat,fct\ f}$ de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de ventilatie in bedrijf is in functioneel deel f, voor de verwarmingsberekeningen, ontleend aan

Tabel [7], (-);

$\dot{V}_{hyg,min,rmr}$ het minimale ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor hygiënische ventilatie van ruimte r, zoals opgelegd in bijlage C.3 bij dit besluit, overeenkomstig de opgegeven ontwerpbezetting, in de veronderstelling dat er niet gerookt wordt en het gebouw weinig vervuilend is, in m^3/h. Als het een speciale ruimte betreft als vermeld in hoofdstuk 6.4 van bijlage C.3 bij dit besluit, dan wordt $\dot{V}_{hyg,min,rm\ r}$ gelijk gesteld aan $\dot{V}_{hyg,rm\ r}$;

$\dot{V}_{hyg,rmr}$ het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor hygiënische ventilatie van ruimte r waarvoor de installatie ontworpen is, in m^3/h.

Indien het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor hygiënische ventilatie in een ruimte kleiner is dan de minimale waarde zoals opgelegd door bijlage VHN bij dit besluit, dan wordt voor de bepaling van $H_{V,ref}$ gerekend met het minimaal geëist debiet. Deze regel geldt echter niet voor speciale ruimten zoals bedoeld in hoofdstuk 6.4 van bijlage VHN bij dit besluit.

Er moet gesommeerd worden over alle ruimten r van het functioneel deel f.

C.2.5.2 Referentiewaarde voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie voor de koelberekeningen per functioneel deel

De referentiewaarde voor de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie voor de koelberekeningen van functioneel deel f wordt als volgt bepaald:

Eq. 235 $$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref} = 0,34 \cdot f_{vent,heat,fct\ f} \cdot \sum_{r} \dot{V}_{hyg,rm\ r} \quad (W/K)$$

met:

$H_{V,hyg,cool,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse warmteoverdrachtscoëfficiënt door hygiënische ventilatie voor de koelberekeningen van functioneel deel f, in W/K;

$f_{vent,heat,fct\ f}$ de conventionele tijdsfractie gedurende dewelke de ventilatie in bedrijf is in functioneel deel f, voor de verwarmingsberekeningen, ontleend aan

Tabel [7], (-);

$\dot{V}_{hyg,rmr}$ het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor hygiënsche ventilatie van ruimte r waarvoor de installatie ontworpen is, in m^3/h.

Indien het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor hygiënsche ventilatie in een ruimte kleiner is dan de minimale waarde zoals opgelegd door bijlage VHN bij dit besluit, dan wordt voor de bepaling van $H_{V,ref}$ gerekend met het minimaal geëist debiet. Deze regel geldt echter niet voor speciale ruimten zoals bedoeld in hoofdstuk 6.4 van bijlage VHN bij dit besluit.

Er moet gesommeerd worden over alle ruimten r van het functioneel deel f.

C.2.6 Referentiewaarde voor de interne warmteproductie

Bepaal de referentiewaarde voor de maandelijkse interne warmteproductie van functioneel deel f voor de verwarmings- en koelberekeningen met:

Eq. 236 $$Q_{i,heat,fct\ f,m,ref} = \Phi_{i,heat,fct\ f,m,ref} \cdot t_m \quad (MJ)$$

Eq. 237 $$Q_{i,cool,fct\ f,m,ref} = \Phi_{i,cool,fct\ f,m,ref} \cdot t_m \quad (MJ)$$

waarin:

Eq. 238 $$\Phi_{i,heat,fct\ f,m,ref} = 0,8 \cdot \begin{pmatrix} q_{i,pers,fct\ f} \cdot f_{real,fct\ f} \cdot f_{pres,fct\ f} \cdot n_{design,fct\ f} + q_{i,app,fct\ f} \cdot A_{f,fct\ f} \\ + W_{light,fct\ f,m,ref} \cdot 3,6/t_m + 0,8 \cdot W_{fans,fct\ f,m,ref} \cdot 3,6/t_m \end{pmatrix} \quad (W)$$

Eq. 239 $$\Phi_{i,cool,fct\ f,m,ref} = \begin{pmatrix} q_{i,pers,fct\ f} \cdot f_{real,fct\ f} \cdot f_{pres,fct\ f} \cdot n_{design,fct\ f} + q_{i,app,fct\ f} \cdot A_{f,fct\ f} \\ + W_{light,fct\ f,m,ref} \cdot 3,6/t_m + 0,6 \cdot W_{fans,fct\ f,m,ref} \cdot 3,6/t_m \end{pmatrix} \quad (W)$$

waarin:

$Q_{i,heat,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse interne warmteproductie van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, in MJ;

$Q_{i,cool,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse interne warmteproductie van functioneel deel f voor de koelberekeningen, in MJ;

$\Phi_{i,heat,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de gemiddelde warmtestroom door interne warmteproductie in functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, in W;

$\Phi_{i,cool,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor de gemiddelde warmtestroom door interne warmteproductie in functioneel deel f voor de koelberekeningen, in W;

$q_{i,pers,fct\ f}$ de gemiddelde interne warmteproductie in functioneel deel f, afkomstig van personen, ontleend aan Tabel [8], in W/pers;

$f_{real,fct\ f}$ de conventioneel vastgelegde verhouding van de gemiddelde reële bezetting tijdens de gebruiksuren t.o.v. de maximale ontwerpbezetting van functioneel deel f, ontleend aan Tabel [8], (-);

$f_{pres,fct\ f}$ de conventionele tijdsfractie dat er mensen in functioneel deel f aanwezig zijn, ontleend aan Tabel [2], (-);

$n_{design,fct\ f}$	het aantal personen in functioneel deel f overeenkomend met de maximale bezetting waarvoor de ventilatiesystemen ontworpen zijn, (-);
$q_{i,app,fct\ f}$	de gemiddelde specifieke interne warmteproductie in het beschouwde functioneel deel ingevolge de apparatuur, ontleend aan Tabel [8], in W/m²;
$A_{f,fct\ f}$	de gebruiksoppervlakte van functioneel deel f, in m²;
$W_{light,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor de maandelijkse interne warmteproductie in het beschouwde functioneel deel door verlichting, bepaald volgens § C.4, in kWh;
$W_{fans,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor de interne warmteproductie in het beschouwde functioneel deel door ventilatoren, bepaald volgens § C.3.1, in kWh;
t_m	de duur van de maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.

C.2.7 Referentiewaarde voor de zonnewinsten

Bepaal de referentiewaarde voor de maandelijkse zonnewarmtewinst van functioneel deel f voor verwarmingsberekeningen $Q_{s,heat,fct\ f,m,ref}$ en voor koelberekeningen $Q_{s,cool,fct\ f,m,ref}$, als volgt:

$$Q_{s,heat,fct\ f,m,ref} = f'_{tr,fct\ f} \cdot 0,95 \cdot g_{fctf,ref}$$

Eq. 240

$$\cdot \sum_{j=1} \left(a_{c,m,j,ref} \cdot F_{c,fctf,ref} + (1 - a_{c,m,j,ref})\right) \cdot A_{w,d,j} \cdot I_{s,m,j,shad,ref} \quad \text{(MJ)}$$

$$Q_{s,cool,fct\ f,m,ref} = f'_{tr,fctf} \cdot 0,95 \cdot g_{fctf,ref}$$

Eq. 241

$$\cdot \sum_{j=1} \left(a_{c,m,j,ref} \cdot F_{c,fctf,ref} + (1 - a_{c,m,j,ref})\right) \cdot A_{w,d,j} \cdot I_{s,m,j,shad,ref} \quad \text{(MJ)}$$

met:

$Q_{s,heat,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor de maandelijkse zonnewarmtewinst van functioneel deel f voor de verwarmingsberekeningen, in MJ;
$f'_{tr,fct\ f}$	een factor die rekening houdt met een afwijkend aandeel aan transparante constructies in functioneel deel f, zoals hieronder bepaald, (-);
$g_{fct\ f,ref}$	de referentiewaarde voor de gemiddelde zontoetredingsfactoren van de vensters in functioneel deel f, geen rekening houdend met de impact van zonneweringen, ontleend aan Tabel [41], (-);
$F_{c,fct\ f,ref}$	de referentiewaarde voor de gemiddelde zontoetredingsfactoren van de vensters in functioneel deel f, geen rekening houdend met de impact van zonneweringen, ontleend aan Tabel [41], (-);
$a_{c,m,j,ref}$	de referentiewaarden voor de maandelijkse gebruiksfactor van de zonnewering van venster j, bepaald volgens tabel [9] voor een handbediende zonnewering, (-);
$A_{w,d,j}$	de oppervlakte van de dagopening van venster j, in m²;
$I_{s,m,j,shad,ref}$	de referentiewaarde voor de bezonning op venster j voor de beschouwde maand rekening houdend met de beschaduwing van vaste obstakels, bepaald volgens bijlage C van bijlage A.1

	bij dit besluit, in MJ/m² en rekening houdend met de waarden bij ontstentenis voor de afschermhoeken, zoals vastgelegd in § C.2.4 van bijlage A.1 bij dit besluit;
$Q_{s,cool,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor de maandelijkse zonnewarmtewinst van functioneel deel f voor de koelberekeningen, in MJ.

Hierbij moet gesommeerd worden over alle vensters j van functioneel deel f.

Tabel [41]: Waarden voor $F_{c,fctf,ref}$ en $g_{fctf,ref}$

Functies		**$F_{c,fctf,ref}$ (-)**	**$g_{fctf,ref}$ (-)**
Logeerfunctie		0,90	0,41
Kantoor		0,90	0,27
Onderwijs		0,90	0,44
Gezondheidszorg	met verblijf	0,90	0,41
	zonder verblijf	0,90	0,41
	operatiezalen	0,90	0,44
Bijeenkomst	hoge bezetting	0,90	0,44
	lage bezetting	0,90	0,44
	cafetaria/refter	1,00	0,44
Keuken		1,00	0,41
Handel		1,00	0,47
Sport	sporthal, sportzaal	1,00	0,44
	fitness, dans	1,00	0,44
	sauna, zwembad	1,00	0,44
Technische ruimten		1,00	0,41
Gemeenschappelijk		1,00	0,44
Andere		0,90	0,44
Onbekende functie		0,90	0,44

Bepaal de factor die rekening houdt met een afwijkend aandeel aan transparante constructies in functioneel deel f, $f'_{tr,fct\ f}$, als:

Eq. 242 Indien $A_{T,E,fct\ f,tr}$ gelijk is dan 0, geldt: $f'_{tr,fct\ f} = 1$ (-)

Indien $A_{T,E,fct\ f,tr}$ groter is dan 0, geldt:

$$f'_{tr,fct\ f} = \min(1; \frac{A_{T,E,fctf,tr,ref}}{A_{T,E,fctf,tr}}) \quad (-)$$

met:

$f'_{tr,fct\ f}$ een factor die rekening houdt met een afwijkend aandeel aan transparante constructies in functioneel deel f, (-);

$A_{T,E,fct\ f,tr,ref}$ de referentiewaarde voor de totale oppervlakte van alle transparante scheidingsconstructies die het functioneel deel f omhullen en waardoorheen transmissieverliezen beschouwd worden bij de bepaling van de energieprestatie, zoals bepaald in C.2.4, in m²;

$A_{T,E,fct\ f,tr}$ de totale oppervlakte van alle transparante scheidingsconstructies die het functioneel deel f omhullen en waardoorheen transmissieverliezen beschouwd worden bij de bepaling van de energieprestatie[13], in m².

C.2.8 Referentiewaarde voor de effectieve thermische capaciteit

Bepaal de referentiewaarde voor de effectieve thermische capaciteit van functioneel deel f, $C_{fct\ f,ref}$, in kJ/K, met:

Eq. 243 $$C_{fct\ f,ref} = 110 \cdot A_{f,fct\ f} \quad \text{(kJ/K)}$$

waarin:

$C_{fct\ f,ref}$ de referentiewaarde voor de effectieve thermische capaciteit van functioneel deel f, in kJ/K;

$A_{f,fct\ f}$ de gebruiksoppervlakte van functioneel deel f, in m².

C.2.9 Referentiewaarde voor de maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging

Indien er in de gebouwinstallaties voorzieningen aanwezig zijn om de toegevoerde buitenlucht naar (een deel van) de EPN-eenheid te bevochtigen, wordt de referentiewaarde voor de maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging van een toestel j gegeven door:

Eq. 244 $$Q_{hum,net,j,m,ref} = 2{,}5 \cdot \sum_{f} X_{h,fct\ f,m} \cdot \dot{V}_{supply,j,fct\ f,design} \quad \text{(MJ)}$$

waarin:

$Q_{hum,net,j,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging van een toestel j, in MJ;

$X_{h,fct\ f,m}$ de maandelijkse hoeveelheid toe te voeren vocht per eenheid toevoerluchtdebiet voor functioneel deel f, in kg.h/m³, ontleend aan Tabel [14];

$\dot{V}_{supply,j,fct\ f,design}$ het ontwerpdebiet aan binnenkomende verse lucht doorheen bevochtigingstoestel j, voor functioneel deel f, in m³/h.

Er moet gesommeerd worden over alle functionele delen f die bediend worden door bevochtigingstoestel j.

C.2.10 Referentiewaarde voor de voor de bijdrage aan het systeemrendement van de maandelijkse verliezen van een circulatieleiding

Bepaal de referentiewaarde voor de bijdrage aan het systeemrendement van de maandelijkse verliezen van een circulatieleiding als volgt:

- Voor tappunten in functionele delen met de functie "logeerfunctie", "gezondheidszorg met verblijf", "sporthal, sportzaal", "fitness, dans" of "sauna, zwembad":
  - Voor bad of douche i:

Eq. 366 Indien bad of douche i niet aangesloten is op een circulatieleiding:

$$\eta_{water,circ,bath\ i,m,ref} = 1 \quad (-)$$

Indien bad of douche i wel aangesloten is op een circulatieleiding k:

$$\eta_{water,circ,bath\ i,m,ref} = 1{,}05 \cdot \frac{Q_{water\ out,circ\ k,m}}{Q_{water\ out,circ\ k,m} + t_m \cdot 1{,}3 \cdot \sum_j \frac{l_{circ\ k,j} \cdot \left(60 - \theta_{amb,m,j}\right)}{R_{l,j,ref}}} \quad (-)$$

- Voor keukenaanrecht j:

Eq. 367 Indien keukenaanrecht j niet aangesloten is op een circulatieleiding:

$$\eta_{water,circ,sink\ j,m,ref} = 1 \quad (-)$$

Indien keukenaanrecht j wel aangesloten is op een circulatieleiding k:

$$\eta_{water,circ,sink\ j,m,ref} = 1{,}20 \cdot \frac{Q_{water\ out,circ\ k,m}}{Q_{water\ out,circ\ k,m} + t_m \cdot 1{,}3 \cdot \sum_j \frac{l_{circ\ k,j} \cdot \left(60 - \theta_{amb,m,j}\right)}{R_{l,j,ref}}} \quad (-)$$

- Voor ander tappunt k voor warm tapwater:

Eq. 368 Indien ander tappunt l voor warm tapwater niet aangesloten is op een circulatieleiding:

$$\eta_{water,circ,other\ l,m,ref} = 1 \quad (-)$$

Indien ander tappunt l voor warm tapwater wel aangesloten is op een circulatieleiding k:

$$\eta_{water,circ,other\ l,m,ref} = 1{,}60 \cdot \frac{Q_{water\ out,circ\ k,m}}{Q_{water\ out,circ\ k,m} + t_m \cdot 1{,}3 \cdot \sum_j \frac{l_{circ\ k,j} \cdot \left(60 - \theta_{amb,m,j}\right)}{R_{l,j,ref}}} \quad (-)$$

• Voor tappunten in functionele delen met een andere functie:

Eq. 248 $$\eta_{water,circ,bath\ i,m,ref} = \eta_{water,circ,sink\ j,m,ref} = \eta_{water,circ,other\ l,m,ref} = 1 \quad (-)$$

met:

$Q_{water\ out,circ\ k,m}$	de warmte die door circulatieleiding k aan de aangesloten tappunten wordt geleverd, zoals bepaald in § 9.3.2.2 van bijlage A.1;
t_m	de duur van de betreffende maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms;
$l_{circ\ k,j}$	de lengte van segment j van circulatieleiding k, in m;
$\theta_{amb,m,j}$	de maandgemiddelde omgevingstemperatuur van leidingsegment j, zoals bepaald in § 9.3.2.2 van bijlage A.1, in °C:
$R_{l,j,ref}$	de referentiewaarde voor de lineaire warmteweerstand van leidingsegment j, ontleend aan Tabel [42] in functie van de buitendiameter van het ongeïsoleerde leidingssegment Di,j, in mK/W.

Tabel [42]: Referentiewaarde voor de lineaire warmteweerstand $R_{l,j,ref}$ in functie van de buitendiameter van het ongeïsoleerde leidingssegment $D_{i,j}$

$D_{i,j}$ (m)	$R_{l,j,ref}$ (m. K/W)
≤ 0,0172	5,21
≤ 0,0213	4,81
≤ 0,0269	4,42
≤ 0,0337	4,05
≤ 0,0424	3,69
≤ 0,0483	3,48

$D_{i,j}$ (m)	$R_{l,j,ref}$ (m. K/W)
≤ 0,0603	3,15
≤ 0,0761	2,84
≤ 0,0889	2,62
≤ 0,1143	2,31
≤ 0,1397	2,08
≤ 0,1683	1,87

$D_{i,j}$ (m)	$R_{l,j,ref}$ (m. K/W)
≤ 0,2191	1,61
≤ 0,2730	1,40
≤ 0,3239	1,26
≤ 0,3556	1,18
> 0,3556	1,08

C.3 Referentiewaarde voor het hulpenergieverbruik van ventilatoren en pompen

C.3.1 Referentiewaarde voor het elektriciteitsverbruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie

Bepaal de referentiewaarde voor het maandelijks elektriciteitsverbruik van de ventilatoren in de EPN-eenheid met:

Eq. 249 $$W_{fans,m,ref} = \sum_{f} W_{fans,fct\ f,m,ref} \quad \text{(kWh)}$$

Eq. 250 $$W_{fans,fctf,m,ref} = 0,55 \cdot \dot{V}_{hyg,fct\ f} \cdot f_{vent,heat,fct\ f} \cdot \frac{t_m}{3,6} \quad \text{(kWh)}$$

met:

$W_{fans,m,ref}$ de referentiewaarde voor het maandelijkse elektriciteitsverbruik van de ventilatoren in de EPN-eenheid, in kWh;

$W_{fans,fct\ f,m,ref}$ de referentiewaarde voor het maandelijkse elektriciteitsverbruik van de ventilatoren in functioneel deel f, in kWh;

$\dot{V}_{hyg,fct\ f}$ het ontwerptoevoerdebiet aan buitenlucht voor hygiënsche ventilatie in functioneel deel f bepaald volgens de principes uit § 5.6.2.2, in m³/h;

$f_{vent,heat,fct\ f}$ fractie van de tijd gedurende dewelke de ventilatie in gebruik is, gebruik is, zoals beschouwd voor de verwarmingsberekeningen, ontleend uit ontleend uit

Tabel [7](-);

t_m de duur van de betreffende maand, ontleend aan Tabel [1], in Ms.

Er moet gesommeerd worden over alle functionele delen f van de EPN-eenheid.

Specifiek kenmerk voor het functioneel deel "onderwijs": de referentiewaarde voor het maandelijks elektriciteitsverbruik van alle ventilatoren in de functionele delen met deze functie, $W_{fans,fct\ f,m,ref}$, wordt voor de maanden juli en augustus gelijk genomen aan nul.

C.3.2 Referentiewaarde voor het elektriciteitsverbruik voor distributie

Bepaal de referentiewaarde voor het maandelijks elektriciteitsverbruik voor distributie in de EPN-eenheid, $W_{aux,dis,m,ref}$, als volgt:

Eq. 369 $$W_{aux,dis,m,ref} = \frac{t_m}{7,2} \cdot \sum_j P_{pump,dis,instal,heat,j,ref} + \frac{t_m}{3,6} \cdot \sum_l P_{pump,dis,instal,water,l,ref} \quad \text{(kWh)}$$

waarin:

$P_{pump,dis,instal,heat,j,ref}$ de referentiewaarde voor het geïnstalleerd vermogen van pomp j ten dienste van de verwarming van de beschouwde EPN-eenheid, zoals bepaald in § C.3.2.1, in W;

$P_{pump,dis,instal,water,l,ref}$ de referentiewaarde voor het geïnstalleerd vermogen van pomp l ten dienste van de sanitair warm waterdistributie van de beschouwde EPN-eenheid, zoals bepaald in § C.3.2.2, in W;

t_m de duur van de betreffende maand, in Ms, ontleend aan Tabel [1].

Er moet gesommeerd worden over alle pompen j ten dienste van de verwarming van de EPN-eenheid en over alle pompen l ten dienste van de sanitair warm waterdistributie van functionele delen met de functie "logeerfunctie", "gezondheidszorg met verblijf", "sporthal, sportzaal", "fitness, dans" of "sauna, zwembad", die zich in de EPN-eenheid bevinden.

C.3.2.1 Referentiewaarde voor het geïnstalleerd vermogen van een pomp ten dienste van de ruimteverwarming

Bepaal de referentiewaarde van het geïnstalleerd vermogen van pomp j ten dienste van de verwarming van de beschouwde EPN-eenheid, $P_{pump,dis,instal,heat,j,ref}$, als volgt:

Eq. 370 $$P_{pump,dis,instal,heat,j,ref} = MAX\left(70;\ 0,3 \cdot \sum_i A_{f,sec\ i}\right) \quad \text{(W)}$$

met:

$A_{f,sec\ i}$ de gebruiksoppervlakte van energiesctor i, in m².

Er moet gesommeerd worden over alle energiesectoren i die door circulatiepomp j worden bediend.

Indien een pomp meerdere EPW- en/of EPN-eenheden bedient, dan dient de referentiewaarde voor het vermogen van de pomp ($P_{pumps,dis,instal,heat,j,ref}$) proportioneel verdeeld te worden over deze EPW- en/of EPN-eenheden op basis van

de totale bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming van de respectievelijke eenheden.

Indien een pomp enkel functionele delen met de functie "technische ruimten" bedient, wordt $P_{pump,dis,instal,heat,j,ref}$ gelijk genomen aan nul. Indien een pomp enkel functionele delen met de functie "onderwijs" of de functie "technische ruimten" bedient, wordt het pompvermogen bekomen volgens Eq. 370 vermenigvuldigd met een factor 0,83.

C.3.2.2 Referentiewaarde voor het geïnstalleerd vermogen van een pomp ten dienste van de sanitair warm water distributie

Bepaal de referentiewaarde van het geïnstalleerd vermogen van pomp l ten dienste van de sanitair warm waterdistributie van de beschouwde EPN-eenheid, $P_{pump,dis,instal,water,l,ref}$, als volgt:

Eq. 371 $$P_{pump,dis,instal,water,l,ref} = MAX\left(25;\ \frac{\sum_j l_{circ\ k,j}}{13,94 \cdot 10^3} \cdot \sum_j \frac{l_{circ\ k,j} \cdot (60-\theta_{amb,January,j})}{R_{l,j,ref}}\right) \quad (W)$$

met:

$l_{circ\ k,j}$	de lengte van segment j van circulatieleiding k, in m;
$\theta_{amb,January,j}$	de maandgemiddelde omgevingstemperatuur van leidingsegment j voor de maand januari, in °C, zoals bepaald in § 9.3.2.2 van bijlage A.1;
$R_{l,j,ref}$	de referentiewaarde voor de lineaire warmteweerstand van leidingsegment j, ontleend aan Tabel [42] in functie van de buitendiameter van het ongeïsoleerde leidingssegment Di,j, in mK/W.

Er moet gesommeerd worden over alle segmenten j van circulatieleiding k die bediend worden door circulatiepomp l.

Indien een pomp meerdere EPW- en/of EPN-eenheden bedient, dan dient de referentiewaarde voor het vermogen van de pomp ($P_{pumps,dis,instal,water,j,ref}$) proportioneel verdeeld te worden over deze EPW- en/of EPN-eenheden op basis van de totale bruto energiebehoefte voor warm tapwater van de respectievelijke eenheden.

C.4 Referentiewaarde voor het energieverbruik voor verlichting

Bepaal de referentiewaarde voor het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting van de EPN-eenheid met:

Eq. 253 $$W_{light,m,ref} = \sum_f W_{light,fct\ f,m,ref} \quad (kWh)$$

waarin:

$W_{light,m,ref}$	de referentiewaarde voor het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting, in kWh;
$W_{light,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting van functioneel deel f, in kWh, zoals hieronder bepaald.

Er moet gesommeerd worden over alle functionele delen f van de EPN-eenheid.

Specifiek kenmerk van het functioneel deel "onderwijs": de referentiewaarde voor het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting in de functionele delen met deze functie, $W_{light,fct\ f,m,ref}$ wordt voor de maanden juli en augustus gelijk genomen aan nul.

Bepaal de referentiewaarde voor het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting van functioneel deel f met:

Eq. 254 $$W_{light,fct\ f,m,ref} = \sum A_{f,rm\ r} \cdot p_{light,rmr,ref} \cdot \left(t_{day,fct\ f,m} + t_{night,fct\ f,m}\right) \quad \text{(kWh)}$$

waarin:

$W_{light,fct\ f,m,ref}$	de referentiewaarde voor het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting van functioneel deel f, in kWh;
$A_{f,rm\ r}$	de gebruiksoppervlakte van de ruimte r, in m²;
$p_{light,rmr,ref}$	de referentiewaarde voor het specifiek vermogen voor verlichting in ruimte r, zoals hieronder bepaald, in kW/m²;
$t_{day,fct\ f,m}$	het conventioneel vastgelegd aantal gebruiksuren per maand gedurende de dagperiode, van het functioneel deel f waartoe ruimte r behoort, ontleend aan Tabel [31], in h;
$t_{night,fct\ f,m}$	het conventioneel vastgelegd aantal gebruiksuren per maand gedurende de nachtperiode, van het functioneel deel f waartoe ruimte r behoort, ontleend aan Tabel [32], in h.

Er moet gesommeerd worden over alle ruimten r van functioneel deel f.

Bepaal de referentiewaarde voor voor het specifiek vermogen voor verlichting in ruimte r met:

Eq. 255 $$p_{light,rmr,ref} = \min\left[\frac{\phi_{fctf,ref}}{1000} \cdot \frac{L_{rmr}}{100}; \frac{\phi_{fctf,ref}}{1000} \cdot L_{fctf,ref}^{0,2} \cdot \frac{\left(L_{rmr}\right)^{0,8}}{100}\right] \quad \text{(kW/m²)}$$

waarin:

$p_{light,rmr,ref}$	de referentiewaarde voor het specifiek vermogen voor verlichting in de ruimte r, in kW/m²;
$\phi_{fctf,ref}$	de referentiewaarde voor het specifiek vermogen per 100 lx in functioneel deel f waartoe ruimte r behoort, ontleend aan Tabel [43], in W/m².100 lx;
$L_{fct\ f,ref}$	de referentiewaarde voor de verlichtingssterkte in functioneel deel f waartoe ruimte r behoort, ontleend aan Tabel [43], in lx;
$L_{rm\ r}$	een dimensieloze hulpvariabele voor ruimte r, zoals bepaald in § 9.2.1 of § 9.3.1, (-).

Tabel [43]: Waarden voor de parameters $\phi_{fctf,ref}$ en $L_{fct\ f,ref}$ per functie

Functies		$\phi_{fctf,ref}$ **(W/m²100 lx)**	$L_{fctf,ref}$ **(lx)**
Logeerfunctie		3,50	200
Kantoor		2,40	500
Onderwijs		2,40	500
Gezondheidszorg	met verblijf	3,75	300
	zonder verblijf	3,75	300
	operatiezalen	3,50	1000
Bijeenkomst	hoge bezetting	3,50	200
	lage bezetting	3,50	200
	cafetaria/refter	3,50	200
Keuken		2,40	500
Handel		3,60	500
Sport	sporthal, sportzaal	3,50	300
	fitness, dans	3,00	300
	sauna, zwembad	3,00	300
Technische ruimten		2,50	200
Gemeenschappelijk		2,50	300
Andere		2,50	200
Onbekende functie		3,00	200

C.5 Referentiewaarde voor het primair energieverbruik

C.5.1 Referentiewaarde voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik

Bepaal de referentiewaarde voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik van de EPN-eenheid met:

Eq. 256
$$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref} = \sum_{m=1}^{12}\left(\begin{matrix}E_{p,heat,m,ref} + E_{p,cool,m,ref} + E_{p,water,m,ref} \\ + E_{p,aux,m,ref} + E_{p,light,m,ref}\end{matrix}\right) \quad (MJ)$$

waarin:

$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons,ref}$ de referentiewaarde voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik, in MJ;

$E_{p,heat,m,ref}$ de referentiewaarde voor het maandelijks primair energieverbruik voor verwarming, berekend volgens § C.5.2, in MJ;

$E_{p,cool,m,ref}$ de referentiewaarde voor het maandelijks primair energieverbruik voor koeling, berekend volgens § C.5.2, in MJ;

$E_{p,water,m,ref}$ de referentiewaarde voor het maandelijks primair energieverbruik voor de bereiding van warm tapwater, berekend volgens § C.5.3, in MJ;

$E_{p,aux,m,ref}$ de referentiewaarde voor het maandelijks primair elektriciteitsverbruik van de ventilatoren en pompen, berekend volgens § C.5.4, in MJ;

$E_{p,light,m,ref}$ de referentiewaarde voor het maandelijks primair energieverbruik voor verlichting, berekend volgens § C.5.5, in MJ.

C.5.2 Referentiewaarde voor het primair energieverbruik voor verwarming, bevochtiging en koeling

Bepaal de referentiewaarde voor het maandelijks primair energieverbruik van de EPN-eenheid voor verwarming en koeling met:

Eq. 257 $$E_{p,heat,m,ref} = \sum_{i} 1,29 \cdot Q_{heat,net,seci,m,ref} + \sum_{j} 1,29 \cdot Q_{hum,net,j,m,ref} \quad (MJ)$$

en:

Eq. 258 $$E_{p,cool,m,ref} = \sum_{i} 0,5 \cdot Q_{cool,net,seci,m,ref} \quad (MJ)$$

waarin:

$E_{p,heat,m,ref}$ de referentiewaarde voor het maandelijks primair energieverbruik voor verwarming van de EPN-eenheid, in MJ;

$Q_{heat,net,seci,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimteverwarming, rekening houdend met tussentijdse temperatuurverlagingen, van energiesector i, bepaald volgens § C.2.2, in MJ;

$Q_{hum,net,j,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse netto energiebehoefte voor bevochtiging van een toestel j, bepaald volgens § C.2.9, in MJ;

$E_{p,cool,m,ref}$ de referentiewaarde voor het maandelijks primair energieverbruik voor koeling van de EPN-eenheid, in MJ;

$Q_{cool,net,seci,m,ref}$ de referentiewaarde voor de maandelijkse netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van energiesector i, bepaald volgens § C.2.3, in MJ.

Er moet gesommeerd worden over alle energiesectoren i en over alle bevochtigingstoestellen j van de EPN-eenheid.

C.5.3 Referentiewaarde voor het primair energieverbruik voor de bereiding van warm tapwater

Bepaal de referentiewaarde voor het maandelijks primair energieverbruik van de EPN-eenheid voor de bereiding van warm tapwater als:

$$E_{p,water,m,ref} = \sum_{i} 2,20 \cdot \frac{Q_{water,bath\ i,net,m}}{\eta_{water,circ,bath\ i,m,ref}} + \sum_{j} 3,00 \cdot \frac{Q_{water,sink\ j,net,m}}{\eta_{water,circ,sink\ j,m,ref}} + \sum_{k} 4,00 \cdot \frac{Q_{water,other\ k,net,m}}{\eta_{water,circ,other\ k,m,ref}}$$

Eq. 373 (MJ)

waarin:

$Q_{water,bath\ i,net,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van douche of bad i, zoals bepaald in § 5.10, in MJ;

$\eta_{water,circ,bath\ i,m,ref}$ de referentiewaarde voor de bijdrage aan het systeemrendement van de maandelijkse verliezen van een circulatieleiding voor bad of douche i, zoals bepaald in § C.2.10, (-);

$Q_{water,sink\ j,net,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van keukenaanrecht j, zoals bepaald in § 5.10, in MJ;

$\eta_{water,circ,sink\ j,m,ref}$ de referentiewaarde voor de bijdrage aan het systeemrendement van de maandelijkse verliezen van een circulatieleiding voor keukenaanrecht j, zoals bepaald in § C.2.10, (-);

$Q_{water,other\ k,net,m}$ de maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van ander tappunt k voor warm tapwater, zoals bepaald in § 5.10, in MJ;

$\eta_{water,circ,other\ k,m,ref}$ de referentiewaarde voor de bijdrage aan het systeemrendement van de maandelijkse verliezen van een circulatieleiding voor ander tappunt k voor warm tapwater, zoals bepaald in § C.2.10, (-).

Er moet gesommeerd worden over alle douches en baden i, over alle keukenaanrechten j en over alle andere tappunten k voor warm tapwater van de EPN-eenheid.

C.5.4 Referentiewaarde voor het primair hulpenergieverbruik

Bepaal de referentiewaarde voor het maandelijks primair hulpenergieverbruik, $E_{p,aux,m,ref}$, met:

$$E_{p,aux,m,ref} = f_p \cdot 3,6 \cdot \left(W_{fans,m,ref} + W_{aux,dis,m,ref} + W_{throttle/fans,gen,m} + W_{electr,gen,m} \right)$$

Eq. 374 (MJ)

waarin:

$E_{p,aux,m,ref}$ de referentiewaarde voor het maandelijks primair hulpenergieverbruik van de ventilatoren en pompen en waakvlammen, in MJ;

f_p de conventionele omrekenfactor naar primaire energie voor elektriciteit, zoals vastgelegd in de hoofdtekst van dit besluit, (-);

$W_{fans,m,ref}$ de referentiewaarde voor het maandelijks elektriciteitsverbruik voor ventilatoren in de EPN-eenheid bepaald volgens § C.3.1, in kWh;

$W_{aux,dis,m,ref}$	de referentiewaarde voor het maandelijks elektriciteitsverbruik voor distributie in de EPN-eenheid, bepaald volgens § C.3.2, in kWh;
$W_{throttle/fans,gen,m}$	het maandelijks elektriciteitsverbruik van de gaskleppen en/of ventilatoren voor de warmteopwekking van de beschouwde EPN-eenheid, bepaald volgens § 8.5.2.2, in kWh;
$W_{electr,gen,m}$	het maandelijks elektriciteitsverbruik voor elektronica van de beschouwde EPN-eenheid, bepaald in § 8.5.2.4, in kWh.

C.5.5 Referentiewaarde voor het primair energieverbruik voor verlichting

Bepaal de referentiewaarde voor het maandelijks primair energieverbruik voor verlichting met:

Eq. 261 $E_{p,light,m,ref} = f_p \cdot 3,6 \cdot W_{light,m,ref}$ (MJ)

waarin:

$E_{p,light,m,ref}$	de referentiewaarde voor het maandelijks primair energieverbruik voor verlichting, in MJ;
f_p	de conventionele omrekenfactor naar primaire energie voor elektriciteit, zoals vastgelegd in de hoofdtekst van dit besluit, (-);
$W_{light,m,ref}$	de referentiewaarde voor het maandelijks elektriciteitsverbruik voor verlichting in de EPN-eenheid bepaald volgens § C.4, in kWh.

Gezien om gevoegd te worden bij het besluit van de Waalse regering van 15 december 2016 houdende wijziging van het besluit van de Waalse Regering van 15 mei 2014 tot uitvoering van het decreet van 28 november 2013 betreffende de energie prestatie van gebouwen.

Namen, 15 december 2016.

De Minister-President,

P. MAGNETTE

De Minister van Lokale Overheden, van de Stad, Huisvesting en Energie,

P. FURLAN

Bijlage 3

Bijlage B1 bij het besluit van de Waalse Regering van 15 mei 2014 tot uitvoering van het decreet van 28 november 2013 betreffende de energieprestatie van gebouwen.

TRD bijlage

TRANSMISSIE REFERENTIE DOCUMENT

Regels voor de berekening van de transmissieverliezen in het kader van de energieprestatieregelgeving

BEREKENING VAN DE WARMTEDOORGANGSCOËFFICIËNT VAN WANDEN VAN GEBOUWEN (U-WAARDE), VAN DE WARMTEOVERDRACHTSCOËFFICIËNT DOOR TRANSMISSIE IN GEBOUWEN (H-WAARDE) EN VAN HET PEIL VAN GLOBALE WARMTE-ISOLATIE (K-PEIL)

Inhoud

1 INLEIDING 4

2 TOEPASSINGSDOMEIN 5

3 NORMATIEVE REFERENTIES 6

4 DEFINITIES, EENHEDEN EN SYMBOLEN 8

4.1 Definities 8

4.2 Symbolen en eenheden 10

5 BEPALING VAN DE WARMTEWEERSTAND (R) VAN BOUWLAGEN 11

5.1 Algemene principes 11

5.2 Warmteweerstand van homogene bouwlagen 11

5.3 Warmteovergangsweerstanden aan oppervlakken in contact met de lucht ... 12

5.4 Warmteweerstand van luchtlagen 12

5.4.1 Inleiding 12

5.4.2 Gewone luchtlagen in muren, daken en vloeren 13

5.4.3 Overige luchtlagen 15

5.5 Warmteweerstand van luchtlagen (luchtruimten) met dikte groter dan 300 mm16

6 BEPALING VAN DE TOTALE WARMTEWEERSTAND (R_T) VAN BOUWELEMENTEN 17

6.1 Bouwelementen opgebouwd uit homogene lagen 17

6.2 Bouwelementen opgebouwd uit homogene en niet-homogene lagen 17

6.2.1 Toepasbaarheid 17

6.2.2 Totale warmteweerstand van een bouwelement (combinatiemethode) 18

6.2.3 Limietwaarden 19

6.2.4 Foutenberekening 19

7 WARMTEDOORGANGSCOËFFICIËNT (U) VAN ONDOORSCHIJNENDE BOUWELEMENTEN 20
7.1 Algemene uitdrukking 20
7.2 Correcties op de U-waarde 20
7.2.1 Algemeen 20
7.2.2 Correctie voor luchtspleten of -holten in of tussen isolatielagen ... 20
7.2.3 Correctie voor mechanische bevestigingen die een isolatielaag doorboren 21
7.2.4 Correctieprocedure voor omgekeerde daken 22
7.3 Correctie op R-waarde voor in situ gespoten PUR-isolatie 23
7.4 U-waarde van bouwdelen met variabele dikte 24
7.4.1 Algemene werkwijze 24
7.4.2 Opdeling in basisvormen 25
7.4.3 Bepaling van de U-waarde voor elk van de basisvormen 26
7.4.4 Vereenvoudigde bepaling 28

8 BEPALING VAN DE WARMTEDOORGANGSCOËFFICIËNT VAN VENSTERS, DEUREN EN POORTEN 29
8.1 Geometrische karakteristieken van vensters en deuren 29
8.1.1 Oppervlakte van venster en deurcomponenten (raamprofielen, beglazingen, ondoorschijnende vulpanelen en ventilatieroosters) 29
8.1.2 Zichtbare omtrek van de beglazing 30
8.1.3 Oppervlakte van de raamprofielen 30
8.1.4 Oppervlakte van het venster of deur 32
8.2 Algemene procedure voor de bepaling van de U-waarde van vensters, deuren en poorten 32
8.3 Basisgeval: U-waarde van gewone enkelvoudige vensters of deuren 32
8.4 Specifieke gevallen 34
8.4.1 Dubbelramen 34
8.4.2 Voorzetramen 35
8.4.3 Warmteovergangsweerstanden 35
8.4.4 Warmteweerstand van ongeventileerde luchtlagen in dubbelramen en voorzetramen 36
8.4.5 U-waarde van vensters met gesloten luiken 36
8.5 Vereenvoudigde bepaling van de U-waarde en de oppervlakte van de beglazing van vensters 38
8.6 Bijkomende specificaties en waarden bij ontstentenis voor opake deuren en poorten 39

9 WARMTEDOORGANGSCOËFFICIËNT VAN COMPONENTEN VAN VENSTERS EN DEUREN 41
9.1 Warmtedoorgangscoëfficiënt van beglazingen 41
9.2 Warmtedoorgangscoëfficiënt van raamprofielen 41
9.2.1 Algemene bepaling 41
9.2.2 Bepaling van de U_f-waarde van raamprofielen in dakvensters 41
9.3 Warmtedoorgangscoëfficiënt van ondoorschijnende vulpanelen (U_p) 42
9.4 Warmtedoorgangscoëfficiënt van ventilatieroosters (U_r) 42
9.5 Lineaire warmtedoorgangscoëfficiënten (Ψ-waarden) 42

10 WARMTEDOORGANGSCOËFFICIËNT VAN LICHTE GEVELS 43
10.1 Algemeen 43
10.2 Constructieve eigenschappen van lichte gevels 44
10.2.1 Samenstellende delen en randvoorwaarden 44

10.2.2 Definitie van oppervlaktes en perimeter 45
10.2.3 Regels voor modellering 46
10.3 Bepaling van de U_{cw}-waarde van een module van de lichte gevel: nauwkeurige numerieke berekeningen 48
10.3.1 Principe van de nauwkeurige numerieke rekenmethode 48
10.3.2 Bepaling van de warmteoverdrachtsstroom door de verbindingselementen 48
10.3.3 Bepaling van U_{cw} van een module 51
10.4 Bepaling van de U_{cw}-waarde van een module: componentenmethode 51
10.4.1 Principe van de bepalingsmethode 51
10.4.2 Algemene bepaling van U_{cw} 51
10.4.3 U-waarde van beglazing en vulpaneel 52
10.4.4 U-waarde van profielen en raamstijlen 52
10.4.5 Lineaire warmtedoorgangscoëfficiënten (beglazingen, profielen en raamstijlen) 53
10.5 Bepaling van de U_{cw}-waarde voor een lichte gevel opgebouwd uit verschillende modules 54

11 WARMTEDOORGANGSCOËFFICIËNT VAN ANDERE DOORSCHIJNENDE WANDEN 55
11.1 Glasbouwsteenwanden 55
11.1.1 Algemene procedure 55

12 WARMTEOVERDRACHTSCOËFFICIËNT DOOR TRANSMISSIE IN GEBOUWEN 56
12.1 Totale warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie 56
12.2 Algemene conventies 56
12.2.1 Afbakening van gebouwdelen 56
12.2.2 Bepaling van de oppervlakten 56
12.2.3 Bepaling van volumes 57

13 WARMTEOVERDRACHTSCOËFFICIËNT DOOR TRANSMISSIE DIRECT NAAR DE BUITENOMGEVING (H_D) 58

14 WARMTEOVERDRACHTSCOËFFICIËNT DOOR TRANSMISSIE VIA AANGRENZENDE ONVERWARMDE RUIMTEN (H_U) 59

15 WARMTEOVERDRACHTSCOËFFICIËNT DOOR TRANSMISSIE VIA DE GROND (H_G) EN VIA ONVERWARMDE KELDERS EN KRUIPRUIMTEN 62
15.1 Algemeen 62
15.2 Vereenvoudigde rekenmethodes van de grondverliezen 62
15.2.1 Vloeren in direct contact met de grond 62
15.2.2 Bouwelementen in contact met onverwarmde kruipruimten en kelders (vloeren muren,deuren) 63
15.2.3 Ingegraven muren 64

16 WARMTEOVERDRACHTSCOËFFICIËNT DOOR TRANSMISSIE DOORHEEN DE BOUWKNOPEN ($H_T^{JUNCTIONS}$) 65
16.1 Temperatuurreductiefactor van AOR's, kruipruimten en onverwarmde kelders 65

17 PEIL VAN GLOBALE WARMTE-ISOLATIE (K-PEIL) 67
17.1 Volumecompactheid van een gebouw 67
17.2 Gemiddelde warmtedoorgangscoëfficiënt van een gebouw 67
17.3 Peil van globale warmte-isolatie (K-peil) 67

1 Inleiding

Dit document beschrijft expliciet deze specificaties m.b.t. de transmissieberekeningen zoals die gelden voor de energieprestatieregelgeving. De overheid kan zo nodig later aanvullende specificaties vastleggen.

De tekst behandelt vnl. de rekenmethoden die rechtstreeks door verslaggevers (en ontwerpers) gehanteerd moeten worden. De bepaling van productgegevens dient in eerste instantie door de fabrikanten/leveranciers te gebeuren.

Als algemene regel kan gesteld worden dat de warmtestroom door een de gebouwschil, driedimensionaal is. Een precieze bepaling van de warmteoverdrachtscoëfficiënt HT vergt dan ook een gedetailleerde numerieke berekening. In strikte zin kan enkel de warmtedoorgangscoëfficiënt van bouwelementen bestaande uit vlakke, homogene, parallelle lagen gemakkelijk correct berekend worden. Voor alle andere situaties is in principe een numerieke berekening nodig. Onderhavige tekst bevat evenwel een aantal vereenvoudigde, benaderende methodes die voor die specifieke gevallen toch een gemakkelijke berekening toelaten. Het gaat bv. om bouwelementen met niet-homogene lagen (zie § 6.2), om mechanische bevestigingen (zie § 7.2.3), om bouwelementen met variabele dikte (zie § 7.4), om vensters en deuren (zie § 9), of nog om lichte gevels (zie § 10). Deze mogen steeds toegepast worden in zoverre voldaan is aan de toepassingsvoorwaarden die voor elk van de verschillende gevallen gelden.

In bijlage VIII worden bouwknopen gedefinieerd. Deze dienen volgens de methodologie die daar beschreven wordt behandeld te worden.

Alle lineaire of puntvormige onderbrekingen of aansluitingen die eigen zijn aan een scheidingsconstructie van het verliesoppervlak en over het oppervlak verdeeld ervan verdeeld zijn, moeten verplicht ingerekend worden in de warmtedoorgangscoëfficiënt van de scheidingsconstructie. Dit dient te gebeuren op één van de twee volgende manieren:

- ofwel volgens de van toepassing zijnde vereenvoudigde methode uit onderhavig document, indien die beschikbaar is
- ofwel o.b.v een gedetailleerde numerieke berekening. Deze aanpak is ook toegelaten ter vervanging van een vereenvoudigde methode.

2 Toepassingsdomein

De in deze tekst vermelde rekenprocedures kunnen toegepast worden voor de berekening van de warmtedoorgangscoëfficiënt van wanden van gebouwen (U-waarde) en de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie in gebouwen (H-waarde), welke ook gebruikt worden bij de bepaling van het K-peil en het E-peil.

De rekenprocedures betreffen de berekeningen van de:

- U-waarde van ondoorschijnende bouwelementen, opgebouwd uit homogene en niet homogene bouwlagen en luchtlagen;
- U-waarde van doorschijnende bouwelementen (beglazingen, vensters, deuren en hun samenstellende componenten);
- warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie naar de buitenomgeving (rechtstreeks, via aangrenzende onverwarmde ruimten en via de grond).

3 Normatieve referenties

Voor normen voorzien van een datum is enkel de geciteerde versie van toepassing, tenzij de overheid expliciet een andere versie ter vervanging aanduidt. Voor de ongedateerde normen geldt in principe de meeste recente versie, rekening houdend met de regels die van toepassing zijn voor de bepaling van productkarakteristieken.

NBN EN 673	Glass in buildings. Determination of thermal transmittance. Calculation method
NBN EN 674	Glass in buildings. Determination of thermal transmittance. Guarded hot plate method
NBN EN 675	Glass in buildings. Determination of thermal transmittance. Heat flow meter method.
NBN EN 1051-2	Glass in buildings. Glass blocks and glass paver units. Part 2: evaluation of conformity.
NBN EN 1745	Masonry and masonry products. Methods for determining design thermal values.
NBN EN 1934	Thermal performance of buildings. Determination of thermal resistance by hot box method using heat flow meter. Masonry.
NBN EN ISO 6946:2008	Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method.
ISO 8301:1991	Thermal insulation -- Determination of steady-state thermal resistance and related properties -- Heat flow meter apparatus
ISO 8302:1991	Thermal insulation -- Determination of steady-state thermal resistance and related properties -- Guarded hot plate apparatus
NBN EN ISO 8990	Thermal insulation. Determination of steady-state thermal transmission properties. Calibrated and guarded hot box method.
NBN EN ISO 10077-1:2006	Thermal performance of windows, doors and shutters. Calculation of thermal transmittance. Part 1: general.
NBN EN ISO 10077-2:2003	Thermal performance of windows, doors and shutters. Calculation of thermal transmittance. Part 2: numerical method for frames.
NBN EN ISO 10211:2008	Thermal bridges in building constructions. Heat flows and surface temperatures. Detailed calculations.
NBN EN ISO 10456	Thermal insulation - Building materials and products - Determination of declared and design values
NBN EN 12412-2	Thermal performance of windows, doors and shutters. Determination of thermal transmittance by hot box method. Part 2: frames
NBN EN ISO 12567-1	Thermal performance of windows and doors. Determination of thermal transmittance by hot box method.
NBN EN ISO 12567-2	Thermal performance of windows and doors. Determination of thermal transmittance by hot box method. Part 2: roof windows and other projecting windows
NBN EN 12428	Industrial, commercial and garage doors - Thermal transmittance - Requirements for the calculation
NBN EN 12664	Thermal performance of building materials. Determination of thermal resistance by means of

	guarded hot plate and heat flow meter methods. Dry and moist products of medium and low thermal resistance.
NBN EN 12667	Thermal performance of building materials. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Products of high and medium thermal resistance.
NBN EN 12939	Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Thick products of high and medium thermal resistance
NBN EN 12835	Shutters and blinds. Determination of air permeability.
NBN EN ISO 13370:2008	Thermal performance of buildings. Heat transfer via the ground - Calculation methods.
NBN EN 13125	Shutters and blinds. Additional thermal resistance. Allocation of a class of air permeability to a product.
NBN EN ISO 13789:2008	Thermal performance of buildings. Transmission heat loss coefficient. Calculation method.
NBN EN 13947:2007	Thermal performance of curtain walling. Calculation of thermal transmittance. Simplified method.

4 Definities, eenheden en symbolen

4.1 Definities

- **Binnenafmeting:** lengte gemeten binnen een vertrek van een gebouw van wand tot wand of van vloer tot plafond.
- **Buitenafmeting:** lengte gemeten aan de buitenzijde van een gebouw
- **Bouwdeel, bouwelement:** deel van een gebouw, zoals muur, vloer, dak
- **Droog resulterende temperatuur:** rekenkundig gemiddelde waarde van de binnenluchttemperatuur en de gemiddelde stralingstemperatuur van alle wanden die de binnenomgeving omringen
-
- **Emissiefactor (ε):** verhouding tussen de hoeveelheid energie die door het oppervlak op een bepaalde temperatuur door infraroodstraling wordt uitgezonden en de hoeveelheid energie die door infraroodstraling wordt uitgezonden door een zwart lichaam op dezelfde temperatuur.
- **Gedeclareerde (thermische) waarde:** verwachte waarde van een thermische eigenschap van een bouwmateriaal of -product, bekomen op basis van gemeten waarden bij referentieomstandigheden van temperatuur en vochtigheid, voor een bepaalde fractie en graad van betrouwbaarheid en in overeenstemming met een redelijke verwachte levensduur in normale omstandigheden.
- **Karakteristieke vloerafmeting:** oppervlakte van de vloer gedeeld door de halve perimeter van de vloer.
- **Kelder:** bruikbaar gedeelte van een gebouw waarvan minstens 70% van de buitenwanden in contact met de grond zijn.

  NOTA Deze ruimte kan al of niet verwarmd zijn.
- **Materiaal:** deel van een product, ongeacht de vorm en de afmetingen en zonder bekleding of coating
- **Product:** eindvorm van een materiaal, gereed voor gebruik, met bepaalde vorm en afmetingen en voorzien van bekleding of coating
- **Referentie buitentemperatuur:** luchttemperatuur van de buitenomgeving bij een volledig bewolkte hemel
- **Referentie binnentemperatuur:** droog resulterende temperatuur in een vertrek
- **(Thermische) rekenwaarde:** waarde van de thermische eigenschap van een bouwmateriaal of -product onder specifieke binnen- en buitenomstandigheden van temperatuur en vochtgehalte, die als typisch kunnen beschouwd worden voor dat materiaal of product wanneer dit geplaatst is in een bouwdeel

  NOTA Een product of materiaal kan verschillende rekenwaarden hebben naargelang van de toepassing.
- **Thermisch homogene laag:** bouwlaag met constante dikte die thermische eigenschappen heeft die uniform zijn of die als uniform kunnen beschouwd worden.
- **Verwarmde (gekoelde) ruimte:** vertrek of ruimte die verwarmd (gekoeld) wordt op een ingestelde temperatuur.
- **Vloer boven kruipruimte:** vloerconstructie voor dewelke de gehele vloer zich boven het grondpeil bevindt, waardoor er zich een luchtlaag bevindt tussen de vloer en de grond.

  NOTA Deze luchtlaag, ook kruipruimte genoemd, kan al of niet geventileerd zijn en maakt meestal geen deel uit van het beschermd volume van een gebouw.
- **Vloer op volle grond:** vloerconstructie die over zijn gehele oppervlakte in direct contact is met de grond.
- **Warmtedoorgangscoëfficiënt (U) [W/(m².K)]:** Hoeveelheid warmte die in een stationaire toestand doorheen een bouwdeel gaat, gedeeld door de oppervlakte

en het temperatuurverschil tussen de binnen- en de buitenomgeving aan weerszijden van het betrokken bouwdeel.

- **Warmtegeleidbaarheid (λ_U) [W/(m.K)]:** rekenwaarde van de warmtestroomdichtheid per eenheid lengte en per eenheid temperatuursverschil die in stationaire toestand optreedt in een bouwmateriaal of bouwproduct onder bepaalde specifieke binnen- of buitencondities, die als typisch kunnen beschouwd worden voor de prestaties van het betrokken product of materiaal indien het in een bouwelement geïntegreerd is.
- **Warmtestroom (Φ) [W]:** de hoeveelheid warmte die per tijd naar (of uit) een systeem wordt gevoerd (of afgevoerd).
- **Warmtestroomdichtheid (q) [W/m²]:** warmtestroom per oppervlakte.
- **Warmteweerstand (R) [m².K/W]:** reciproke waarde van de warmtedoorgangscoëfficiënt van een bouwelement onder bepaalde specifieke binnen- of buitencondities die als typisch kunnen beschouwd worden voor de prestaties van het betrokken bouwelement.
- **Warmte koppelingscoëfficiënt:** warmtestroom die in stationaire toestand optreedt door een gedeelte van de gebouwschil, gedeeld door het temperatuurverschil tussen twee omgevingen die thermisch gekoppeld of verbonden zijn door het betrokken constructiegedeelte.
- **Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie (H_T) [W/K]:** de totale warmtestroom door transmissie die in stationaire toestand optreedt tussen een (verwarmde) binnenruimte en de buitenomgeving, gedeeld door het temperatuurverschil tussen de binnen- en de buitenomgeving (beide temperaturen zijn uniform beschouwd).
- **Warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie (H_V) [W/K]:** warmtestroom door ventilatie tussen een binnenruimte en de buitenomgeving, gedeeld door het temperatuurverschil tussen de binnen- en de buitenomgeving.

4.2 Symbolen en eenheden

Symbool	Betekenis	Eenheid
A	oppervlakte	m^2
B'	karakteristieke vloerafmeting	m
G_w	correctiefactor (grondwaterstroming)	-
H	warmteoverdrachtscoëfficiënt	W/K
P	perimeter (wanden in contact met de grond)	m
R	warmteweerstand van een bouwlaag	$m^2.K/W$
R_g	warmteweerstand van een luchtlaag in wand	$m^2.K/W$
R_s	warmteweerstand van een luchtlaag tussen vensters	$m^2.K/W$
R_{si}	warmteovergangsweerstand aan het binnenoppervlak	$m^2.K/W$
R_{se}	warmteovergangsweerstand aan het buitenoppervlak	$m^2.K/W$
R_T	totale warmteweerstand van een wand	$m^2.K/W$
U	warmtedoorgangscoëfficiënt	$W/(m^2.K)$
V	volume	m^3
a	correctieterm, reductiefactor	-
b	breedte	m
c	specifieke of soortelijke warmtecapaciteit	J/kgK
d	dikte (van een bouwlaag), lengte (van een mechanische bevestiging)	m
f	fractie, factor	-
h	hoogte	-
l	omtrek, lengte	m
m	massa	kg
n	ventilatievoud	h^{-1}
w	dikte wand	m
z	diepte	m
ε_n	normale emissiviteit van een beglazing	-
λ	warmtegeleidbaarheid van een bouwmateriaal	$W/(m.K)$
ΔR	bijkomende warmteweerstand van een luik	$m^2.K/W$
ΔU	correctieterm op U-waarde	$W/(m^2.K)$
χ	puntwarmtedoorgangscoëfficiënt	W/K
Ψ	lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt	$W/(m.K)$
ρ	dichtheid, volumemassa	kg/m^3

5 Bepaling van de warmteweerstand (R) van bouwlagen

5.1 Algemene principes

Het algemene principe van de bepaling van de warmteweerstand (R-waarde) van bouwelementen is het volgende:

- bepaal eerst de warmteweerstand van elke homogene bouwlaag van het bouwelement;
- tel dan de individuele warmteweerstanden van het bouwelement op om de totale warmteweerstand te bekomen, eventueel met inbegrip van de warmteovergangsweerstanden aan het binnen- en het buitenoppervlak van het bouwelement.

De warmteweerstanden van de homogene bouwlagen worden gegeven in 5.2 en de waarden van de warmteovergangsweerstanden (R_{si} en R_{se}) in 5.3.

De in bouwelementen aanwezige luchtlagen (bv. een spouw) worden in het kader van deze tekst beschouwd als homogene lagen. Waarden van de warmteweerstand van luchtlagen worden gegeven in 5.4.

De totale warmteweerstand van een bouwelement (R_T) wordt bepaald volgens § 6.1 (wand met enkel homogene bouwlagen) of § 6.2 (wand met één of meer niet-homogene bouwlagen) en tenslotte wordt de warmtedoorgangscoëfficiënt (U-waarde) bepaald volgens § 7.1.

Tenslotte worden eveneens mogelijke correcties voorzien op de berekende U-waarde van geïsoleerde bouwelementen, om rekening te houden met de specifieke plaatsing van isolatiematerialen, zoals doorboringen met mechanische bevestigingen (zie § 7.2.3) en neerslag op omkeerdaken (zie § 7.2.4).

NOTA Bij de berekening van de transmissieverliezen wordt de droog resulterende temperatuur aangenomen als de temperatuur van de binnenomgeving en de luchttemperatuur als de temperatuur van de buitenomgeving.

5.2 Warmteweerstand van homogene bouwlagen

De bepaling van de rekenwaarde van de warmtegeleidbaarheid (λ_U-waarde) of van de warmteweerstand van bouwmaterialen (R-waarde) gebeurt volgens bijlage A of bijlage B van deze tekst.

Indien de warmtegeleidbaarheid van een bouwmateriaal gekend is, dan kan de warmteweerstand bepaald worden volgens:

Eq. 1 $$R = \frac{d}{\lambda_U}$$ m².K/W

waarin:

d de dikte van het materiaal, in m;

λ_U de warmtegeleidbaarheid van het materiaal, in W/(m.K).

5.3 Warmteovergangsweerstanden aan oppervlakken in contact met de lucht

Voor vlakke oppervlakken en in afwezigheid van verdere specifieke informatie m.b.t. de randvoorwaarden, kunnen de ontwerpwaarden van de warmteovergangsweerstanden R_{si} (binnencondities) en R_{se} (buitencondities) uit Tabel [1] gebruikt worden. Deze waarden zijn geldig voor oppervlakken in contact met de lucht.

Tabel [1]: Warmteovergangsweerstanden R_{si} en R_{se} aan oppervlakken in contact met de lucht(in m².K/W)

	Richting van de warmtestroom		
	opwaarts	**horizontaal (1)**	**neerwaarts**
R_{si} m².K/W	0,10	0,13	0,17
R_{se} m².K/W	0,04	0,04	0,04
(1) geldig voor een warmtestroomrichting die niet meer dan ± 30° afwijkt van het horizontaal vlak.			

NOTA In bijlage A van NBN EN ISO 6946 worden gedetailleerde procedures gegeven voor speciale gevallen (R_{si}- en R_{se}-waarden voor oppervlakken met lage emissiviteit, voor specifieke windsnelheden en voor niet-vlakke oppervlakken). In het kader van de energieprestatieregelgeving dient bij conventie steeds gerekend te worden met een windsnelheid van 4 m/s en dient h_{r0} (zoals gedefinieerd in die norm) bij een temperatuur van 10°C beschouwd worden.

5.4 Warmteweerstand van luchtlagen

5.4.1 Inleiding

De warmteweerstand van een luchtlaag is afhankelijk van het type van luchtlaag, de richting van de warmtestroom doorheen de luchtlaag, de dikte, de geometrie en de helling van de luchtlaag, de emissiviteit van de begrenzende oppervlakken en de ventilatiemogelijkheden van de luchtlaag. Naargelang het geval kan de warmteweerstand van de luchtlaag nauwkeurig bepaald worden door proeven of berekeningen, ofwel kunnen waarden bij ontstentenis gekozen worden uit tabellen.

Voor sommige gevallen wordt de warmteweerstand van luchtlaag of -holte niet apart berekend, maar is deze reeds begrepen in de U-waarde van het bouwelement waarin de luchtlaag of -holte zich bevindt (bv. geperforeerde stenen, holle bouwblokken, beglazingen, raamprofielen,…).

NOTA Luchtlagen met een dikte groter dan 300 mm worden behandeld als een aangrenzende onverwarmde ruimte.

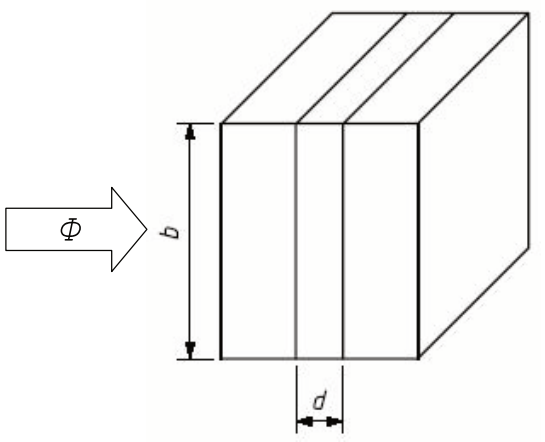
5.4.2 Gewone luchtlagen in muren, daken en vloeren

5.4.2.1 Voorwaarden

De waarden van de warmteweerstand van de luchtlagen behandeld in deze paragraaf (§ 5.4.2) zijn geldig voor luchtlagen die beantwoorden aan elk van de volgende voorwaarden (zie Figuur [1]):

- de luchtlaag wordt begrensd door twee vlakken die evenwijdig zijn en die loodrecht op de richting van de warmtestroom staan en waarvan de oppervlakken een hoge emissiviteit hebben (niet reflecterend, de meeste bouwmaterialen voldoen aan deze laatste eis);
- de luchtlaag heeft een dikte (gemeten in de richting van de warmtestroom) die niet groter is dan 300 mm;
- voor de luchtlaag is de verhouding van de dikte tot de lengte (d/L) en van de dikte tot de breedte (d/b) niet groter dan 0,1;
- er zijn geen luchtuitwisselingsmogelijkheden tussen de luchtlaag en de binnenomgeving.

Figuur [1]: Gewone luchtlaag



Φ: richting van de warmtestroom

d: dikte van de luchtlaag
b: breedte of hoogte
L: lengte

$d \leq 300$ mm
$d/b \leq 0{,}10$ en $d/L \leq 0{,}10$

Voor luchtlagen tussen één of meer oppervlakken met lage emissiviteit (reflecterend) wordt verwezen naar bijlagen B.2 en B.3 van NBN EN ISO 6946. Daarbij moet h_{r0} bij een temperatuur van 10°C beschouwd te worden en moet h_a aan tabel B.1 van deze norm ontleend te worden. De definities van h_{r0} en h_a worden in de norm zelf gegeven.

Rekenwaarden van de warmteweerstand van luchtlagen zijn gegeven in § 5.4.2.2 (niet geventileerde luchtlagen, gewone gevallen met oppervlakken met hoge emissiviteit) en in § 5.4.2.3 (idem, maar met matig geventileerde luchtlagen). In § 5.4.2.4 wordt de rekenprocedure voor sterk geventileerde luchtlagen gegeven.

NOTA Luchtlagen die niet luchtdicht afgesloten zijn van de binnenomgeving, worden beschouwd als behorende tot de verwarmde binnenomgeving waarmee ze in verbinding staan doorheen openingen, spleten of voegen. De warmteweerstand van de bouwdelen tussen deze luchtlagen en de binnenomgeving wordt eveneens niet in aanmerking genomen.

5.4.2.2 Niet geventileerde luchtlagen

Een niet geventileerde luchtlaag is een luchtlaag in dewelke geen enkele externe luchtstroming mogelijk is. In het geval van wanden in dewelke een aanwezige

luchtlaag via kleine openingen in contact staat met de buitenomgeving, kan deze luchtlaag eveneens als ongeventileerd beschouwd worden indien de volgende drie voorwaarden tegelijk vervuld zijn:

- er bevindt zich geen isolatielaag tussen de luchtlaag en de buitenomgeving;
- de openingen via dewelke de luchtlaag in contact staat met de buitenomgeving, zijn zodanig geplaatst dat er geen luchtstroming door de luchtlaag mogelijk is;
- de totale oppervlakte van de openingen is niet groter dan 500 mm² per meter lengte (verticale luchtlagen) of 500 mm² per m² luchtlaag (horizontale luchtlagen).

De warmteweerstanden van gewone niet-geventileerde luchtlagen, begrensd door oppervlakken met hoge emissiviteit, zijn gegeven in Tabel [2] in functie van de dikte van de luchtlaag en de richting van de warmtestroom.

Tabel [2]: Warmteweerstand (in m².K/W) van ongeventileerde luchtlagen begrensd door oppervlakken met hoge emissiviteit (gewone gevallen)

Dikte d van de luchtlaag (mm)	Richting van de warmtestroom		
	opwaarts	horizontaal (1)	neerwaarts
0 < d < 5	0,00	0,00	0,00
5 ≤ d < 7	0,11	0,11	0,11
7 ≤ d < 10	0,13	0,13	0,13
10 ≤ d < 15	0,15	0,15	0,15
15 ≤ d < 25	0,16	0,17	0,17
25 ≤ d < 50	0,16	0,18	0,19
50 ≤ d < 100	0,16	0,18	0,21
100 ≤ d < 300	0,16	0,18	0,22
d = 300	0,16	0,18	0,23
(1) voor warmtestroom die niet meer dan □ 30° afwijkt van het horizontaal vlak			

5.4.2.3 Matig geventileerde luchtlagen

Een matig geventileerde luchtlaag is een luchtlaag waarin een beperkte luchtstroming uit de buitenomgeving mogelijk is. Dit is het geval indien de totale oppervlakte van de ventilatieopeningen A_v voldoet aan de volgende voorwaarden:

- > 500 mm² maar ≤ 1500 mm² per m lengte (verticale luchtlagen);
- > 500 mm² maar ≤ 1500 mm² per m² luchtlaag (horizontale luchtlagen).

Het effect van de ventilatie hangt af van de grootte en de verdeling van de ventilatieopeningen. Bij conventie mag de totale warmteweerstand van een bouwelement met een matig geventileerde luchtlaag berekend worden met:

Eq. 2 $$R_T = \frac{1500 - A_V}{1000} R_{T,u} + \frac{A_V - 500}{1000} R_{T,v}$$ m².K/W

waarin:

A_v de totale oppervlakte van de ventilatieopeningen per m lengte in mm²/m (voor verticale luchtlagen) of per m² luchtlaag en in mm²/m² (voor horizontale luchtlagen);

$R_{T,u}$ de totale warmteweerstand van hetzelfde bouwelement maar met een ongeventileerde luchtlaag, berekend volgens § 5.4.2.2, in m².K/W;

$R_{T,v}$ de totale warmteweerstand van hetzelfde bouwelement maar met een sterk geventileerde luchtlaag, berekend volgens § 5.4.2.4, in m².K/W.

Alternatief mag ook nog de oude methode gehanteerd worden. Hierbij zijn de ontwerpwaarden van de warmteweerstand van matig geventileerde luchtlagen gelijk aan de helft van de corresponderende waarden in Tabel [2] (enkel geldig voor oppervlakken met hoge emissiviteit). Indien bovendien de totale warmteweerstand van de bouwlagen (van oppervlak tot oppervlak) tussen de luchtlaag en de buitenomgeving groter is dan 0,15 m²·K/W, dan zal deze warmteweerstand begrensd blijven tot deze waarde (0,15 m²·K/W).

5.4.2.4 Sterk geventileerde luchtlagen

Een sterk geventileerde luchtlaag is een luchtlaag voor dewelke de totale oppervlaktes van de ventilatieopeningen tussen de luchtlaag en de buitenomgeving voldoen aan de volgende voorwaarden:

- > 1500 mm² per m lengte (verticale luchtlagen);
- > 1500 mm² per m² luchtlaag (horizontale luchtlagen).

De totale warmteweerstand van een bouwelement dat voorzien is van een sterk geventileerde luchtlaag wordt berekend door de totale warmteweerstand van de luchtlaag en van alle bouwlagen tussen de luchtlaag en de buitenomgeving te verwaarlozen en de R_{se} waarde te vervangen door R_{si}.

5.4.3 Overige luchtlagen

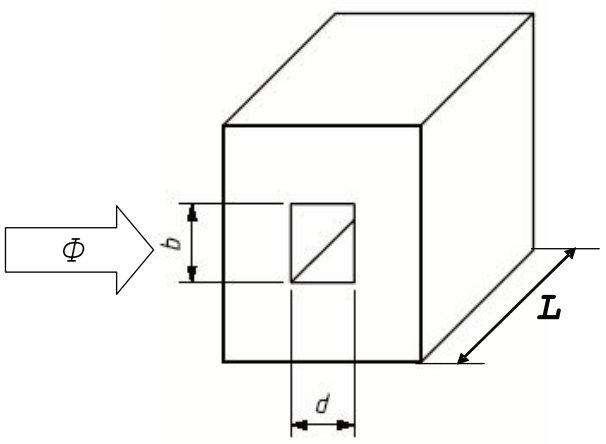
Luchtlagen of -holten kunnen deel uitmaken van een product, bv. dubbele beglazing of geperforeerde metselstenen. De invloed van de luchtlaag of -holte wordt opgenomen in de productkarakteristiek (U-waarde of equivalente lambdawaarde). Dit wordt daarom hier niet behandeld.

Luchtlagen zoals die voorkomen bij voorzet- en dubbelramen worden behandeld in § 8.4.4. Luchtlagen tussen vensters en luiken worden behandeld in § 8.4.5.2.

5.4.3.1 Holten of leemten

Dergelijke holten kunnen bv. optreden tussen dakspanten.

Figuur [2]: Buisvormige holten



Φ: richting van de warmtestroom

d: dikte van de luchtlaag
b: breedte of hoogte
L: lengte

d ≤ 300 mm
d/L > 0,10 en/of d/b > 0,10

In bijlage B.4 van NBN EN ISO 6946 wordt de berekening van de warmteweerstand van kleine buisvormige niet-geventileerde luchtlagen gegeven (holten, leemten). Bij deze luchtlagen is de verhouding van dikte tot lengte (of breedte) groter dan 0,1. Figuur [2] illustreert een dergelijke luchtlaag.

5.5 Warmteweerstand van luchtlagen (luchtruimten) met dikte groter dan 300 mm

Luchtlagen met een dikte groter dan 300 mm worden beschouwd als een aangrenzende onverwarmde ruimte. Aangrenzende onverwarmde ruimten worden in het kader van de energieprestatieregelgeving behandeld zoals beschreven in bijlage A van bijlage A.1 bij dit besluit.

6 Bepaling van de totale warmteweerstand (R_T) van bouwelementen

6.1 Bouwelementen opgebouwd uit homogene lagen

De totale warmteweerstand R_T (van omgeving tot omgeving) van een vlak bouwelement, opgebouwd uit thermisch homogene bouwlagen die loodrecht staan op de warmtestroom, wordt berekend volgens:

Eq. 3 $R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + ……. + R_n + R_{se}$ $m^2.K/W$

waarin:

R_{si}	de warmteovergangsweerstand aan het binnenoppervlak, in $m^2.K/W$;
R_1, R_2,…, R_n	de warmteweerstanden van elke bouwlaag, in $m^2.K/W$;
R_{se}	de warmteovergangsweerstand aan het buitenoppervlak, in $(m^2.K/W)$.

NOTA 1 Indien R_T als eindresultaat gepresenteerd wordt, dan dient het afgerond te worden op 2 decimalen.

NOTA 2 Eq. 3 geldt voor buitenwanden. In het geval van binnenwanden wordt R_{se} in Eq. 3 vervangen door R_{si}. Indien de totale warmteweerstand (van oppervlak tot oppervlak) moet berekend worden dan vallen de beide R_s-waarden in Eq. 3 weg.

NOTA 3 De oppervlakte van een gebogen bouwelement is deze van een tot een plat bouwelement getransformeerd vlak met dezelfde geprojecteerde oppervlakte. Hierbij wordt gerekend met de buitenafmetingen van het gebogen bouwelement.

6.2 Bouwelementen opgebouwd uit homogene en niet-homogene lagen

6.2.1 Toepasbaarheid

In de volgende paragrafen wordt een vereenvoudigde rekenmethode gegeven om de warmteweerstand van bouwelementen te berekenen die opgebouwd zijn uit thermisch homogene en niet-homogene bouwlagen.

Een nauwkeuriger resultaat kan bekomen worden door gebruik te maken van een numerieke methode in overeenstemming met NBN EN ISO 10211 (zie extra toelichting in bijlage G.2).

Lijn- en puntvormige onderbrekingen of aansluitingen die eigen zijn aan een scheidingsconstructie van het verliesoppervlak en over het oppervlak ervan verdeeld zijn, moeten verplicht ingerekend worden in de totale warmteweerstand RT van de scheidingsconstructie van het verliesoppervlak, hetzij via de vereenvoudigde rekenmethode, hetzij via de numerieke methode in overeenstemming met NBN EN ISO 10211

De vereenvoudigde methode mag niet worden toegepast in de volgende gevallen:

- wanneer de verhouding van de boven- tot de onderwaarde van de warmteweerstand (zie hieronder) groter is dan 1.5.
- wanneer de isolatielaag overbrugd wordt door metaal.

Voor metalen bevestigingen kan de methode in 1e instantie toegepast worden alsof er geen metalen bevestigingen zouden zijn, en het bekomen resultaat dient vervolgens gecorrigeerd te worden in overeenstemming met § 7.2.

6.2.2 Totale warmteweerstand van een bouwelement (combinatiemethode)

De totale warmteweerstand R_T van een bouwelement, opgebouwd uit thermisch homogene en thermisch niet-homogene bouwlagen die loodrecht staan op de warmtestroom, wordt bepaald als het rekenkundig gemiddelde van de boven- en onderwaarde van de warmteweerstand:

Eq. 4 $$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2}$$ m².K/W

met:

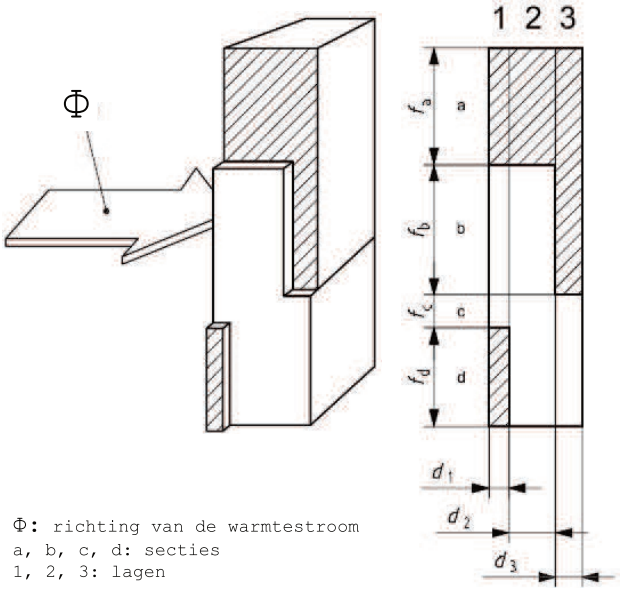
R'_T: de bovenwaarde van de warmteweerstand, berekend volgens Eq. 5, in m².K/W;

R''_T de onderwaarde van de warmteweerstand, berekend volgens Eq. 7, in m².K/W.

De berekening van de boven- en onderwaarde wordt uitgevoerd door het bouwelement op te splitsen in secties en lagen, zodanig dat het bouwelement enkel nog bestaat uit delen die op zichzelf thermisch homogeen zijn (zie voorbeeld van Figuur [3]):

- het bouwelement wordt opgedeeld in secties (a, b, c, en d) met respectievelijke oppervlaktes (A_a, A_b, A_c en A_d) en in lagen (1, 2 en 3), met respectievelijke diktes (d_1, d_2 en d_3);
- de secties (a, b, c, d), die loodrecht staan op de oppervlakken van het bouwelement, vertegenwoordigen elk afzonderlijk een deeloppervlakte (f_a , f_b, f_c, f_d) t.o.v. de totale oppervlakte;
- de lagen (1, 2, 3), die parallel zijn met de oppervlakken van het bouwelement, hebben een dikte d_1, d_2 en d_3;
- alle thermisch homogene delen (a1 … d3) hebben een welbepaalde warmtegeleidbaarheid (λ_{a1},…λ_{d3}), een bepaalde dikte (d_1,… d_3), een deeloppervlakte (f_a ,… f_d) en een warmteweerstand (R_{a1},… R_{d3});
- de deeloppervlakte van een sectie is een proportioneel deel van de totale oppervlakte, zodat $f_a + f_b + … + f_d = 1$.

Figuur [3]: Secties en lagen van een thermisch niet homogeen bouwelement



Φ: richting van de warmtestroom
a, b, c, d: secties
1, 2, 3: lagen

6.2.3 Limietwaarden

De **bovenwaarde** van de warmteweerstand wordt bepaald door aan te nemen dat de ééndimensionale warmtestroom loodrecht staat op de oppervlakken van het bouwelement. De bovenwaarde wordt gegeven door:

Eq. 5 $$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \frac{f_c}{R_{Tc}} + \frac{f_d}{R_{Td}}$$ W/(m².K)

met:

R_{Ta}, R_{Tb},…R_{Td} totale warmteweerstanden (van omgeving tot omgeving) van elke sectie, in m².K/W, berekend volgens Eq. 3;

f_a, f_b,…f_d de deeloppervlaktes (fracties) van elke sectie (-).

De **onderwaarde** van de warmteweerstand wordt bepaald door aan te nemen dat alle vlakken die parallel zijn met de oppervlakken van het bouwelement isothermische vlakken zijn.

Voor elke thermisch niet-homogene bouwlaag (1, 2, 3, ...) wordt een equivalente warmteweerstand R_j als volgt bepaald:

Eq. 6 $$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \frac{f_c}{R_{cj}} + \frac{f_d}{R_{dj}}$$ W/(m².K)

De onderwaarde van de warmteweerstand wordt dan bepaald volgens:

Eq. 7 $R''_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \ldots\ldots + R_n + R_{se}$ m².K/W

NOTA In het kader van de energieprestatieregelgeving is het ook toegelaten om enkel met de onderwaarde van de warmteweerstand te rekenen.

6.2.4 Foutenberekening

Een methode voor de berekening van de maximale relatieve fout die begaan wordt bij de bepaling van de U-waarde is gegeven in § 6.2.5 van NBN EN ISO 6946.

7 Warmtedoorgangscoëfficiënt (U) van ondoorschijnende bouwelementen

7.1 Algemene uitdrukking

De warmtedoorgangscoëfficiënt (U-waarde) van een ondoorschijnend bouwelement wordt gegeven door:

Eq. 8 $$U = \frac{1}{R_T}$$ W/(m².K)

met:

R_T de totale thermische weerstand van een bouwelement, in m².K/W,berekend volgens Eq. 4.

Bij de berekening van de U-waarde, moeten de aangenomen invoergegevens ter informatie opgegeven worden of beschikbaar zijn.

NOTA Indien U als eindresultaat gepresenteerd wordt, dan dient het afgerond te worden op 2 decimalen.

7.2 Correcties op de U-waarde

7.2.1 Algemeen

Correcties dienen in principe toegepast te worden op de volgens Eq. 8 berekende U-waarde, om rekening te houden met de effecten van de volgende gevallen of situaties:

- luchtspleten of holten in isolatielagen;
- mechanische bevestigingen die isolatielagen doorboren;
- neerslag op omgekeerde daken.

De gecorrigeerde U-waarde (U_c), wordt als volgt gedefinieerd:

Eq. 9 $$U_c = U + \Delta U$$ W/(m².K)

waarbij de correctieterm ΔU bepaald is volgens:

Eq. 10 $$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$$ W/(m².K)

hierin zijn:

ΔU_g correctieterm voor luchtspleten en holten, in W/(m².K);

ΔU_f correctieterm voor mechanische bevestigingen, in W/(m².K);

ΔU_r correctieterm voor omgekeerde daken, in W/(m².K).

7.2.2 Correctie voor luchtspleten of -holten in of tussen isolatielagen

De aanwezigheid van luchtlagen, -spleten of -holten in de richting van of loodrecht op de warmtestroom, kan in sommige gevallen een sterk negatieve invloed uitoefenen op de werkelijke warmteweerstand van de isolatielaag. In NBN EN ISO 6946 (Bijlage D.2) worden een aantal categorieën van onvolkomenheden gedefinieerd, en worden bijhorende conventionele toeslagen vastgelegd.

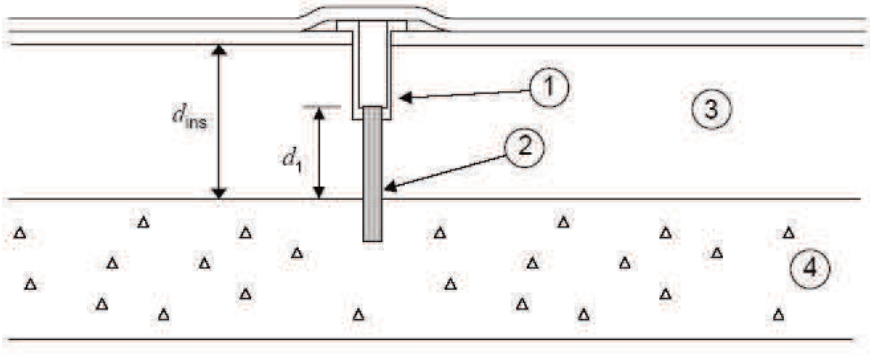
Omdat het moeilijk is eenduidig te beoordelen welke categorie op een gebouw, een constructiedeel, ... precies van toepassing is, is besloten dit effect in het kader van de energieprestatieregelgeving buiten beschouwing te laten. Bij conventie mag daarom gesteld worden:

Eq. 11 $\Delta U_g = 0$ W/(m².K)

7.2.3 Correctie voor mechanische bevestigingen die een isolatielaag doorboren

Wanneer een isolatielaag doorboord wordt door mechanische bevestigingen (bv. spouwhaken, dakbevestigingen,…), dan kan het effect van deze bevestigingen altijd nauwkeurig berekend worden door numerieke berekeningen volgens NBN EN ISO 10211. Deze nauwkeurige rekenmethode moet steeds toegepast worden indien de beide uiteinden van de mechanische bevestiging in thermisch contact zijn met metalen platen.

Figuur [4]: Verzonken mechanische bevestiging



1 kunststof kap
2 verzonken bevestiging
3 isolatielaag
4 dakplaat

In de andere gevallen kan de hierna volgende benaderende rekenmethode toegepast worden, waarbij het effect van de mechanische bevestigingen bepaald wordt door de correctieterm ΔU_f die als volgt berekend wordt:

Eq. 12 $$\Delta U_f = \alpha . \frac{\lambda_f . A_f . n_f}{d_1} . \left[\frac{R_1}{R_{T,h}}\right]^2$$ W/(m².K)

waarin:

d_1 de lengte van de bevestiging, in (m), als volgt bepaald:
- bij bevestigingen die de isolatielaag volledig doorboren (onder rechte of schuine hoek) is de lengte gelijk aan de dikte van de isolatielaag (d_{ins}): $d_1 = d_{ins}$;
- bij verzonken bevestigingen is de lengte gelijk aan het gedeelte van de bevestiging dat de isolatielaag doorboort (zie Figuur [4])

λ_f de warmtegeleidbaarheid van de mechanische bevestiging, in W/(m.K) (zie NOTA);

n_f aantal mechanische bevestigingen per m², (m^{-2});

A_f doorsnede van 1 mechanische bevestiging, (m²);

λ_{ins} de warmtegeleidbaarheid van de isolatielaag, W/(m.K);

α (-) is een correctiecoëfficiënt als volgt bepaald:
- $\alpha = 0,8$ indien de mechanische bevestiging de isolatielaag volledig doorboort

- α = 0,8 x d_1/d_{ins} indien de bevestiging verzonken is in de isolatielaag (zie Figuur [4]);

R_1 warmteweerstand (van het deel) van de isolatielaag die door de mechanische bevestiging doorboord wordt ($R_1 = d_1/\lambda_{ins}$, in m².K/W;

$R_{T,h}$ totale warmteweerstand van het bouwelement, zonder rekening te houden met enige koudebrugwerking, in m².K/W, berekend volgens § 6.1.

NOTA De correctieterm ΔU_f dient in het geval van spouwhaken niet toegepast te worden voor de volgende gevallen:

- spouwhaken in ongeïsoleerde spouwen;
- spouwhaken waarvan de warmtegeleidbaarheid (λ_f) kleiner is dan 1 W/(m.K) (bv. kunststof)

Waarden bij ontstentenis voor spouwhaken:

Voor spouwhaken is het altijd toegelaten volgende waarden bij ontstentenis te gebruiken:

- aantal spouwhaken per m²: $n_f = 5\ m^{-2}$
- sectie van een spouwhaak: $A_f = 1{,}3.10^{-5}$ m² (∅ 4 mm)
- warmtegeleidbaarheid van het spouwhaakmateriaal: λ_f = 50 W/(m.K) (staal)
- lengte van de spouwhaak gelijk aan de dikte van de isolatielaag: $d_1 = d_{ins}$

7.2.4 Correctieprocedure voor omgekeerde daken

7.2.4.1 Algemeen

In het geval van omkeerdaken waarbij het waterkerend membraan zich onder de isolatielaag bevindt, dient een correctieterm ΔU_r berekend te worden om rekening te houden met het effect van regenwater dat tussen de isolatielaag en membraan kan wegvloeien. Deze correctieprocedure dient in principe enkel toegepast te worden voor warmteoverdrachtsberekeningen en niet voor de berekening van koelbehoeften. In het kader van de energieprestatieregelgeving mag evenwel steeds (ook voor oververhittings- en koelberekeningen) met de gecorrigeerde waarde gerekend worden. De hierna volgende procedure is enkel van toepassing voor isolatielagen bestaande uit geëxtrudeerd polystyreen (XPS).

7.2.4.2 Correctie ten gevolge van waterstroming tussen isolatie en dichtingsmembraan

De toe te passen correctieterm ΔU_r die rekening houdt met de extra warmteoverdracht ten gevolge van de onderstroming door regenwater van de isolatielaag in omkeerdaken, wordt berekend volgens:

Eq. 13 $$\Delta U_r = p.f.x.\left[\frac{R_1}{R_T}\right]^2 \quad \text{W/(m}^2\text{.K)}$$

waarin:

p gemiddelde regenval gedurende het stookseizoen in mm/dag;

f drainering factor, die een fractie van de gemiddelde regenval weergeeft die het membraan bereikt, (-);

x factor die de verhoogde warmteoverdracht karakteriseert ten gevolge van de onderstroming van de isolatielaag door regenwater, in W.dag/m².K.mm;

R_1: gecorrigeerde warmteweerstand van de XPS-isolatielaag (R_{XPS}) die rekening houdt met een toename van het vochtgehalte door diffusie in m².K/W;

R_T: totale warmteweerstand van het dak, zonder rekening te houden met enige correctie, in m².K/W.

De correctieterm ΔU_r wordt berekend tot twee decimalen. Waarden kleiner dan 0,01 W/(m².K) worden verwaarloosd.

Waarden bij ontstentenis voor omgekeerde daken:

Voor omkeerdaken met XPS worden de volgende parameters vastgelegd:

- Neerslaghoeveelheid: p = 2,0 mm/dag
- Correctiefactor voor warmteoverdracht door onderstroming
  - f.x = 0,04 W.dag/m².K.mm voor platen met rechte boorden en open ballast zoals grind, tegels of in fabriek aangebrachte afwerklaag
  - f.x = 0,03 W.dag/m².K.mm voor platen met sponning en open ballast zoals grind, tegels of in fabriek aangebrachte afwerklaag
  - f.x.= 0,02 W.dag/m².K.mm voor groen- of tuindaken (in afwachting van precieze cijfers)
- Gecorrigeerde warmteweerstand van XPS plaat
  - R1= RXPS/1,023 (voor open ballast zoals grind, tegels of in fabriek aangebrachte afwerklaag)
  - $R_1 = R_{XPS}/1,069$ (voor groen- of tuindaken)
  - waarin R_{XPS} berekend wordt volgens 5.2.

7.3 Correctie op R-waarde voor in situ gespoten PUR-isolatie

Omwille van de moeilijkheden om een exacte dikte te bepalen, dient de warmteweerstand R_{PUR} van een in situ gespoten PUR-isolatielaag als volgt berekend te worden:

Eq. 14 $$R_{PUR} = a.\left(\frac{d_{PUR}}{\lambda_{Ui,PUR}}\right)$$ m².K/W

met:

R_{PUR} gecorrigeerde warmteweerstand van in situ gespoten PUR-isolatie, in m².K/W;

d_{PUR} dikte van de gespoten PUR-isolatielaag, in m;

$\lambda_{Ui,PUR}$ rekenwaarde van de warmtegeleidbaarheid van de in situ gespoten PUR, in W/(m.K) bepaald volgens bijlage A;

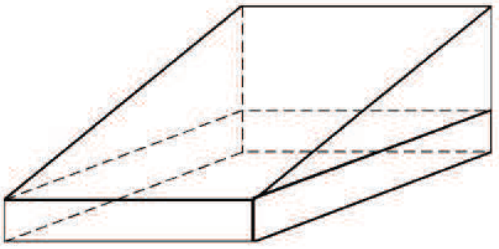
a correctieterm, (-), gelijk aan:
- a = 0,925 voor vloertoepassingen;
- a = 0,85 voor alle andere toepassingen

7.4 U-waarde van bouwdelen met variabele dikte

7.4.1 Algemene werkwijze

Bij gebouwelementen die bestaan uit deelelementen met ongelijke vorm en/of bouwlagen met variabele dikte (Figuur [5]), varieert de totale warmteweerstand van het bouwelement over zijn gehele oppervlakte en dient daarom een gemiddelde U-waarde voor het gehele bouwelement bepaald te worden. Vereenvoudigend kan de weerstand van de laag met variabele dikte verwaarloosd worden, zie § 7.4.4.

Figuur [5]: Bouwelement met hellende bouwlaag

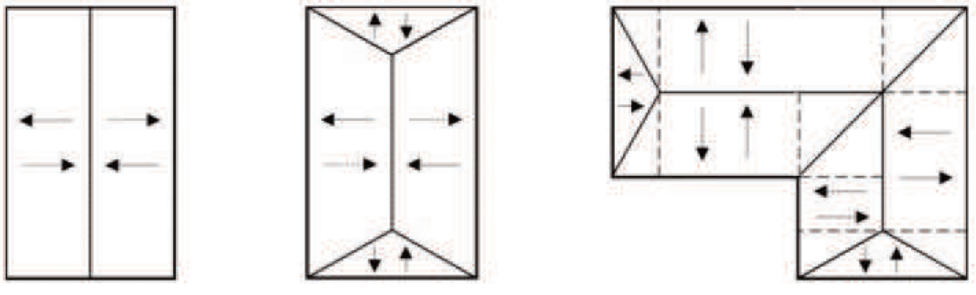


De bepaling van de gemiddelde U-waarde van dergelijke gebouwelementen verloopt als volgt:

- het gehele gebouwelement wordt eerst opgesplitst in deelelementen die overeenstemmen met de vorm en de helling van de drie basisvormen uit § 7.4.2; een voorbeeld van een dergelijke opsplitsing is getoond in Figuur [6] voor een aantal daken;
- vervolgens wordt voor elk deelelement (overeenstemmend met een bepaalde basisvorm en met een eigen oppervlakte) een U-waarde berekend op basis van de formules uit § 7.4.3;
- tenslotte wordt voor het gehele gebouwelement de U-waarde berekend als de oppervlaktegewogen gemiddelde U-waarde van alle beschouwde deelelementen.

NOTA Deze werkwijze is geldig voor bouwlagen waarvan de helling niet groter is dan 5%, zoniet moet een numerieke berekening worden toegepast.

Figuur [6]: Voorbeelden van opsplitsing van daken in individuele dakelementen



→ ↑ ← ↓: duiden de richting van de helling aan (alle richtingen mogelijk)

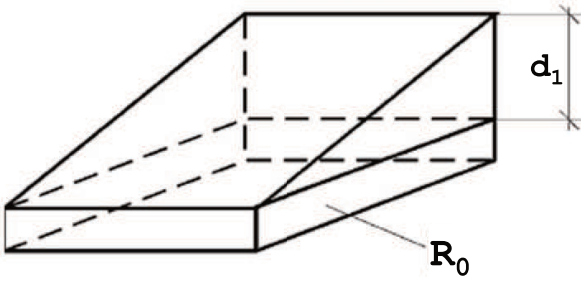
------: opsplitsing van het dak in deelelementen met rechthoekig of driehoekig grondvlak

7.4.2 Opdeling in basisvormen

Gebouwelementen met hellende delen of lagen kunnen opgedeeld worden in drie basisvormen naargelang de vorm van het grondvlak en de richting van de helling:

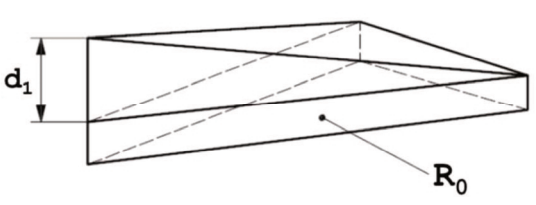
- een gebouwelement met rechthoekig grondvlak, opgebouwd uit een deel dat één of meerdere vlakke bouwlagen bevat (met een totale warmteweerstand R_0) en een deel dat een hellende bouwlaag bevat (dikte varieert tussen 0 en maximaal d_1) (Figuur [7]);

Figuur [7]: Bouwelement met rechthoekig grondvlak, bestaand uit een hellend deel en een (overblijvend) vlak deel

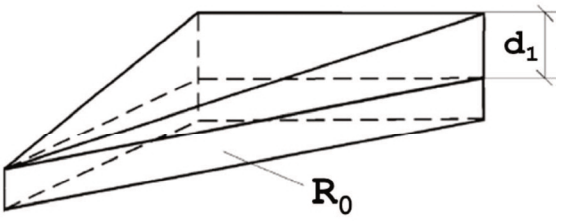


- een gebouwelement met driehoekig grondvlak, opgebouwd uit een deel dat één of meerdere vlakke bouwlagen bevat (met een totale warmteweerstand R_0) en een deel dat een hellende bouwlaag bevat, waarbij ofwel het dikste deel (met dikte d_1) aan de tophoek ligt (Figuur [8] – links) ofwel het dunste deel (met dikte 0) (Figuur [8] – rechts).

Figuur [8]: Bouwelement met driehoekig grondvlak, bestaand uit een hellend deel en een (overblijvend) vlak deel



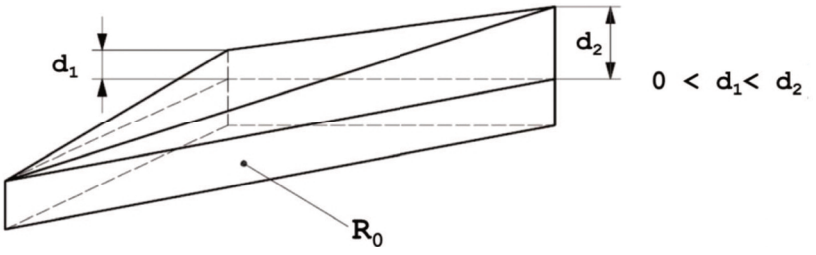
(dikste deel aan de tophoek)



(dunste deel aan de tophoek)

- een gebouwelement met driehoekig grondvlak, opgebouwd uit een deel dat één of meerdere vlakke bouwlagen bevat (met een totale warmteweerstand R0) en een deel dat een hellende bouwlaag bevat met in elk van de hoekpunten een verschillende dikte (respectievelijk dikte 0, tussenliggende dikte d1 en maximale dikte d_2) (Figuur [9])

Figuur [9]: Gebouwelement met driehoekig grondvlak, bestaand uit een hellend deel (met ongelijke diktes aan de hoeken) en een overblijvend vlak deel



7.4.3 Bepaling van de U-waarde voor elk van de basisvormen

De bepaling van de U-waarde, voor elk van de drie voormelde basisvormen, kan gebeuren volgens de volgende formules:

- voor gebouwelementen met rechthoekig grondvlak:

Eq. 15 $$U = \frac{1}{R_1}.\ln\left[1 + \frac{R_1}{R_0}\right]$$ W/(m².K)

- voor gebouwelementen met driehoekig grondvak:
  - dikste deel aan tophoek:

Eq. 16 $$U = \frac{2}{R_1}.\left[\left(1 + \frac{R_0}{R_1}\right).\ln\left(1 + \frac{R_1}{R_0}\right) - 1\right]$$ W/(m².K)

  - dunste deel aan tophoek:

Eq. 17 $$U = \frac{2}{R_1}.\left[1 - \frac{R_0}{R_1}.\ln\left(1 + \frac{R_1}{R_0}\right)\right]$$ W/(m².K)

met:

R_1) maximale warmteweerstand van het hellend deel van de bouwlaag, in m².K/W, (met dikte = 0 aan één van de zijden of aan de tophoek), gelijk aan d_1/λ_1 , waarin d_1 (m) = maximale dikte van het hellend deel van de bouwlaag (zie Figuur [7] en Figuur [8]) en λ_1 W/(m.K) = warmtegeleidbaarheid van deze bouwlaag;

R0 totale warmteweerstand van het gehele deelelement, in (m².K/W), berekend van omgeving tot omgeving (dus met inbegrip van R_{si} en R_{se}), maar exclusief de warmteweerstand van het hellend deel van de bouwlaag (R_1).

- voor gebouwelementen met driehoekig grondvlak en ongelijke hoogtes aan de hoeken (Figuur [9])

Eq. 18 $$U = 2.\left[\frac{R_0.R_1.\ln\left(1 + \frac{R_2}{R_0}\right) - R_0.R_2.\ln\left(1 + \frac{R_1}{R_0}\right) + R_1.R_2.\ln\left(\frac{R_0 + R_2}{R_0 + R_1}\right)}{R_1.R_2.(R_2 - R_1)}\right]$$ W/(m².K)

met:

R_1 warmteweerstand van het hellend deel van de bouwlaag ter hoogte van het hoekpunt met tussenliggende dikte d_1 , in m².K/W, bepaald als $R_1 = d_1/\lambda_t$, waarin λ_t W/(m.K) de warmtegeleidbaarheid is van deze bouwlaag;

R_2 maximale warmteweerstand van het hellend deel van de bouwlaag met maximale dikte d_2, in m².K/W, bepaald als $R_2 = d_2/\lambda_t$, waarin λ_t W/(m.K) de warmtegeleidbaarheid is van deze bouwlaag;

R_0 totale warmteweerstand van het gehele deelelement, in m².K/W, berekend van omgeving tot omgeving (dus met inbegrip van R_{si} en R_{se}), maar exclusief de warmteweerstand(en) (R_1 en/of R_2) van het hellend deel van de bouwlaag.

7.4.4 Vereenvoudigde bepaling

Bij een vereenvoudigde bepaling van de U-waarde van gebouwelementen met variabele dikte, wordt de warmteweerstand R_1 van het hellende deel van de bouwlaag met variabele dikte verwaarloosd en wordt enkel de term R_0 in rekening gebracht

8 Bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt van vensters, deuren en poorten

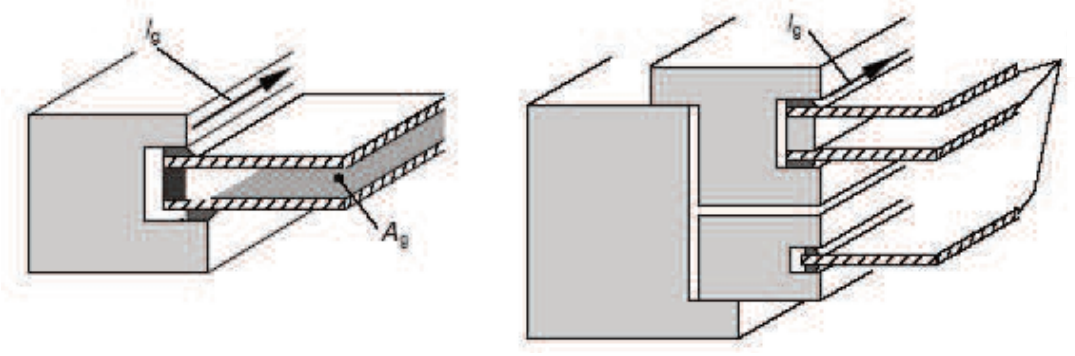
8.1 Geometrische karakteristieken van vensters en deuren

8.1.1 Oppervlakte van venster en deurcomponenten (raamprofielen, beglazingen, ondoorschijnende vulpanelen en ventilatieroosters)

De beglaasde oppervlakte A_g of de oppervlakte van het ondoorschijnend vulpaneel A_p van een venster of een deur, is de kleinste van de zichtbare oppervlaktes gezien van de beide zijden, zoals te zien in Figuur [10].

De oppervlakte A_g van beglazingen, de oppervlakte A_p van ondoorschijnende vulpanelen, de oppervlakte A_f van raamprofielen en de oppervlakte A_r van ventilatieroosters wordt gedefinieerd als de geprojecteerde zichtbare oppervlakte op het vlak[1] van de beglazing of van het ondoorschijnende vulpaneel.

Figuur [10]: Illustratie van glasoppervlakte en perimeter



Indien de geprojecteerde zichtbare oppervlakten langs de binnen- en buitenzijde verschillen, worden de grenslijnen tussen de verschillende componenten bepaald volgens volgende conventionele regels:

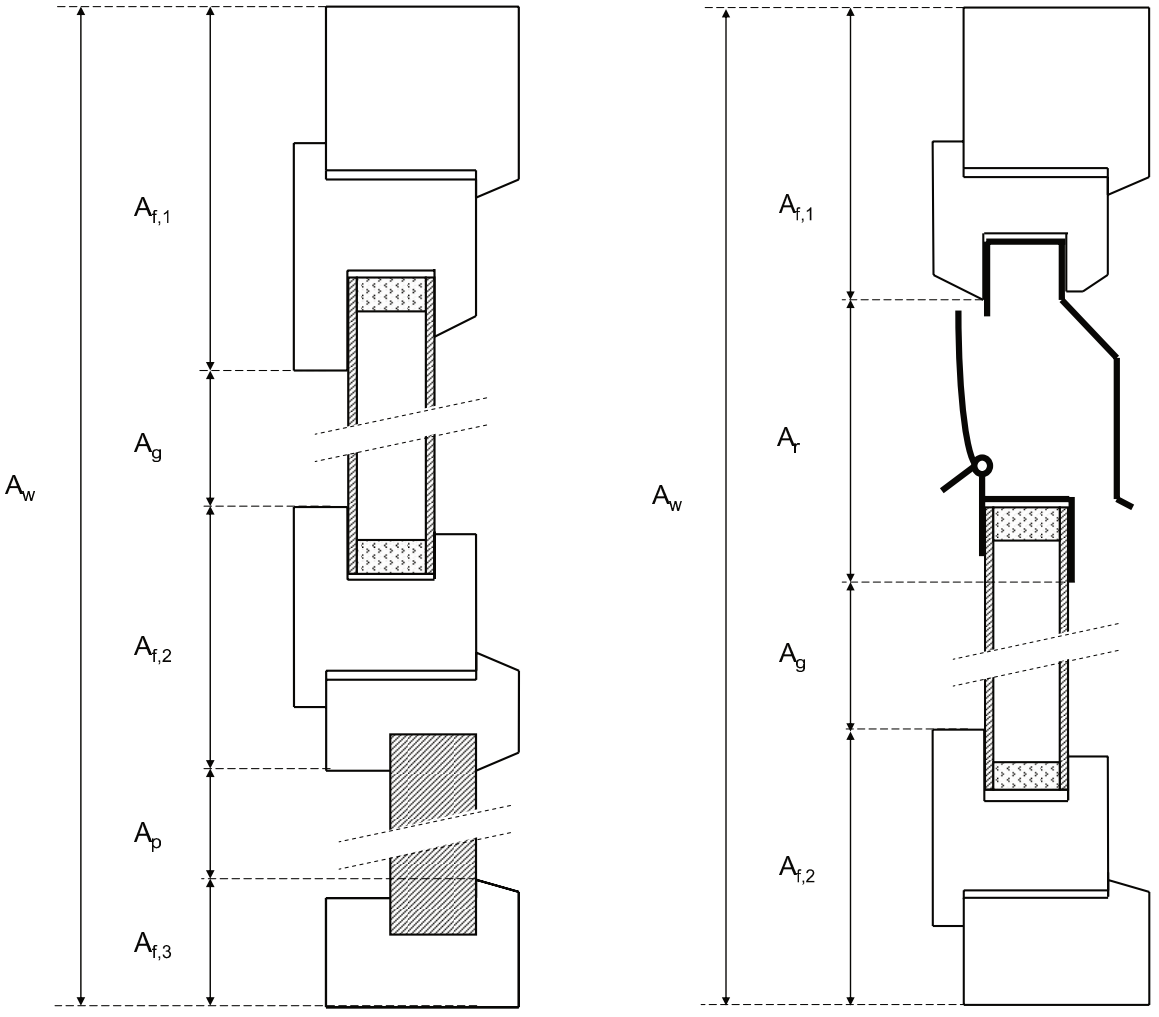
- de grenslijn tussen een raamprofiel en eender welke andere component wordt zo gekozen dat de geprojecteerde oppervlakte van het raamprofiel zo groot mogelijk is
- de grenslijn tussen een ventilatierooster en een opaak vulpaneel of een beglazing wordt zo gekozen dat de geprojecteerde oppervlakte van het ventilatierooster zo groot mogelijk is
- de grenslijn tussen een opaak vulpaneel en een beglazing wordt zo gekozen dat de geprojecteerde oppervlakte van het opaak vulpaneel zo groot mogelijk is

De alzo vastgestelde grenslijnen bakenen de conventionele oppervlakte van elke component af, zoals geïllustreerd in Figuur [11].

Nota: deze regels hebben tot gevolg dat de som van de individuele oppervlakten van alle componenten gelijk is aan de totale oppervlakte van het naakte venster.

[1] In het (zeldzame) geval van een gebogen beglazing of gebogen ondoorschijnend vulpaneel wordt geprojecteerd op het gebogen (buiten)oppervlak van de beglazing of het vulpaneel. Het projectievlak wordt aan de randen zo nodig tangentieel uitgebreid.

Figuur [11]: Illustraties van de oppervlaktebepaling van de verschillende componenten.



8.1.2 Zichtbare omtrek van de beglazing

De totale perimeter van de beglazing (l_g) of van het vulpaneel (l_p) is de som van de zichtbare perimeter van de glasbladen (of vulpanelen) in het venster of in de deur. Indien de perimeters verschillend zijn aan de binnenzijde en de buitenzijde van de beglazing of het vulpaneel, dan dient de grootste van beide waarden gebruikt te worden (zie Figuur [10]).

8.1.3 Oppervlakte van de raamprofielen

De definities van de oppervlakten van raamprofielen zijn hierna gegeven (zie Figuur [12]):

$A_{f,i}$ geprojecteerde raamprofieloppervlakte aan de binnenzijde, in m^2, (is de oppervlakte van de projectie van het binnenraamprofiel, vleugel inbegrepen indien aanwezig, op een vlak dat parallel is met de beglazing);

$A_{f,e}$ geprojecteerde raamprofieloppervlakte aan de buitenzijde, in m^2, (is de oppervlakte van de projectie van het buitenraamprofiel, vleugel

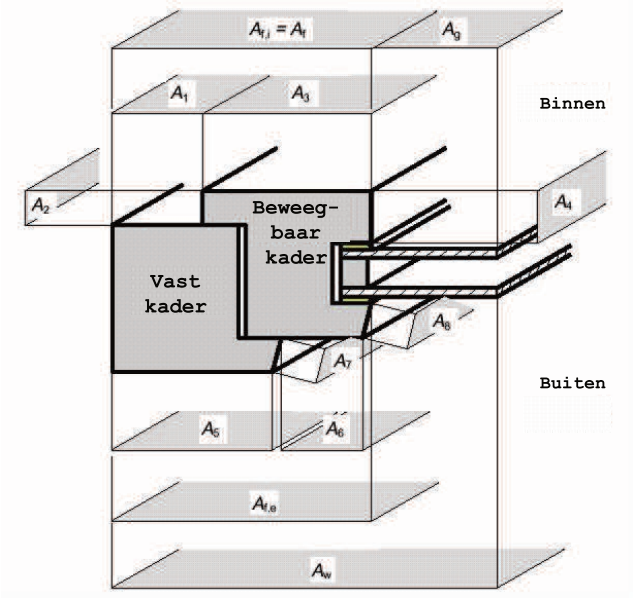
inbegrepen indien aanwezig, op een vlak dat parallel is met de beglazing);

A_f de oppervlakte van het raamprofiel, in m², bepaald in overeenstemming met de conventies in 8.1.1;

$A_{d,i}$ ontwikkelde raamprofieloppervlakte aan de binnenzijde, in m², (d.i. de oppervlakte van het raamprofiel, vleugel inbegrepen indien aanwezig, in contact met de binnenlucht – zie Figuur [13]);

$A_{d,e}$ ontwikkelde raamprofieloppervlakte aan de buitenzijde, in m², (d.i. de oppervlakte van het raamprofiel, vleugel inbegrepen indien aanwezig, in contact met de buitenlucht – zie Figuur [13])

Figuur [12]: Illustratie van de verschillende oppervlakten



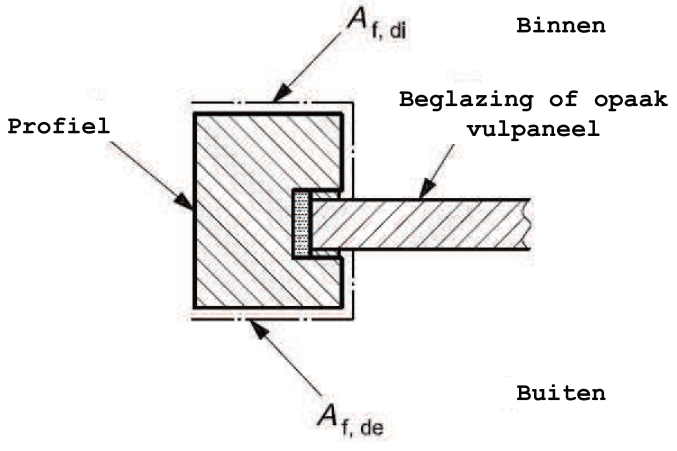
$A_f = \max(A_{f,i};\ A_{f,e})$

$A_w = A_f + A_g$

$A_{d,i} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$

$A_{d,e} = A_5 + A_6 + A_7 + A_8$

Figuur [13]: Ontwikkelde oppervlakte van raamprofielen



8.1.4 Oppervlakte van het venster of deur

De oppervlakte van het venster (of deur) A_w (A_D) is de som van de raamprofieloppervlakte A_f en van de beglaasde oppervlakte A_g (en/of van de paneeloppervlakte A_p en/of van de ventilatierooster oppervlakte A_r) (zie Figuur [12]). De raamprofieloppervlakte A_f omvat de oppervlakte van zowel het vast kader als van de beweegbare vleugel.

NOTA Bij de bepaling van de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie H_T worden de transmissieverliezen doorheen vensters of deuren berekend op basis van de oppervlaktes van de dagopeningen (zie § 12.2.2.1).

8.2 Algemene procedure voor de bepaling van de U-waarde van vensters, deuren en poorten

De warmtedoorgangscoëfficiënt van een venster (U_w) of een deur of poort (U_D) wordt bepaald voor de situatie vóór inbouw ('naakt' venster of 'naakte' deur of poort) op één van de volgende wijzen.

- ofwel (voor vensters of deuren) door proeven volgens NBN EN ISO 12567-1 (of NBN EN ISO 12567-2 voor dakvensters). De proeven dienen te worden uitgevoerd op exact hetzelfde venster (of exact dezelfde deur) met dezelfde afmetingen en dezelfde samenstellende componenten;
- ofwel (voor garagepoorten) door berekening volgens NBN EN 12428. De berekening moet worden uitgevoerd op exact dezelfde poort met dezelfde afmetingen en dezelfde samenstellende componenten;
- ofwel aan de hand van een (vereenvoudigde) berekening of waarden bij ontstentenis zoals hieronder beschreven.

Indien de functies van raamprofiel en ventilatierooster geïntegreerd zijn in één enkele component, dan wordt die component bij conventie als een ventilatierooster beschouwd.

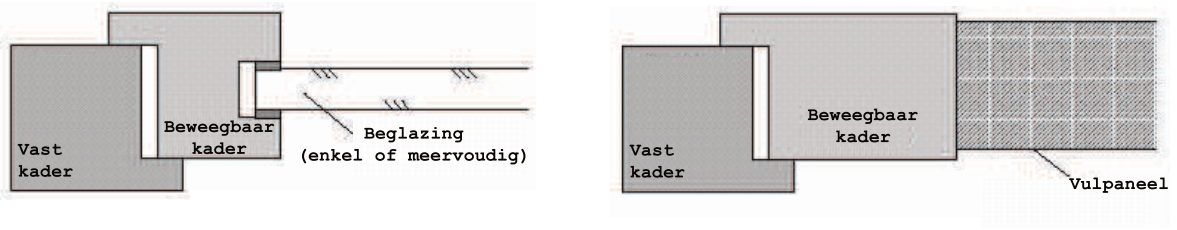
8.3 Basisgeval: U-waarde van gewone enkelvoudige vensters of deuren

Gewone enkelvoudige[2] vensters of deuren zijn opgebouwd uit een vast kader met beglazing en/of (een) vast(e) kader(s) en (een) beweegbare vleugel(s) waarin de beglazing zich bevindt (zie Figuur [14]).

Meerdere beglazingen kunnen eveneens deel uit maken van eenzelfde venster (deur) of zich binnen eenzelfde vast kader bevinden. Eventueel kunnen ook ondoorschijnende vulpanelen en toevoervoorzieningen voor ventilatielucht deel uit maken van een venster of deur.

[2] De betekenis van "enkelvoudig" moet gezien worden in tegenstelling tot "dubbelramen" en "voorzetramen": zie volgende paragrafen.

Figuur [14]: Illustratie van een enkelvoudig venster of deur



De warmtedoorgangscoëfficiënt van een venster (U_w) of een deur (U_D) met bepaalde afmetingen en voorzien van beglaasde delen en/of van ondoorschijnende vulpanelen en/of van ventilatieroosters, wordt algemeen berekend door middel van de volgende formule:

Eq. 19
$$U_w(\text{ou } U_D) = \frac{A_g.U_g + A_f.U_f + A_p.U_p + A_r.U_r + l_g.\Psi_g + l_p.\Psi_p}{A_g + A_f + A_p + A_r} \quad W/(m^2.K)$$

waarin:

U_g de U-waarde van de beglazing, in W/(m².K), bepaald volgens § 9.1;

U_f de U-waarde van het raamprofiel, in W/(m².K), bepaald volgens § 9.2;

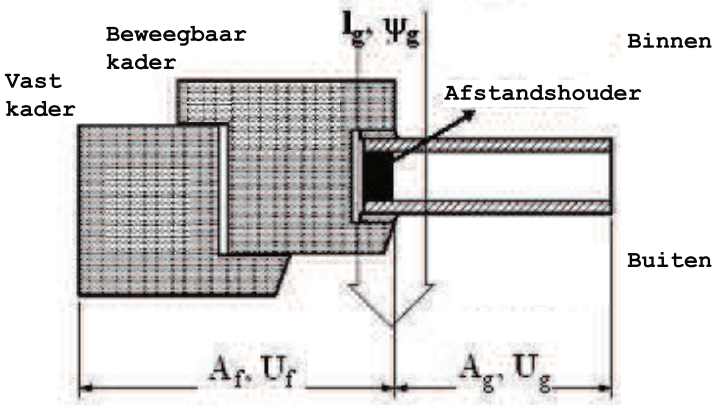
U_p de U-waarde van het ondoorschijnend vulpaneel, in W/(m².K), bepaald volgens § 9.3;

U_r de U-waarde van het ventilatierooster, in W/(m².K), bepaald volgens § 9.4;

Ψ_g de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt ten gevolge van de gecombineerde effecten van beglazing, afstandshouder en raamprofiel (zie Figuur [15]), in W/(m.K), bepaald volgens § 9.5;

Ψ_p de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt ten gevolge van de gecombineerde effecten van vulpaneel, randverbinding en raamprofiel, in W/(m.K), bepaald volgens § 9.5.

Figuur [15]: Effect van beglazing, afstandshouder en raamprofiel



NOTA 1 In het geval van een enkelvoudige beglazing valt de term ($l_g.\Psi_g$) in Eq. 19 weg aangezien er geen effect van een afstandshouder optreedt.

NOTA 2 Eq. 19 kan eveneens gebruikt worden voor vensters die opgebouwd zijn uit meerdere types van beglazingen, raamprofielen, vulpanelen of ventilatieroosters (met eigen U-waarde en eigen oppervlakte). Voor de betrokken componenten zijn in dat geval de corresponderende termen in de teller en in de noemer te lezen als sommaties (bv. $\Sigma\ A_f.U_f$, $\Sigma\ A_f$).

Indien, vereenvoudigd, bij de bepaling van U_w (of U_D) voor de betrokken componenten slechts één U-waarde gebruikt wordt, dan moet de meest

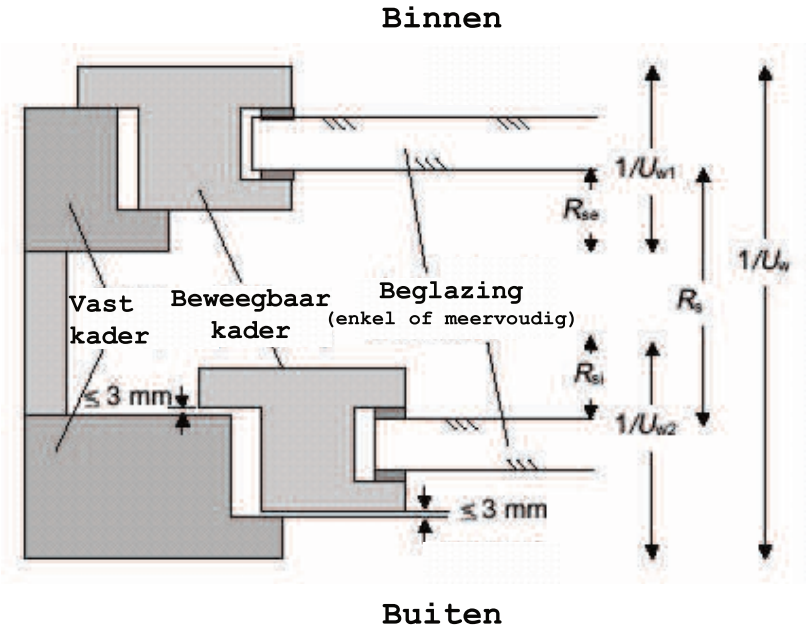
ongunstige waarde (de grootste) aangenomen worden. De corresponderende Ψ-waarde moet dan wel bepaald zijn op basis van deze U-waarde.

NOTA 3 Een vereenvoudigde bepaling van de U-waarde van vensters en deuren kan gebeuren binnen de voorwaarden die uitgelegd zijn in § 8.5.

8.4 Specifieke gevallen

8.4.1 Dubbelramen

Figuur [16]: Illustratie van een dubbelraam



De U_w-waarde van een dubbelraam, d.w.z. een systeem waarbij twee aparte vensters parallel opgesteld zijn in eenzelfde dagopening (zie Figuur [16]), wordt berekend volgens:

Eq. 20

$$U_w = \frac{1}{\frac{1}{U_{w1}} - R_{se} + R_s + \frac{1}{U_{w2}} - R_{si}} \quad W/(m^2.K)$$

waarin:

U_{w1} en U_{w2} de respectievelijke U-waarden van het venster aan de binnenzijde en van het venster aan de buitenzijde, in W/(m².K), berekend volgens Eq. 19;

R_{si} warmteovergangsweerstand aan het binnenoppervlak van het venster aan de buitenzijde, in m².K/W, bepaald volgens § 8.4.3;

R_{se} warmteovergangsweerstand aan het buitenoppervlak van het venster aan de binnenzijde, in m².K/W, bepaald volgens § 8.4.3;

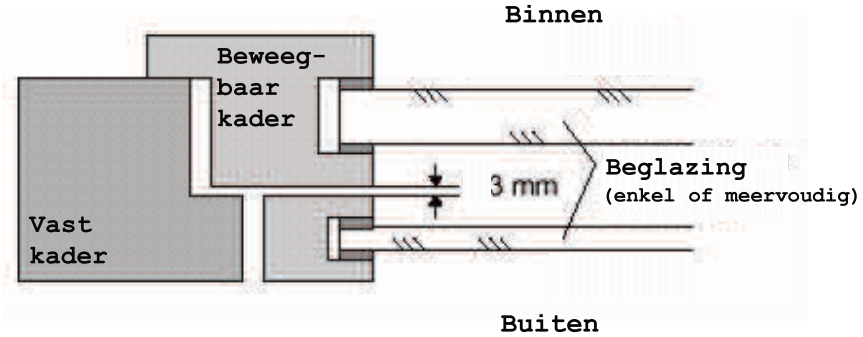
R_s de warmteweerstand van de luchtlaag tussen de beide vensters, in m².K/W, bepaald volgens § 8.4.4.

NOTA De methode is niet geldig indien de ruimte tussen de beide vensters overdreven geventileerd wordt met buitenlucht ten gevolge van te grote luchtspleten (ondichtheden) aan de aansluitingen van het buitenvenster. De luchtspleten mogen daartoe niet groter zijn dan 3 mm (zie Figuur

[16]), zoniet wordt de rekenmethode van een sterk geventileerde luchtlaag toegepast (zie § 5.4.2.4).

8.4.2 Voorzetramen

Figuur [17]: Illustratie van een voorzetraam



De U_w-waarde van het systeem van voorzetramen, waarbij een vast kader en twee aparte beweegbare vleugels (met beglazingen) parallel opgesteld zijn (zie Figuur [17]), kan berekend worden volgens Eq. 19, maar waarbij de gecombineerde U_g-waarde van de beide beglazingen berekend wordt volgens:

Eq. 21 $$U_g = \frac{1}{\frac{1}{U_{g1}} - R_{se} + R_s + \frac{1}{U_{g2}} - R_{si}}$$ W/(m².K)

waarin:

U_{g1} en U_{g2} de respectievelijke U-waarden van de beglazing aan de binnenzijde en van de beglazing aan de buitenzijde, in W/(m².K), bepaald volgens § 9.1;

R_{si} warmteovergangsweerstand aan het binnenoppervlak van de beglazing aan de buitenzijde, in m².K/W, bepaald volgens § 8.4.3;

R_{se} warmteovergangsweerstand aan het buitenoppervlak van de beglazing aan de binnenzijde, in m².K/W, bepaald volgens § 8.4.3;

R_s de warmteweerstand van de luchtlaag tussen de beide beglazingen, in m².K/W, bepaald volgens § 8.4.4.

NOTA Als de luchtspleet tussen de beide vleugelprofielen groter is dan 3 mm en er geen maatregelen genomen zijn om een overdreven ventilatie met buitenlucht te vermijden tussen de beide beglazingen, dan is de methode niet meer geldig. In dat geval wordt de rekenmethode van een sterk geventileerde luchtlaag toegepast (zie § 5.4.2.4).

8.4.3 Warmteovergangsweerstanden

Voor gewone emissiefactoren ($\varepsilon_n \geq 0,8$) aan de binnen- en buitenzijde van vensters, deuren of beglazingen, dienen de waarden van de warmteovergangsweerstanden aan het binnenoppervlak (R_{si}) en aan het buitenoppervlak (R_{se}) genomen te worden uit Tabel [1]. Voor beglazingen met lage emissiviteit op het binnenoppervlak kan als alternatief R_{si} ook bepaald te worden volgens de rekenprocedures uit NBN EN 673.

8.4.4 Warmteweerstand van ongeventileerde luchtlagen in dubbelramen en voorzetramen

De warmteweerstand R_s van ongeventileerde luchtlagen die voorkomen in dubbelramen (zie § 8.4.1) en voorzetramen (zie § 8.4.2) wordt berekend volgens NBN EN ISO 10077-1 (Bijlage C).

8.4.5 U-waarde van vensters met gesloten luiken

8.4.5.1 Algemeen

Gesloten luiken aan de buitenzijde van een venster creëren een bijkomende warmteweerstand (ΔR) die de som is van de warmteweerstand van het luik zelf (R_{sh}) en van de luchtlaag tussen luik en venster (R_s) (zie Figuur [18]).

De totale warmteweerstand U_{ws} van de combinatie van venster en gesloten luik, wordt gegeven door:

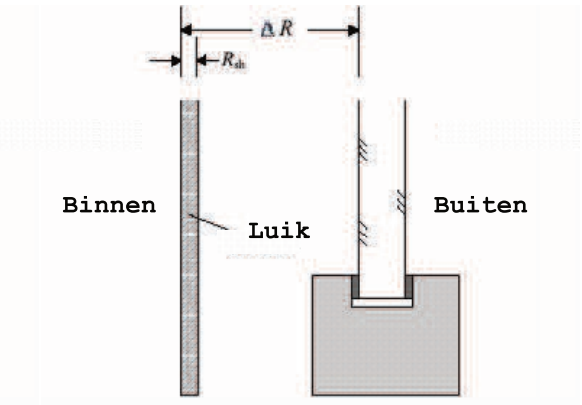
Eq. 22 $$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} \quad W/(m^2.K)$$

waarin:

U_w U-waarde van het venster, in W/(m².K), berekend volgens Eq. 19;

ΔR bijkomende warmteweerstand, in m².K/W, bepaald volgens § 8.4.5.2.

Figuur [18]: Venster met gesloten luik



De extra warmteweerstand wordt in rekening gebracht bij de berekening van het K-peil en het E-peil in overeenstemming met de regel beschreven in § 7.7.2 van bijlage A.1 bij dit besluit. Voor de evaluatie van de U_{max}-eis volgens bijlage C.1 bij dit besluit wordt de bijkomende warmteweerstand niet beschouwd.

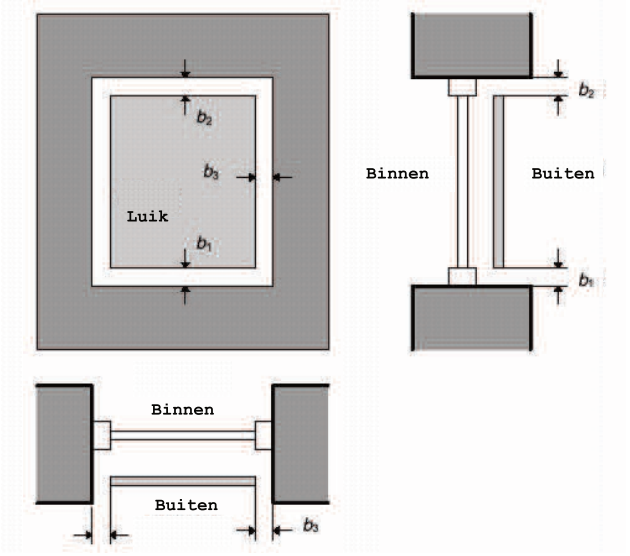
8.4.5.2 Bijkomende warmteweerstand bij gesloten luiken

De bijkomende warmteweerstand ΔR die in rekening gebracht moet worden om het effect van gesloten luiken te begroten, wordt bepaald in functie van de luchtdoorlaatbaarheid van de gebruikte luiken.

Hiertoe worden 5 klassen van luchtdoorlaatbaarheid vastgelegd volgens de criteria uit Tabel [3] en de definities in Figuur [19].

NOTA Voor zonneblinden, jaloezieën, persiennes, venetianen,… die bestaan uit textielstoffen of die opgebouwd zijn uit lamellen of andere soepele of plooibare materialen en die geplaatst kunnen worden aan de buiten- of de binnenzijde van vensters of die geïntegreerd zijn in een meervoudige beglazing, worden de voorwaarden van de klassen van luchtdoorlaatbaarheid, evenals de hiermee overeenstemmende ΔR-waarden opgegeven in NBN EN 13125. Deze norm geeft eveneens rekenmethodes voor blinden die bedekt zijn met een laag met lage emissiviteit.

Figuur [19]: Karakteristieken van luchtspleten rond gesloten luiken



De criteria inzake luchtdoorlaatbaarheid worden uitgedrukt door b_{sh}, die gedefinieerd is als de totale effectieve spleetopening tussen de randen van het luik en de dagopening van het venster:

$b_{sh} = b_1 + b_2 + b_3$ (mm)

Hierin zijn b_1 , b_2 en b_3 de gemiddelde spleetopeningen aan de onderzijde, de bovenzijde en de zijkant van het luik.

De spleetopening aan de zijkant van het luik (b_3) wordt slechts 1 maal meegeteld omdat de spleetopeningen bovenaan en onderaan een grotere invloed hebben.

Tabel [3]: Bijkomende warmteweerstand van de luchtlaag en het gesloten luik

Klasse	Luchtdoorlaatbaarheid van het luik in gesloten toestand	b_{sh} [mm]	ΔR m².K/W (1)
1	Zeer grote luchtdoorlaatbaarheid	$35 < b_{sh}$	0,08
2	Grote luchtdoorlaatbaarheid (luik zelf luchtdicht)	$15 < b_{sh} \leq 35$	$0,25 . R_{sh} + 0,09$
3	Gemiddelde luchtdoorlaatbaarheid (luik zelf luchtdicht)	$8 < b_{sh} \leq 15$	$0,55 . R_{sh} + 0,11$
4	Kleine luchtdoorlaatbaarheid (luik zelf luchtdicht)	$b_{sh} \leq 8$	$0,80 . R_{sh} + 0,14$
5	Zeer kleine luchtdoorlaatbaarheid (luik zelf luchtdicht)	$b_{sh} \leq 3$ en $b_1+b_3 = 0$ of $b_2+b_3 = 0$ (2) (3)	$0,95 . R_{sh} + 0,17$

(1) Waarden van ΔR zijn geldig voor $R_{sh} < 0,3$ m².K/W (R_{sh} is de warmteweerstand van het luik zelf, bepaald volgens hoofdstuk 6 indien van toepassing, volgens NBN EN ISO 10211 in het geval van een luik met heterogene samenstelling of volgens NBN EN ISO 10077-2 in het geval van een geprofileerd element). Voor niet gekende luiken: neem $R_{sh} = 0$ m².K/W.

(2) Bedoeld wordt dat dichtingstrippen aanwezig zijn rond minstens 3 zijden van het luik (of rolluik) en dat de overblijvende zijde een spleetopening heeft van maximaal 3 mm

(3) Klasse 5 (zeer kleine luchtdoorlaatbaarheid) kan ook aangenomen worden indien een meting van de luchtstroom doorheen het gesloten luik een resultaat heeft dat niet groter is dan 10 m³/h.m² (bij 10 Pa drukverschil - test volgens NBN EN 12835). Bijkomende voorwaarden voor klasse 5 kunnen per type van luik gevonden worden in NBN EN 13125.

8.5 Vereenvoudigde bepaling van de U-waarde en de oppervlakte van de beglazing van vensters

Voor een geheel van vensters met eenzelfde type van beglazing, raamprofiel, vulpaneel en ventilatierooster en die in hetzelfde gebouw geplaatst zijn, kan eenzelfde gemiddelde U_w-waarde ($U_{w,T}$) aangenomen worden, die rekening houdt met een vaste oppervlakteverhouding tussen beglazing en raamprofiel evenals met een vaste omtrek van de glasrand of afstandshouder.

Deze $U_{w,T}$-waarde en een bijhorende conventionele waarde voor de totale oppervlakte van de beglazing (telkens voor alle vensters van het geheel samen) worden, naargelang de verhouding van de U-waarde van de beglazing tot deze van het raamprofiel. In deze vergelijkingen Eq. 92 en Eq. 94 komt de eerste term overeen met het gedeelte "beglazing en raamprofiel", de tweede met het gedeelte "ventilatieroosters" en de derde met het gedeelte "vulpaneel":

- als $U_g \leq U_f$:

Eq. 92 $$U_{w,T} = \left(0,7.U_g + 0,3.U_f + 3.\Psi_g\right) + \left(\frac{\sum A_r.(U_r - U_g)}{\sum A_{wd}}\right) + \left(\frac{\sum A_p.(U_p - U_g)}{\sum A_{wd}}\right) \quad W/(m^2.K)$$

Eq. 93 $$A_{g,T} = 0,7.\sum A_{wd} - \sum A_r - \sum A_p \quad m^2$$

- als $U_g > U_f$:

Eq. 94 $$U_{w,T} = \left(0,8.U_g + 0,2.U_f + 3.\Psi_g\right) + \left(\frac{\sum A_r.(U_r - U_f)}{\sum A_{wd}}\right) + \left(\frac{\sum A_p.(U_p - U_f)}{\sum A_{wd}}\right) \quad W/(m^2.K)$$

Eq. 95 $$A_{g,T} = 0,8.\sum A_{wd} \quad m^2$$

waarin:

U_g warmtedoorgangscoëfficiënt van de beglazing, in W/(m².K), (zie § 9.1);

U_f warmtedoorgangscoëfficiënt van het raamprofiel, in W/(m².K), (zie § 9.2);

Ψ_g lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt, in W/(m.K), (zie § 9.5);

U_r warmtedoorgangscoëfficiënt van het ventilatierooster, in W/(m².K), (zie § 9.4);

ΣA_r totale oppervlakte van de aanwezige ventilatieroosters, in m²;

U_p warmtedoorgangscoëfficiënt van het vulpaneel, in W/(m².K), (zie § 9.3);

ΣA_p totale oppervlakte van de aanwezige vulpanelen, in m²;

ΣA_{wd} totale oppervlakte van de vensters (bepaald op basis van de oppervlaktes van de dagopeningen), in m.

NOTA 1 In eenzelfde gebouw kunnen meerdere gehelen van vensters gedefinieerd worden. Indien voor één van deze gehelen gekozen wordt om de hiervoor uitgelegde vereenvoudigde bepaling ($U_{w,T}$) toe te passen, dan dient deze methode consequent toegepast te worden voor alle andere gehelen van vensters.

NOTA 2 Indien bij de bepaling van $U_{w,T}$, sommige componenten lichte dimensionele afwijkingen vertonen (bijvoorbeeld een afwijkende breedte van een raamprofiel), dan mag, vereenvoudigd, voor deze componenten eenzelfde U-waarde gebruikt worden op voorwaarde dat de meest ongunstige waarde (de grootste) aangenomen wordt. De corresponderende Ψ_g-waarde moet dan bepaald worden op basis van deze U-waarde

8.6 Bijkomende specificaties en waarden bij ontstentenis voor opake deuren en poorten

Voor deuren en poorten met eenvoudige geometrische karakteristieken en die uitgevoerd zijn met materialen waarvan de verhouding van hun warmtegeleidbaarheden (λ-waarden) niet groter is dan 1:5 (nagels en schroeven uitgezonderd), kan de U_p-waarde (van het deurblad) berekend worden volgens Eq. 8, waarbij de corresponderende R_T-waarde naargelang de opbouw berekend is volgens Eq. 3 of Eq. 4.

Het is steeds toegelaten voor opake deuren en poorten te rekenen met de waarde bij ontstentenis van Tabel [4].

Tabel [4]: Waarde bij ontstentenis voor U_D, in W/(m².K), voor opake deuren en poorten

	In metaal	In andere materialen
Niet-geïsoleerde deuren of poorten	6,0	4,0
Geïsoleerde deuren of poorten (1)	5,0	3,0
(1) minstens 70% van de totale deuroppervlakte voorzien van een isolatie met R_{min} = 0,4 m².K/W		

9 Warmtedoorgangscoëfficiënt van componenten van vensters en deuren

9.1 Warmtedoorgangscoëfficiënt van beglazingen

De warmtedoorgangscoëfficiënt van het centrale gedeelte van een beglazing (U_g-waarde) wordt bepaald in overeenstemming met NBN EN 673, NBN EN 674 of NBN EN 675.

Als waarde bij ontstentenis kunnen volgende waarden worden gebruikt in functie van het type beglazing:

- enkele beglazing: 5,8 W/(m².K);
- dubbele beglazing: 3,3 W/(m².K);
- drievoudige beglazing: 2,3 W/(m².K).

9.2 Warmtedoorgangscoëfficiënt van raamprofielen

Indien de specifieke U_f-waarde van een bepaald raamprofiel niet beschikbaar is, maar wel de maximale U_f-waarde van de familie waartoe het raamprofiel behoort, dan mag voor dat profiel met die maximale waarde gerekend worden."

9.2.1 Algemene bepaling

De warmtedoorgangscoëfficiënt van een raamprofiel (U_f) kan bepaald worden uitgaande van:

- proefondervindelijke bepaling in overeenstemming met NBN EN 12412-2
- de numerieke berekeningswijze vermeld in NBN EN ISO 10077-2
- de vereenvoudigde tabelwaarden van bijlage D.

9.2.2 Bepaling van de U_f-waarde van raamprofielen in dakvensters

In het geval van dakvensters dient de U-waarde van het raamprofiel (U_f) als volgt bepaald te worden:

- proefondervindelijke bepaling in overeenstemming met NBN EN 12412-2
- numerieke berekening volgens NBN EN ISO 10077-2
- de vereenvoudigde tabelwaarden van bijlage D, mits onderstaande omrekening gebeurt.

Voor dakvensters kunnen de U_f-rekenwaarden uit de tabellen van bijlage D niet rechtstreeks gebruikt worden, omdat deze tabellen enkel geldig zijn voor raamprofielen die verticaal geplaatst zijn (met R_{si} = 0,13). Voor de horizontale of hellend geplaatste dakvensters (onder een hoek begrepen tussen 0° en 60°), is R_{si} = 0,10 (volgens Tabel [1]) en kan benaderend de volgende correctie toegepast worden:

Eq. 25 $$U_{f,r} = \frac{1}{\frac{1}{U_f} - 0,03}$$ W/(m².K)

met:

$U_{f,r}$ de gecorrigeerde U_f-waarde van het raamprofiel in het dakvenster, in W/(m².K);

U_f de vereenvoudigde U_f-waarde van het raamprofiel, in W/(m².K), bepaald volgens de tabelwaarden uit bijlage D.

NOTA De volgens Eq. 25 bepaalde $U_{f,r}$-waarden liggen 5 à 18% hoger dan de U_f-waarden van verticaal geplaatste raamprofielen.

9.3 Warmtedoorgangscoëfficiënt van ondoorschijnende vulpanelen (U_p)

Wanneer ondoorschijnende vulpanelen bestaan uit parallelle lagen (bv. twee panelen uit glas, kunststof of metaal, waartussen zich een isolatiemateriaal bevindt), dan kan de warmtedoorgangscoëfficiënt (U_p) van het centraal gedeelte van het vulelement berekend worden volgens hoofdstukken § 6 en § 7.

Voor meer ingewikkelde geometrieën kan de warmtedoorgangscoëfficiënt berekend worden volgens NBN EN ISO 10211.

9.4 Warmtedoorgangscoëfficiënt van ventilatieroosters (U_r)

Ventilatieroosters die ingewerkt zijn in een venster of die rond (d.w.z. op, onder of naast) een raamprofiel geplaatst zijn, worden bij de bepaling van de U_w-waarde van het venster volgens § 8.3 en § 8.5 beschouwd als constructief en thermisch behorend tot het venster.

De warmtedoorgangscoëfficiënt (U_r) van een (afsluitbaar) ventilatierooster wordt als volgt bepaald:

- proefondervindelijk volgens NBN EN 12412-2,
- of berekend volgens NBN EN ISO 10077-2;

Bij de bepaling van de U-waarde wordt bij conventie het ventilatierooster in gesloten stand beschouwd.

Als waarde bij ontstentenis geldt U_r = 6,0 W/(m².K) (alle roosters)

9.5 Lineaire warmtedoorgangscoëfficiënten (Ψ-waarden)

De lineaire warmtedoorgangscoëfficiënten (Ψ-waarden) van de onderlinge aansluitingen tussen raamprofielen, raamstijlen, beglazingen, vulpanelen en ventilatieroosters, kunnen nauwkeurig bepaald worden uitgaande van een numerieke berekening volgens NBN EN ISO 10077-2 of een proef volgens NBN EN 12412-2.

Voor de aansluiting tussen beglazing en raamprofiel mogen de Ψ-waarden ook de waarden bij ontstentenis gebruikt worden die vermeld zijn in de tabellen van bijlage E.

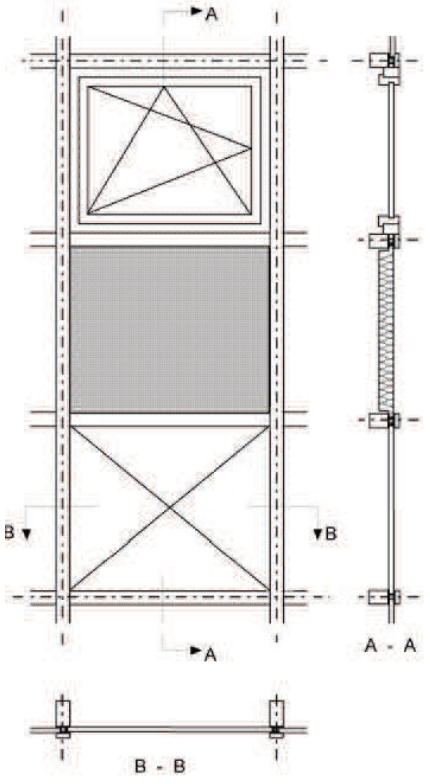
In het geval van ondoorschijnende vulpanelen die thermisch overbrugd worden aan de randen van het paneel door een minder isolerende afstandshouder, dient de Ψ-waarde op dezelfde wijze berekend te worden als voor een beglazing. In het tegengestelde geval mag Ψ_p gelijkgesteld worden aan 0.

10 Warmtedoorgangscoëfficiënt van lichte gevels

10.1 Algemeen

Lichte gevels, ook gordijngevels genoemd, bestaan uit een combinatie van beglazingen, profielen en ondoorschijnende vulpanelen en die als één module geassembleerd zijn in een afzonderlijk kader. Een voorbeeld van een dergelijke constructie is gegeven in Figuur [20].

Figuur [20]: Module van een lichte gevel (gordijngevel)



Door het gebruik van de vele mogelijke materialen die op diverse wijzen met elkaar verbonden kunnen zijn, is het risico op aanwezigheid van koudebrugwerking in deze lichte gevels zeer groot. De bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt van deze gevels dient dan ook rekening te houden met de invloed van de koudebrugwerking die niet alleen optreedt ter hoogte van de onderlinge aansluitingen tussen beglazing, vulpanelen en raamprofielen, maar eveneens ter hoogte van de onderlinge aansluitingen tussen de modules zelf.

De bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt of U_{cw}-waarde gebeurt per module:

- ofwel door proeven volgens NBN EN ISO 12567-1;
- ofwel door nauwkeurige numerieke berekeningen (§ 10.3);
- ofwel door de componentenmethode toe te passen (§ 10.4).

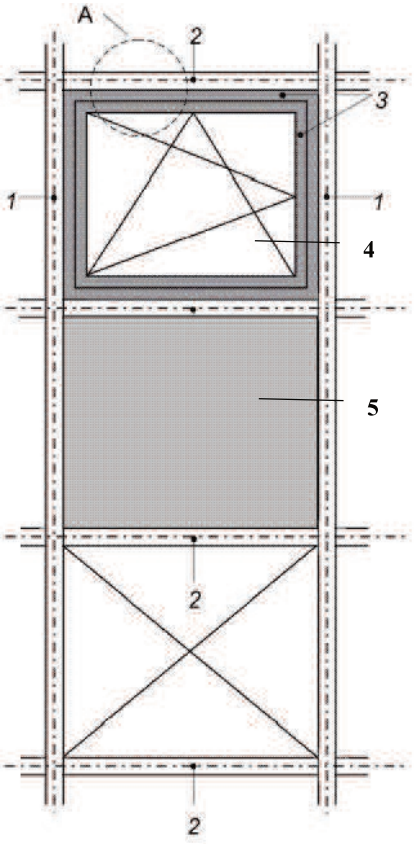
NOTA De eerste twee bepalingsmethodes kunnen zonder beperking gebruikt worden voor alle types van lichte gevels.

10.2 Constructieve eigenschappen van lichte gevels

10.2.1 Samenstellende delen en randvoorwaarden

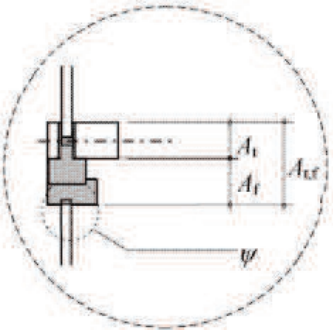
De samenstellende delen van een module van een lichte gevel zijn schematisch voorgesteld in Figuur [21].

Figuur [21]: Samenstellende delen van een gordijngevel



1: verticale raamstijl
2: horizontale raamstijl
3: vast kader en opengaande vleugel
4: beglazing
5: isolerend ondoorschijnend vulpaneel

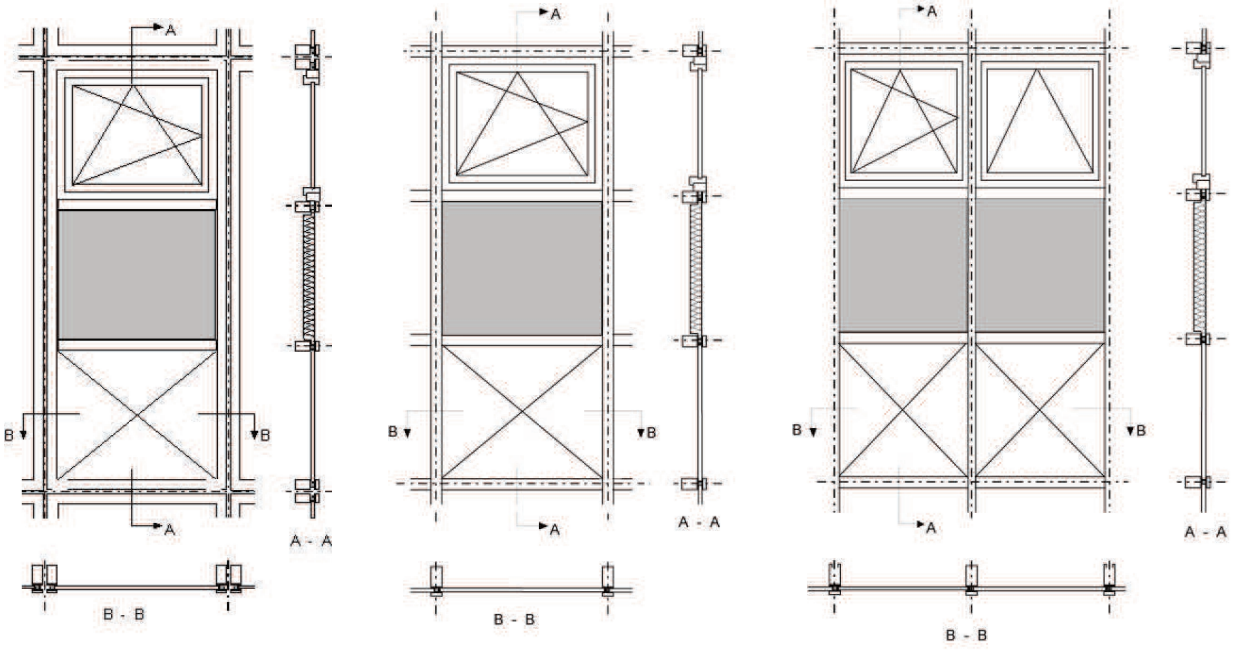
Doorsnede A



- A_t (m²): geprojecteerde oppervlakte van de horizontale raamstijl
- A_f (m²): geprojecteerde oppervlakte van het profiel

De afbakening van de scheidingslijnen tussen verschillende modules van een lichte gevel hangt af van het soort of type van lichte gevel, zoals voorgesteld in Figuur [22].

Figuur [22]: Afbakening van de oppervlaktes van modules in een lichte gevel



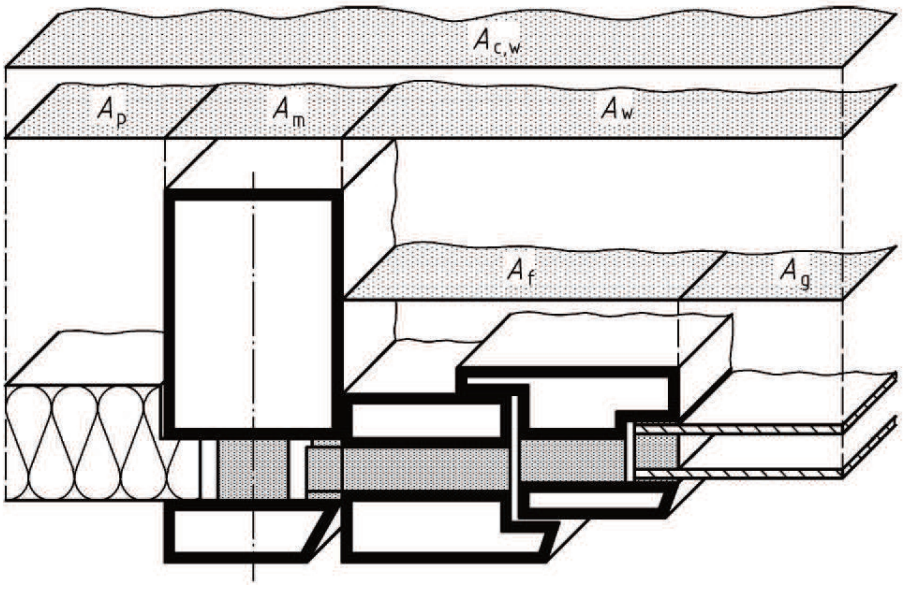
Type 1 **Type 2** **Types 1 en 2 gecombineerd**

10.2.2 Definitie van oppervlaktes en perimeter

Voor elke module van een lichte gevel worden de in rekening te brengen oppervlaktes van alle samenstellende delen (beglazing, vleugel, vast kader, paneel, horizontale en verticale raamstijlen) bepaald als de geprojecteerde oppervlaktes, zoals schematisch weergegeven in Figuur [23]. Deze oppervlaktes kunnen verschillen naargelang zij bepaald worden gezien van de buitenzijde of de binnenzijde. Daarom gelden de volgende conventies:

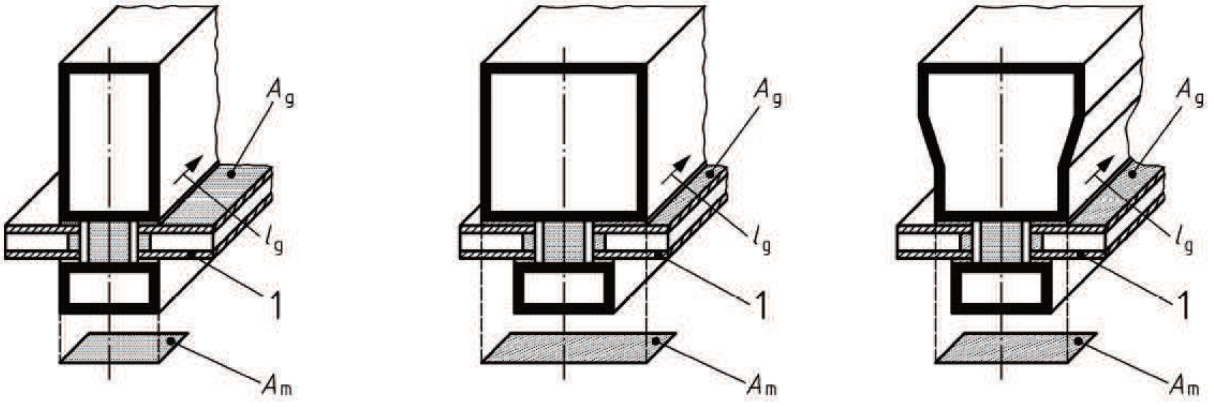
- voor beglazing en vulpaneel wordt de kleinste oppervlakte, gezien van beide zijden, weerhouden;
- voor alle andere delen (kader, raamstijlen) wordt de grootste oppervlakte, gezien van beide zijden, in rekening gebracht.

Figuur [23]: Illustratie van geprojecteerde en ontwikkelde oppervlakken bij lichte gevels



Indien de perimeter van een beglazing, l_g, of van een vulpaneel, l_p, verschillend is aan de binnenzijde en de buitenzijde, wordt de perimeter gedefinieerd als de grenslijn tussen de oppervlakten (zie hierboven) van het glas en van het profiel (zie Figuur [24]).

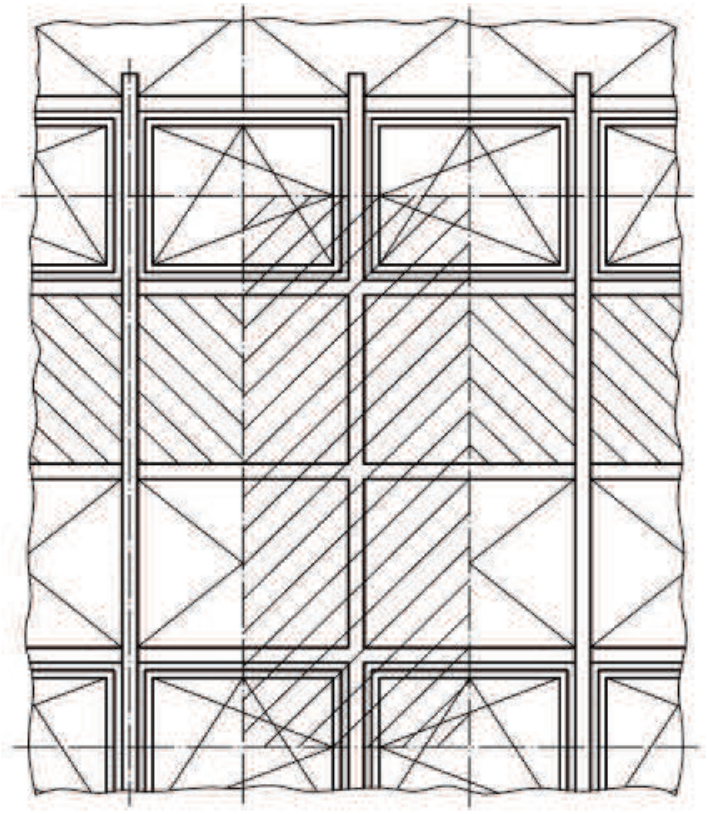
Figuur [24]: Illustratie van glasoppervlakte en perimeter



10.2.3 Regels voor modellering

Meestal kunnen bij de modellering of de onderverdeling van een lichte gevel de snijvlakken zodanig aangebracht worden dat geveldelen ontstaan waarvoor een aparte U-waarde kan bepaald worden. In dat geval kan de globale U_{cw}-waarde van de gehele lichte gevel bepaald worden als de oppervlakte-gewogen gemiddelde U-waarde van alle aparte geveldelen. De thermische kenmerken van elk geveldeel kunnen ofwel nauwkeurig bepaald zijn via metingen of numerieke berekeningen, ofwel vereenvoudigd gekozen worden uit tabelwaarden of grafieken.

Figuur [25]: Modellering van een volledige module van een lichte gevel



Algemeen kan gesteld worden dat de modules van lichte gevels meestal een vrij complexe samenstelling hebben, waarbij de centrale delen dikwijls onderling verbonden zijn door verbindingselementen die een hoge warmtegeleidbaarheid hebben. Hierdoor kan koudebrugwerking optreden waardoor de totale warmteoverdracht in belangrijke mate kan toenemen. Bij de modellering van de modules dienen daarom de snijvlakken en de randvoorwaarden zorgvuldig gekozen te worden. In Figuur [25] wordt bijvoorbeeld getoond hoe de snijvlakken van het model gelegen zijn op de symmetrievlakken (midden van beglazing,…) of de plaatsen waar zo weinig mogelijk of geen randeffecten optreden die de warmtestroom kunnen beïnvloeden.

10.3 Bepaling van de U_{cw}-waarde van een module van de lichte gevel: nauwkeurige numerieke berekeningen

10.3.1 Principe van de nauwkeurige numerieke rekenmethode

De bepaling van de U_{cw}-waarde gebeurt door nauwkeurige numerieke berekeningen volgens NBN EN ISO 10211 en NBN EN ISO 10077-2, waarbij U_{cw} bepaald is als een gewogen gemiddelde U-waarde van alle deelcomponenten in de module, met inbegrip van alle randeffecten die optreden in de verbindingselementen tussen deze componenten:

- de U-waarde van het centrale deel van de beglazing (U_g) zoals gedeclareerd door de fabrikant en bepaald volgens NBN EN 673, NBN EN 674 of NBN EN 675;
- de U-waarde van het centrale deel van de ondoorschijnende panelen (Up) wordt berekend volgens hoofdstukken § 6 en § 7;
- de warmtestroom die optreedt in de verbindingselementen tussen de componenten, met inbegrip van alle randeffecten t.g.v. koudebrugwerking, wordt bepaald volgens de rekenregels uit § 10.3.2.

10.3.2 Bepaling van de warmteoverdrachtsstroom door de verbindingselementen

10.3.2.1 Algemeen

De onderlinge aansluitingen tussen de deelcomponenten (beglazing, vulpaneel) veroorzaken bijkomende verliezen ten gevolge van randeffecten. Deze extra verliezen worden bepaald uitgaande van de totale warmteoverdrachtsstroom (Φ_{tot}) doorheen de beschouwde module. De totale warmteoverdrachtsstroom Φ_{tot} wordt bepaald:

- ofwel op basis van proeven volgens NBN EN ISO 12567-1;
- ofwel op basis van 2D- en/of 3D-numerieke berekeningen volgens NBN EN ISO 10077-2 en/of NBN EN ISO 10211.

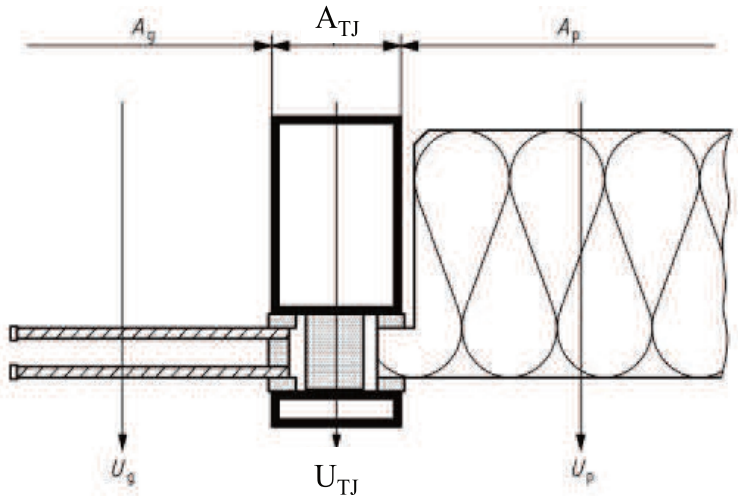
Bij het uitvoeren van de numerieke rekenmethode kan de totale warmteoverdrachtsstroom doorheen de verbindingselementen (Φ_{TJ}), met inbegrip van alle randeffecten, volgens twee verschillende manieren berekend worden:

- ofwel wordt het verbindingselement tussen beglazing en vulpaneel als een apart gevelelement beschouwd (met eigen oppervlakte en eigen U-waarde); in dat geval wordt een U_{TJ} berekend volgens de rekenwijze uit § 10.3.2.2;
- ofwel wordt het verbindingselement tussen beglazing en vulpaneel als een lineaire aansluiting beschouwd (met eigen lengte en eigen Ψ-waarde); in dat geval wordt een Ψ_{TJ} bepaald volgens de rekenwijze uit § 10.3.2.3.

De bepaling van U_{cw} van de module geschiedt tenslotte volgens de formules die gegeven zijn in § 10.3.3.

10.3.2.2 Bepaling van U_{TJ} (verbinding beschouwd als gevelelement)

Figuur [26]: Verbinding beschouwd als gevelelement met eigen oppervlakte



In dit geval geldt het rekenmodel van Figuur [26]. Voor beglazing en vulpaneel zijn zowel de oppervlakten (A_g en A_p) als de centrale U-waarden (U_g en U_p) gekend. De verbinding tussen beglazing en paneel wordt als gevelelement beschouwd met een gekende eigen geprojecteerde oppervlakte (A_{TJ}) en een onbekende (te zoeken) eigen U-waarde (U_{TJ}). Op basis van de totale warmteoverdrachtsstroom (Φ_{tot}) doorheen het volledige model volgt U_{TJ} uit:

Eq. 26 $$U_{TJ} = \frac{\Phi_{tot} - ((U_g.A_g + U_p.A_p).\Delta T}{A_{TJ}.\Delta T}$$ W/(m².K)

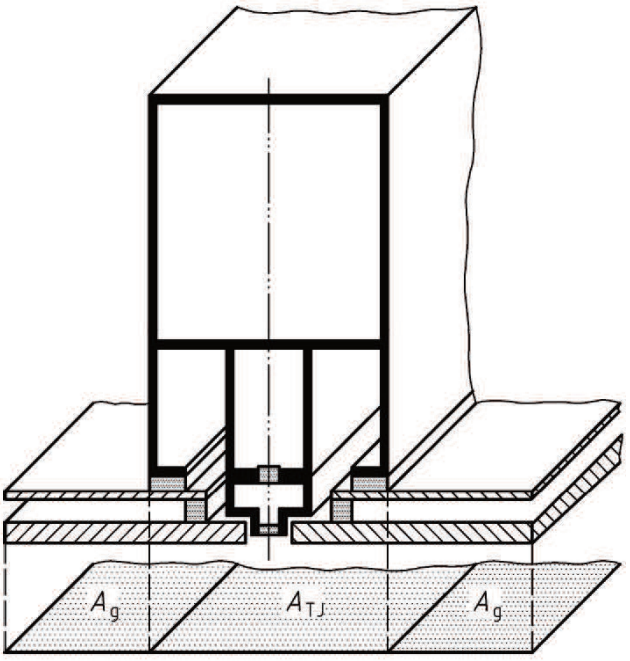
waarin:

ΔT temperatuurverschil tussen de binnen- en de buitenomgeving, in K.

NOTA 1 U_{TJ} bepaalt de warmtestroom door de verbinding met inbegrip van alle randeffecten (interactie tussen profiel en beglazing of vulpaneel) van het beschouwde model. Deze U_{TJ}-waarde is dus niet vergelijkbaar met U_f (profiel), die enkel de warmtestroom door het verbindingsprofiel bepaalt zonder rekening te houden met deze randeffecten.

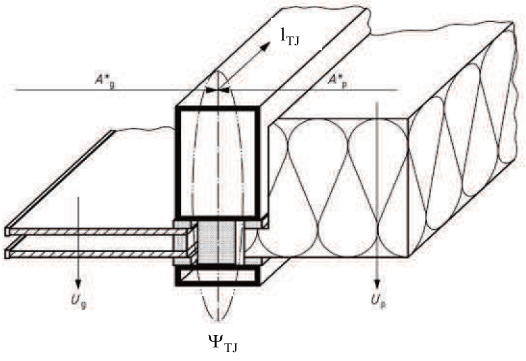
NOTA 2 Bij de numerieke berekening wordt de oppervlakte A_{TJ} bepaald als de grootste van de geprojecteerde oppervlakten van het geheel van de verbindingselementen gelegen tussen de beglazing en het vulpaneel, zoals getoond in Figuur [27].

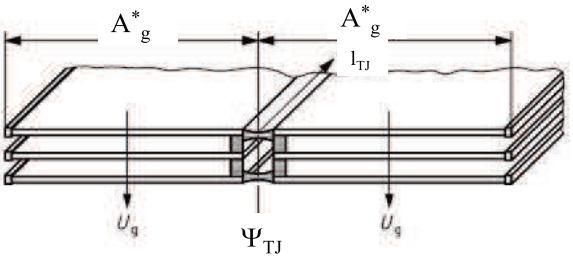
Figuur [27]: Bepaling van A_{TJ} bij structurele beglazing



10.3.2.3 Bepaling van Ψ_{TJ} (verbinding beschouwd als lineaire aansluiting)

Figuur [28]: Verbindingen beschouwd als lineaire aansluiting





(structurele beglazing met siliconenvoeg)

In dit geval geldt het rekenmodel van Figuur [28]. Voor de beglazingen en/of vulpanelen zijn zowel de equivalente oppervlakten (A^*_g en/of A^*_p) als de centrale U-waarden (U_g en/of U_p) gekend. De verbinding tussen beglazingen en/of panelen wordt als een lineaire aansluiting beschouwd met een gekende eigen lengte (l_{TJ} bepaald als de lengte van de thermische verbinding tussen de vulpanelen en/of de beglazingen) en een onbekende (te zoeken) eigen Ψ-waarde (Ψ_{TJ}). Op basis van de totale warmteoverdrachtsstroom (Φ_{tot}) wordt Ψ_{TJ} als volgt berekend:

Eq. 27 $$\Psi_{TJ} = \frac{\Phi_{tot} - ((U_g.A^*_g + U_p.A^*_p).\Delta T)}{l_{TJ}.\Delta T}$$ W/(m.K)

10.3.3 Bepaling van U_{cw} van een module

U_{cw} wordt tenslotte berekend als een oppervlaktegewogen gemiddelde U-waarde.

Indien de verbinding tussen de componenten als een apart geveldeel beschouwd is, dan volgt U_{cw} uit:

Eq. 28 $$U_{cw} = \frac{\sum A_g.U_g + \sum A_p.U_p + \sum A_{TJ}.U_{TJ}}{\sum A_g + \sum A_p + \sum A_{TJ}}$$ W/(m².K)

Indien de verbinding tussen de componenten als een koudebrug is behandeld, dan volgt U_{cw} uit:

Eq. 29 $$U_{cw} = \frac{\sum A_g^*.U_g + \sum A_p^*.U_p + \sum l_{TJ}.\Psi_{TJ}}{A_{cw}}$$ W/(m².K)

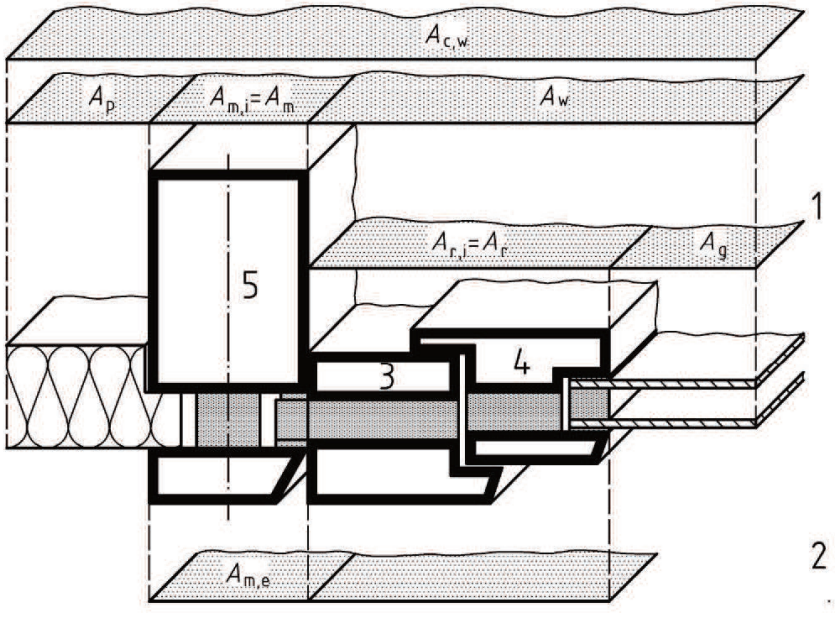
10.4 Bepaling van de U_{cw}-waarde van een module: componentenmethode

10.4.1 Principe van de bepalingsmethode

Bij de bepaling van de totale U_{cw}-waarde van een module van een lichte gevel volgens deze componentenmethode, wordt een oppervlakte-gewogen gemiddelde U-waarde berekend van alle deelcomponenten van de module (beglazing, vulpanelen, profielen en raamstijlen), waarbij de randeffecten van de onderlinge aansluitingen tussen deze delen begroot worden door het product van een lengte en een lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt (Ψ-waarde).

10.4.2 Algemene bepaling van U_{cw}

Figuur [29]: Opsplitsing van de module in deelcomponenten met eigen oppervlakte en U-waarde



1: binnenomgeving
2: buitenomgeving
3: vast kader
4: beweegbaar kader
5: horizontale of verticale raamstijl

De warmtedoorgangscoëfficiënt van een module van een lichte gevel (U_{cw}) wordt berekend volgens:

Eq. 30

$$U_{cw} = \frac{\left(\begin{array}{c} \sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum A_{m(t)} U_{m(t)} \\ + \sum l_g . \Psi_{f,g} + \sum l_p . \Psi_p + \sum l_{m(t),g} . \Psi_{m(t),g} + \sum l_{m(t),f} . \Psi_{m(t),f} \end{array} \right)}{A_{cw}} \quad W/(m^2.K)$$

waarin:

U_g, U_p	warmtedoorgangscoëfficiënten van resp. beglazing en ondoorschijnende vulpanelen, in W/(m².K), bepaald volgens § 10.4.3;
U_f, U_m, U_t	warmtedoorgangscoëfficiënten van resp. de profielen en de verticale en horizontale raamstijlen, in W/(m².K), bepaald volgens § 10.4.4;
A_g, A_p, A_f, A_m, A_t	de geprojecteerde oppervlaktes van resp. beglazingen, ondoorschijnende panelen, profielen en de verticale en horizontale raamstijlen, in m², bepaald volgens § 10.2.2;
A_{cw}	de totale oppervlakte van de module van de lichte gevel, in m², bepaald als de som van de samenstellende delen van de module $A_{cw}= A_g+A_p+A_f+A_m+A_t$;
$\Psi_{f,g}$	de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënten ten gevolge van de onderlinge randeffecten tussen beglazingen en profielen en tussen panelen en profielen, in W/(m.K), bepaald volgens § 10.4.5;
Ψ_p	de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt ten gevolge van de onderlinge randeffecten tussen panelen en profielen of raamstijlen, in W/(m.K), bepaald volgens 10.4.5;
$\Psi_{m,f}$, $\Psi_{t,f}$	de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënten ten gevolge van de randeffecten tussen de profielen (vast kader) en de horizontale en/of verticale raamstijlen, in W/(m.K) bepaald volgens § 10.4.5;
$\Psi_{m,g}$, $\Psi_{t,g}$	de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënten ten gevolge van de randeffecten) tussen de beglazingen en de horizontale en/of verticale raamstijlen, in W/(m.K), bepaald volgens § 10.4.5;
l_g, l_p, $l_{m,f}$, $l_{t,f}$, $l_{m,g}$, $l_{t,g}$	de omtrekken van de corresponderende aansluitingen van beglazingen, vulpanelen, profielen en horizontale en verticale raamstijlen, in m.

10.4.3 U-waarde van beglazing en vulpaneel

10.4.3.1 Beglazing

Zie § 9.1.

10.4.3.2 Vulpanelen

Zie § 9.3.

10.4.4 U-waarde van profielen en raamstijlen

De warmtedoorgangscoëfficiënt van de profielen (U_f) wordt bepaald volgens de principes van § 9.2.

De warmtedoorgangscoëfficiënten van de horizontale of verticale raamstijlen (U_t of U_m) worden als volgt bepaald:

- proefondervindelijke bepaling in overeenstemming met NBN EN 12412-2;
- de numerieke berekeningswijze vermeld in NBN EN ISO 10077-2.

NOTA De numerieke berekening van NBN EN ISO 10077-2 houdt geen rekening met de randeffecten van metalen verbindingen (schroeven) in de raamstijlen. Het extra warmteverlies dat veroorzaakt wordt door deze verbindingen (χ waarden), kan berekend worden door een numerieke 3D-koudebrugberekening volgens NBN EN ISO 10211 of kan volgen uit een vergelijkende proef (een proef met schroeven in metaal en een tweede proef met schroeven in kunststof) volgens NBN EN 12412-2.

In Annex C van NBN EN 13947 wordt voor profielsystemen een speciale rekenmethode gegeven om het effect van schroefverbindingen te kunnen evalueren op basis van een 2D-numerieke berekening met aangepaste modellering en randvoorwaarden. Vereenvoudigd kan het effect van deze verbindingen bepaald worden door de gewone U-waarde van het profiel (U_{mo} of U_{to} , numeriek berekend volgens NBN EN ISO 10077-2, zonder inrekening van het effect van schroeven) te vermeerderen met een correctieterm ΔU:

Eq. 31 $U_{m(t)} = U_{m(t)o} + \Delta U$ W/(m².K)

In het geval van roestvrij stalen schroeven is een waarde bij ontstentenis voor deze correctieterm ΔU gegeven in Tabel [5], mits voldaan is aan de vermelde voorwaarden.

Tabel [5]: ΔU-waarden voor horizontale en verticale raamstijlen

Diameter roestvrij stalen verbinding (schroef)	Onderlinge afstand tussen de verbindingen	ΔU (W/(m².K))
≤ 6 mm	200 - 300 mm	0,3

10.4.5 Lineaire warmtedoorgangscoëfficiënten (beglazingen, profielen en raamstijlen)

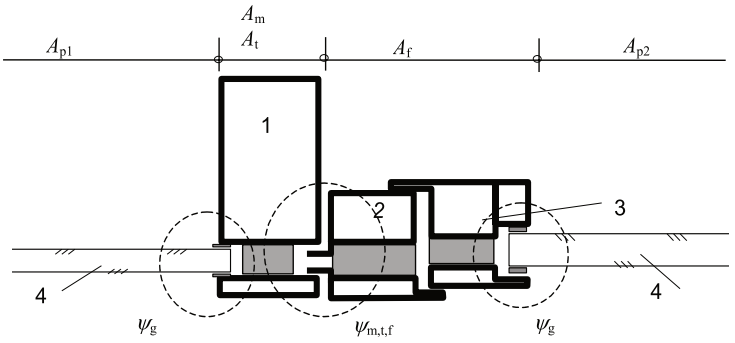
De lineaire warmtedoorgangscoëfficiënten van de onderlinge aansluitingen tussen beglazingen of vulpanelen, afstandshouders en profielen ($\Psi_{f,g}$ en $\Psi_{f,p}$), kunnen bepaald worden uitgaande van:

- een numerieke berekening volgens NBN EN ISO 10077-2 (nauwkeurige berekening)
- de waarden bij ontstentenis vermeld in § Tabel E 2 en § Tabel E 4 van bijlage E.

De interactie of de extra warmteoverdracht die veroorzaakt wordt door de aansluitingen van een beglazing of een vulpaneel op de horizontale en verticale raamstijlen, zoals getoond in § Figuur [30]:, kan geëvalueerd worden door specifieke lineaire warmtedoorgangscoëfficiënten ($\Psi_{m,f}$ en $\Psi_{t,f}$ of $\Psi_{m,g}$ en $\Psi_{t,g}$). Deze waarde kunnen bepaald worden, uitgaande van:

- een numerieke berekening volgens NBN EN ISO 10077-2 (nauwkeurige berekening);
- de waarden bij ontstentenis vermeld in § Tabel E 3, § Tabel E 5 en § Tabel E 6 van bijlage E.

Figuur [30]: Aansluiting van een module van lichte gevel op een verticale of horizontale raamstijl



1: verticale of horizontale raamstijl
2: vast kader
3: beweegbaar kader
4: beglazing of vulpaneel

10.5 Bepaling van de U_{cw}-waarde voor een lichte gevel opgebouwd uit verschillende modules

De berekening van de totale warmtedoorgangscoëfficiënt ($U_{cw,tot}$) van een lichte gevel, opgebouwd uit verschillende modules met verschillende vormen en afmetingen, kan berekend worden volgens:

Eq. 32 $$U_{cw,tot} = \frac{\sum (U_{cw,i} . A_{cw,i})}{\sum A_{cw,i}}$$ W/(m².K)

Met:

$U_{cw,i}$ U-waarden van de verschillende modules (W/(m².K))

$A_{cw,i}$ oppervlakten van de verschillende modules (m²)

11 Warmtedoorgangscoëfficiënt van andere doorschijnende wanden

11.1 Glasbouwsteenwanden

11.1.1 Algemene procedure

Bij de berekening van de warmtedoorgangscoëfficiënt van een glasbouwsteenwand moet het ganse bouwelement beschouwd worden. In voorkomend geval moet dus ook het effect van voegen (zoals bij metselwerk, zie § G.3.1), profielen (zoals bij vensters) of andere elementen ingerekend worden.

De warmtedoorgangscoëfficiënt van een glasbouwsteen op zich wordt bepaald op één van de volgende manieren:

- o.b.v. proeven volgens NBN EN ISO 12567-1;
- o.b.v. numerieke berekeningen volgens NBN EN ISO 10211 en/of NBN EN 673
- o.b.v. vereenvoudigde berekeningen volgens EN 1051-2.

Er mag ook steeds gerekend worden met de waarde bij ontstentenis die gelijk is aan 5,7 W/(m².K).

12 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie in gebouwen[3]

12.1 Totale warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie

De totale warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie (H_T), is bepaald door:

Eq. 33 $$H_T = H_D + H_g + H_U$$ W/K

met:

H_D de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie direct naar de buitenomgeving, in W/K, bepaald volgens § 13;

H_g de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie via de grond en via onverwarmde kelders en kruipruimten in contact met de grond, in W/K, bepaald volgens § 15;

H_U de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie naar de buitenomgeving via aangrenzende onverwarmde ruimten, in W/K, bepaald volgens § 14.

12.2 Algemene conventies

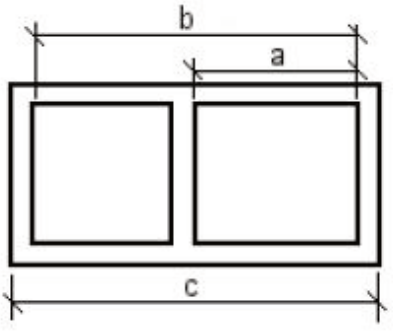
12.2.1 Afbakening van gebouwdelen

Het deel van het gebouw (beschermd volume, aangrenzende onverwarmde ruimte, energiesector, ...) waarvoor de warmteoverdrachtscoëfficiënt moet berekend worden, moet eenduidig gedefinieerd zijn.

12.2.2 Bepaling van de oppervlakten

12.2.2.1 Oppervlakteberekening van buitenwanden

Figuur [31]: Systemen van oppervlakteberekening



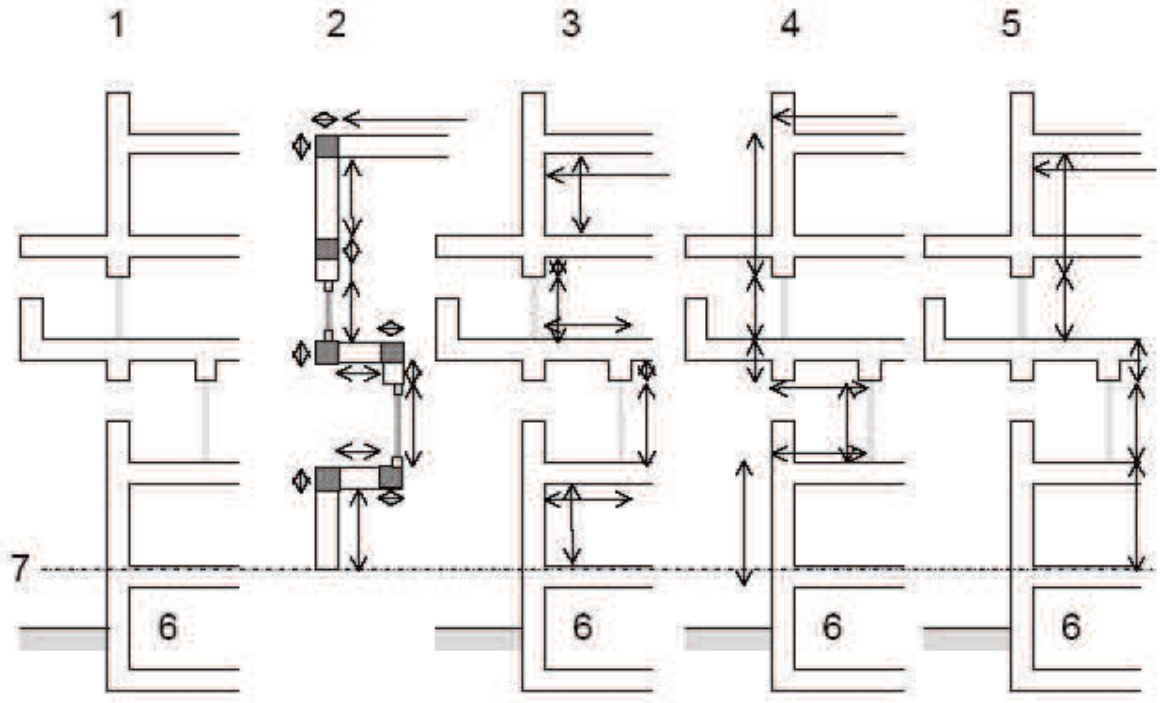
Legende:
a binnenafmeting
b volledige binnenafmeting
c buitenafmeting

Voor de berekening van de oppervlakten van de schilelementen van een gebouw (d.w.z. de scheidingsconstructies die het beschermd volume van een gebouw scheiden van de buitenomgeving, de grond en aangrenzende onverwarmde ruimten), dienen buitenafmetingen gebruikt te worden (afmeting c uit Figuur [31] en geïllustreerd in Figuur [32]), zodat de volledige gebouwschil als een gesloten omhullende oppervlakte kan beschouwd worden. Voor vensters en deuren worden daarbij de afmetingen van de dagopening (gezien van buiten) als afmetingen aangenomen.

[3] Onder "gebouw" wordt eveneens verstaan "deel van een gebouw" indien de berekening hierop van toepassing is.

Deze methode dient consistent gebruikt te worden bij alle berekeningen die de thermische prestaties van gebouwen betreffen (warmteverliezen, energiebehoeften,...).

Figuur [32]: Systemen van afmetingen



1: realiteit – 2: bouwdelen – 3: binnenafmetingen – 4: buitenafmetingen – 5: volledige binnenafmetingen – 6: onverwarmde kelder – 7: afbakening grondverliezen

12.2.2.2 Oppervlakteberekening van scheidingsconstructies binnen een beschermd volume of tussen 2 beschermde volumes

Bij de bepaling van de oppervlakten van scheidingsconstructies binnen een beschermd volume of tussen twee beschermde volumes worden de afmetingen bepaald door de hartlijn van de tussenliggende constructies als afbakening te beschouwen.

12.2.2.3 Oppervlakteberekening van gebogen bouwelementen

Voor gebogen bouwelementen (tondaken, gebogen muren, ...) wordt de reële (= ontwikkelde) oppervlakte in rekening gebracht, tenzij andere specifieke voorwaarden gelden.

12.2.3 Bepaling van volumes

Het volume van een gebouw of deel ervan wordt bepaald op basis van buitenafmetingen, met inbegrip van het volume van de binnenwanden. Gemeenschappelijk wanden tussen twee beschermde volumes behoren voor de helft tot het ene en voor de helft tot het andere beschermde volume.

13 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie direct naar de buitenomgeving (H_D)

De warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie rechtstreeks doorheen de scheidingsconstructies van het verliesoppervlak en de bouwknopen direct naar de buitenomgeving (H_D), is bepaald door:

- De driedimensionale warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie (H_D^{3D}) kan volgens de richtlijnen van NBN EN ISO 13789 en NBN EN ISO 10211 rechtstreeks berekend worden op basis van een gevalideerde 3D-computerberekening, waarbij alle invloeden van eventueel aanwezige bouwknopen inbegrepen zijn. In dit geval geldt:

Eq. 34 $$H_D = H_D^{constructions} + H_D^{junctions} = \sum_i U_i.A_i + H_D^{junctions}$$ W/K

met:

$H_D^{constructions}$ warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de scheidingsconstructies van het verliesoppervlak in direct contact met de buitenomgeving, in W/K;

A_i oppervlakte van scheidingsconstructie i, in m², bepaald met buitenafmetingen;

U_i U-waarde van scheidingsconstructie i, in W/(m².K);

$H_D^{junctions}$ warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de bouwknopen in direct contact met de buitenomgeving, in W/K (zie § 16).

Bij de berekening van $H_D^{constructions}$ dient gesommeerd te worden over alle scheidingsconstructies i van het verliesoppervlak in direct contact met de buitenomgeving.

14 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie via aangrenzende onverwarmde ruimten (H_U)

De warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de scheidingsconstructies van het verliesoppervlak en de bouwknopen in contact met aangrenzende onverwarmde ruimten (H_U) is bepaald door:

Eq. 35 $$H_U = H_U^{constructions} + H_U^{junctions}$$ W/K

met:

$H_U^{constructions}$ warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de scheidingsconstructies van het verliesoppervlak in contact met aangrenzende onverwarmde ruimten, in W/K;

$H_U^{junctions}$ warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de bouwknopen in contact met aangrenzende onverwarmde ruimten, in W/K (zie § 16).

De rekenmethode voor $H_U^{constructions}$is van toepassing op bovengrondse ruimten. Voor kruipkelders en onverwarmde kelders wordt verwezen § 15.

De term $H_U^{constructions}$ kan nauwkeurig berekend worden door een warmtebalans te maken tussen enerzijds de verliezen tussen de verwarmde ruimte en de aangrenzende onverwarmde ruimte en anderzijds tussen de aangrenzende onverwarmde ruimte en de buitenomgeving. (Als onverwarmde ruimten zijn hier de ruimten bedoeld waarvan de dikte van de luchtlaag groter is dan 0,3 m).

De verliezen doorheen de bouwknopen tussen de verwarmde en aangrenzende onverwarmde ruimte mogen in de warmtebalans verwaarloosd worden.

$H_U^{constructions}$ wordt bepaald volgens:

Eq. 36 $$H_U^{constructions} = H_{T,iu}^{constructions} . b$$ W/K

met:

Eq. 37 $$b = \frac{H_{ue}}{H_{T,iu}^{constructions} + H_{ue}}$$ (-)

en:

Eq. 38 $$H_{ue} = H_{T,ue} + H_{V,ue}$$ W/K

en waarin:

b de temperatuurreductiefactor van de aangrenzende onverwarmde ruimte;

$H_{T,iu}^{constructions}$ de directe warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de scheidingsconstructies tussen verwarmde en aangrenzende onverwarmde ruimte, zoals hieronder bepaald, in W/K;

H_{ue} de warmteoverdrachtscoëfficiënt tussen de aangrenzende onverwarmde ruimte en buitenomgeving, in W/K;

$H_{T,ue}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de scheidingsconstructies tussen aangrenzende onverwarmde ruimte en de buitenomgeving, zoals hieronder bepaald, in W/K;

$H_{V,ue}$ de warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie voor de aangrenzende onverwarmde ruimte, zoals hieronder bepaald, in W/K.

$H_{T,iu}^{constructions}$ en $H_{T,ue}$ worden bepaald volgens:

Eq. 96 $$H_{T,iu}^{constructions} = \sum_i U_i.A_i$$ W/K

Eq. 97 $$H_{T,ue} = \sum_j U_j.A_j$$ W/K

met:

A_i oppervlakte van scheidingsconstructie i tussen de verwarmde ruimte en de aangrenzende onverwarmde ruimte, in m², bepaald met buitenafmetingen;

U_i U-waarde van scheidingsconstructie i, in W/(m².K);

A_j oppervlakte van scheidingsconstructie j tussen de aangrenzende onverwarmde ruimte en de buitenomgeving, in m², bepaald met buitenafmetingen;

U_j U-waarde van scheidingsconstructie j, in W/(m².K).

Bij de berekening van $H_{T,iu}^{constructions}$ moet gesommeerd worden over alle scheidingsconstructies i tussen de verwarmde ruimte en de aangrenzende onverwarmde ruimte. Bij de berekening van $H_{T,ue}$ moet gesommeerd worden over alle scheidingsconstructies j tussen de aangrenzende onverwarmde ruimte en de buitenomgeving, met uitzondering van scheidingsconstructies in contact met de grond.

$H_{V,ue}$ wordt bepaald volgens:

Eq. 39 $$H_{V,ue} = \rho.c.V_{ue}$$ W/K

waarin:

ρ de dichtheid van lucht, in kg/m³;

c de soortelijke warmtecapaciteit van lucht, in Wh/(kg.K);

V_{ue} het ventilatiedebiet tussen de aangrenzende onverwarmde ruimte en de buitenomgeving, zoals hieronder bepaald, in m³/h.

Het product (ρ.c) wordt conventioneel gelijk genomen aan: $\rho.c = 0,34$ Wh/m³.K

Het ventilatiedebiet tussen de aangrenzende onverwarmde ruimte en de buitenomgeving wordt berekend volgens:

Eq. 40 $$V_{ue} = n_{ue}.V_u$$ m³/h

met:

V_u het volume van de aangrenzende onverwarmde ruimte, in m³;

n_{ue} het conventionele ventilatievoud van de aangrenzende onverwarmde ruimte, in h-1, te bepalen voor het best overeenkomende geval uit Tabel [6].

Tabel [6]: Conventioneel ventilatievoud tussen aangrenzende onverwarmde ruimte en buitenomgeving

Type	Beschrijving luchtdichtheid van de aangrenzende onverwarmde ruimte	n_{ue} h^{-1}
1	Geen deuren of vensters, alle aansluitingen tussen bouwdelen luchtdicht, geen ventilatieopeningen	0,1
2	Alle aansluitingen tussen bouwdelen luchtdicht, geen ventilatieopeningen	0,5
3	Alle aansluitingen tussen bouwdelen luchtdicht, kleine ventilatieopeningen voorzien	1
4	Niet luchtdicht omwille van plaatselijke ondichtheden of permanente ventilatieopeningen	3
5	Niet luchtdicht omwille van talrijke ondichtheden of grote of talrijke ventilatieopeningen	10

Voor de evaluatie van de U_{max}-eis volgens bijlage C.1 bij dit besluit wordt de gecombineerde waarde $b.U_i$ beschouwd, waarbij voor b de waarde bij winteromstandigheden wordt genomen.

15 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie via de grond (H_g) en via onverwarmde kelders en kruipruimten

15.1 Algemeen

De warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie via de grond en via onverwarmde kelders en kruipruimten doorheen de scheidingsconstructies van het verliesoppervlak en de bouwknopen (H_g) is bepaald door:

Eq. 41 $$H_g = H_g^{constructions} + H_g^{junctions}$$ W/K

met:

$H_g^{constructions}$ warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de scheidingsconstructies van het verliesoppervlak in contact met de grond en met onverwarmde kelders en kruipruimten, in W/K;

$H_g^{junctions}$ warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de bouwknopen in contact met de grond en met onverwarmde kelders en kruipruimten, in W/K (zie § 16).

De transmissieverliezen doorheen het grondmassief worden bepaald door verschillende factoren:

- de driedimensionale geometrie van het gebouw, de funderingsaansluitingen en de bodem;
- de warmtegeleidbaarheid van de grond (afhankelijk van grondsamenstelling en vochtgehalte);
- eventuele grondwaterbewegingen;
- enz.

In het kader van de energieprestatieregelgeving wordt steeds met stationaire verliezen gerekend. De Europese normen bieden een aantal rekenmethodes aan voor de berekening van H_g. Deze worden in bijlage F beschreven. Voor de bepaling van de term $H_g^{constructions}$ moeten de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënten Ψ t.g.v. de randisolatie en aansluitingen vloer-muur uit bijlage F gelijk aan nul gesteld worden. De invloed van de randisolatie en aansluitingen dient te worden opgenomen in de term $H_g^{junctions}$.

In aanvulling op bijlage F worden in 15.2 een aantal vereenvoudigde methodes beschreven voor de bepaling van $H_g^{constructions}$.

15.2 Vereenvoudigde rekenmethodes van de grondverliezen

15.2.1 Vloeren in direct contact met de grond

De warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie naar de buitenomgeving via de grond ($H_g^{constructions}$), kunnen voor vloeren in direct contact met de grond (vloeren op volle grond, keldervloeren) vereenvoudigd bepaald worden door:

Eq. 42 $$H_g^{constructions} = \sum_{i=1}^{n} U_{eq,f,i} . A_i . a_i$$ W/K

waarin:

$U_{eq,f,i}$ de equivalente U-waarde van vloerdeel i, in W/(m².K), bepaald volgens:

Eq. 43 $$U_{eq,f,i} = \frac{1}{R_{si} + \sum R_{f,i}}$$ W/(m².K)

met:

R_{si} de warmteovergangsweerstand aan het binnenoppervlak, in m².K/W (= 0,17)

$\Sigma R_{f,i}$ de totale warmteweerstand van alle bouwlagen van vloerdeel i, in m².K/W, berekend volgens § 6 (van binnenoppervlak tot het contactoppervlak met de grond, dus zonder overgangsweerstanden)

A_i de oppervlakte van vloerdeel i, in m², (bepaald met buitenafmetingen);

a_i temperatuurreductiefactor voor vloerdeel i bepaald door:

Eq. 44 $$a_i = \frac{1}{U_{eq,f,i} + 1}$$ (-)

Bij de berekening van $H_g^{constructions}$ dient gesommeerd te worden over alle vloerdelen i met verschillende samenstelling die in direct contact zijn met de volle grond.

Voor de evaluatie van de U_{max}-eis volgens bijlage C.1 bij dit besluit wordt de gecombineerde waarde $a_i.U_{eq,f,i}$ beschouwd.

15.2.2 Bouwelementen in contact met onverwarmde kruipruimten en kelders (vloeren muren,deuren)

De warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie naar de buitenomgeving via de onverwarmde kruipruimten en kelders ($H_g^{constructions}$), kunnen voor vloeren die zich boven deze ruimten bevinden, vereenvoudigd bepaald worden m.b.v. een temperatuurreductiefactor (b_U):

Eq. 45 $$H_g^{constructions} = \sum_{i=1}^{n} U_{eq,f,i}.A_i.b_{u,i}$$ W/K

waarin:

$U_{eq,f,i}$ de equivalente U-waarde van vloerdeel i, in W/(m².K), bepaald volgens:

Eq. 46 $$U_{eq,f,i} = \frac{1}{R_{si} + \sum R_{f,i} + R_{si}}$$ W/(m².K)

met:

R_{si} de warmteovergangsweerstand aan het binnenoppervlak, m².K/W (= 0,17);

$R_{f,i}$ de totale warmteweerstand van alle bouwlagen van vloerdeel i, in m².K/W, berekend volgens § 6 (van het binnenoppervlak tot het contactoppervlak met de kruipruimte of de kelder, dus zonder overgangsweerstanden).

A_i de oppervlakte van vloerdeel i, in m², (bepaald met buitenafmetingen);

$b_{U,i}$ temperatuurreductiefactor van vloerdeel i zoals bepaald in Tabel [7].

Tabel [7]: Waarden bij ontstentenis van de temperatuurreductiefactor b_u

Onverwarmde kelder of kruipruimte	**b_U (-)**
Kelderruimte (minstens 70% van de buitenwanden in contact met de grond)	
• zonder buitenvenster of buitendeur	0,5
• met buitenvenster of buitendeur	0,8
Kruipruimten (1)	
• sterk geventileerd ($n_{ue} \geq 1\ h^{-1}$)	1,0
• niet of zwak geventileerd ($n_{ue} < 1\ h^{-1}$)	0,8
(1) conventionele waarden van het ventilatievoud (n_{ue}) volgens Tabel [6].	

Voor de evaluatie van de U_{max}-eis volgens bijlage C.1 bij dit besluit wordt de gecombineerde waarde $b_{U,i}.U_{eq,f,i}$ beschouwd.

15.2.3 Ingegraven muren

De vereenvoudigde methode volgt de procedure voor "Keldermuren" in § F.2.4, waarbij als vereenvoudiging bij conventie mag worden aangenomen dat R_f = 1 m².K/W.

16 Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de bouwknopen ($H_T^{junctions}$)

De warmteoverdrachtscëfficiënten door transmissie doorheen de bouwknopen ($H_D^{junctions}$, $H_g^{junctions}$ en $H_U^{junctions}$) worden gebundeld in $H_T^{junctions}$:

Eq. 47 $$H_T^{junctions} = H_D^{junctions} + H_g^{junctions} + H_U^{junctions}$$ W/K

Dit betekent dat de totale warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie H_T ook kan geformuleerd worden als:

Eq. 48
$$H_T = \left(H_D^{constructions} + H_g^{constructions} + H_U^{constructions}\right) + H_T^{junctions}$$
$$= H_T^{constructions} + H_T^{junctions}$$ W/K

De term $H_T^{junctions}$ dient bepaald te worden volgens bijlage B.2 bij dit besluit.

16.1 Temperatuurreductiefactor van AOR's, kruipruimten en onverwarmde kelders

De temperatuurreductiefactoren die in bijlage B.2 bij dit besluit van toepassing zijn op warmtedoorgangscoëfficiënten van lineaire en puntbouwknopen, worden samengevat in Tabel [8]. De waarde van de temperatuurreductiefactor is afhankelijk van de gekozen rekenmethode. Voor eenzelfde omgeving kan slechts 1 rekenmethode gekozen worden, hetzij de eenvoudige, hetzij de gedetailleerde. De reductiefactor die op deze manier berekend wordt, dient consistent gebruikt te worden in verdere berekeningen.

Tabel [8]:Temperatuurreductiefactor voor aangrenzende onverwarmde ruimtes, onverwarmde kelders en kruipruimten (-)

	Eenvoudige rekenmethode	Gedetailleerde rekenmethode
Aangrenzende onverwarmde ruimte	b = 1	$b = \frac{H_{ue}}{H_{ue} + H_{iu}}$ zie § 14
Kruipruimte	$b = b_U$ Tabel [7] van § § 15.2.2	$b = \frac{U_i}{U_{eq,f,i}}$ met $U_{eq,f,i}$ de equivalente U-waarde van bouwelement i tussen de binnenomgeving en de onverwarmde kruipruimte, bepaald volgens Eq. 43 uit § § 15.2.1, en met U_i = U volgens § § F.2.3 (stap 7)
Onverwarmde kelder	$b = b_U$ Tabel [7] van § § 15.2.2	$b = \frac{U_i}{U_{eq,f,i}}$ met $U_{eq,f,i}$ de equivalente U-waarde van bouwelement i tussen de binnenomgeving en de onverwarmde kelder, bepaald volgens Eq. 43 uit § § 15.2.1, en met U_i = U volgens § § F.2.4 (stap 6)

17 Peil van globale warmte-isolatie (K-peil)

In deze paragraaf kan de term "gebouw" zowel betrekking hebben op "het gebouw in zijn geheel" als op "een deel van een gebouw".

17.1 Volumecompactheid van een gebouw

De volumecompactheid van een gebouw wordt gegeven door de verhouding van het volume tot de verliesoppervlakte:

Eq. 49 $$C = \frac{V}{A_T}$$ m

waarin:

V het volume van het gebouw op basis van de buitenafmetingen, in m^3, bepaald volgens § 12.2.3;

A_T de totale verliesoppervlakte van het gebouw op basis van de buitenafmetingen, in m^2, bepaald volgens § 12.2.2.

17.2 Gemiddelde warmtedoorgangscoëfficiënt van een gebouw

De gemiddelde warmtedoorgangscoëfficiënt U_m van een gebouw is de verhouding van de totale warmteoverdrachtscoëfficiënt tot de verliesoppervlakte:

Eq. 50 $$U_m = \frac{H_T}{A_T}$$ W/(m².K)

waarin:

H_T de warmteoverdrachtscoëfficiënt van het gebouw, in W/K, berekend volgens § 12.1;

A_T de totale verliesoppervlakte van het gebouw op basis van de buitenafmetingen, in m^2, bepaald volgens § 12.2.2.

Voor H_T wordt de waarde bij winteromstandigheden beschouwd.

17.3 Peil van globale warmte-isolatie (K-peil)

Het peil van de globale warmte-isolatie van een gebouw wordt gegeven door de verhouding van de gemiddelde warmtedoorgangscoëfficiënt tot een referentiewaarde, vermenigvuldigd met 100:

Eq. 51 $$K = 100 . \frac{U_m}{U_{m,ref}}$$ (-)

waarin:

U_m de gemiddelde warmtedoorgangscoëfficiënt van het gebouw, in W/(m².K), berekend volgens § 17.2;

$U_{m,ref}$ de referentiewaarde voor de gemiddelde warmtedoorgangscoëfficiënt, in W/(m².K), zoals hieronder vastgelegd.

De volgens Eq. 51 gevonden waarde dient afgerond te worden tot op een geheel getal, waarbij naar boven wordt afgerond wanneer het deel na de komma van de volgens Eq. 51 gevonden waarde exact gelijk is aan een half (...,5000...). In de communicatie laat men het getal voorafgaan door de hoofdletter K.

De referentiewaarde voor de gemiddelde warmtedoorgangscoëfficiënt $U_{m,ref}$ wordt bepaald als volgt:

Eq. 52 voor $C \leq 1$: $U_{m,ref} = 1$

voor $1 < C < 4$: $U_{m,ref} = (C + 2)/3$

voor $4 \leq C$: $U_{m,ref} = 2$ W/(m².K)

waarin:

C de volumecompactheid, in m, zoals gedefinieerd in § 17.1.

Bijlage A Bepaling van de warmtegeleidbaarheid (λ-waarde) en van de warmteweerstand (R-waarde) van bouwmaterialen

A.1 Algemeen

De principes van huidige paragraaf zijn geldig zowel voor de bepaling van de warmtegeleidbaarheid als voor de bepaling van de warmteweerstand. Maar om de tekst leesbaar te houden wordt in de huidige paragraaf enkel over warmtegeleidbaarheid gesproken. Voor de bepaling van de warmteweerstand dient enkel overal "warmtegeleidbaarheid" door "warmteweerstand" vervangen te worden, en "λ" door "R"

Als rekenwaarde van de warmtegeleidbaarheid wordt die waarde gebruikt waarbij rekening gehouden wordt met de te verwachten temperatuur en vochtgehalte in het materiaal. Zo worden afhankelijk van de binnen- en de buitenomstandigheden de volgende rekenwaarden gedefinieerd:

- De $\boldsymbol{\lambda_{Ui}}$ ***-waarde*** stemt overeen met de binnenomstandigheden en moet gebruikt worden voor materialen in binnenwanden en in buitenwanden in zoverre deze noch door regenindringing, noch door blijvende inwendige of oppervlaktecondensatie, noch door opstijgend grondvocht nat kunnen worden. De λ_{Ui} -waarde mag niet gebruikt worden voor materialen die dampdicht ingebouwd worden en die vocht kunnen bevatten (bv. bouwvocht of neerslagwater).
- De $\boldsymbol{\lambda_{Ue}}$ ***-waarde*** stemt overeen met de buitenomstandigheden en moet worden gebruikt voor alle materialen in buitenwanden, die door regeninslag, blijvende inwendige of oppervlaktecondensatie of door opstijgend grondvocht nat kunnen worden. De λ_{Ue}-waarde moet eveneens gebruikt worden voor dampdicht ingebouwde materialen die tijdens de uitvoering nat zijn.

Voor isolatieproducten en andere producten waarvoor de λ-waarde een belangrijke eigenschap is, wordt de λ_U-rekenwaarde als volgt bepaald. In een eerste stap wordt een λ_{STEP1}-waarde bepaald onder de hieronder beschreven omstandigheden. Vervolgens wordt er op basis van die waarde in een tweede stap de λ_U-rekenwaarde bepaald.

Eerste stap:

De waarde van de warmtegeleidbaarheid in dit gedeelte, λ_{STEP1} genoemd, wordt bepaald volgens de principes die aangegeven zijn in de norm NBN EN ISO 10456 en voldoet aan de volgende voorwaarden:

- gemeten bij een gegeven referentietemperatuur en –vochtigheid, volgens de meetmethodes van NBN EN 1934, NBN EN ISO 8990, NBN EN 12664, NBN EN 12667 of NBN EN 12939 (ISO 8301, ISO 8302). De temperatuur wordt in dit gedeelte op 10°C vastgelegd;
- uitgedrukt door een fractiel met een betrouwbaarheidsgraad vastgelegd in dit gedeelte op 90/90 (m.a.w. met een waarschijnlijkheid van 90 % wordt gesteld dat 90 % van de productie een λ-waarde heeft die kleiner dan of gelijk aan de gedeclareerde waarde λ_{STEP1} is);
- overeenkomend met een redelijke levensduur in normale omstandigheden. De mogelijke veroudering van het materiaal moet dus in rekening gebracht worden, deze is gedefinieerd in de productnorm, in ETAG (European Technical Approval Guideline volgens richtlijn 89/106/CEE) of in EAD (European Assessment Document volgens regeling (EU) n°305/2011) van het betreffende product voor zover een van deze bestaat. In andere gevallen mogen de overheden de toe te passen verouderingsmethode bepalen.

NOTA De hierboven gedefinieerde λ_{STEP1}-waarde komt in het algemeen overeen met de in het kader van de CE-markering gedeclareerde λ_D –waarde (voor zover deze markering bestaat), met uitzondering van bepaalde specifieke gevallen (bijvoorbeeld metselwerkelementen)

Tweede stap:

De **rekenwaarde van de warmtegeleidbaarheid (λ_U)** wordt bepaald via de in norm NBN EN ISO 10456 beschreven methodologie. Op basis van de λ_{STEP1}-waarde, bepaald overeenkomstig de hierboven vermelde voorwaarden, wordt ze als volgt berekend:

Eq. 53 $\lambda_U = \lambda_{STEP1} * e^{fu\ (u2-u1)}$ ou $\lambda_U = \lambda_{STEP1} * e^{f\Psi\ (\Psi 2-\Psi 1)}$ W/(m.K)

Met:

f_u of f_Ψ oconversiecoëfficiënten met betrekking tot het vochtgehalte u of Ψ, in kg/kg (f_u) of in m^3/m^3 (f_Ψ);

u_1 of Ψ_1 het vochtgehalte van de eerste set omstandigheden (eerste stap), in kg/kg (u_1) of in m^3/m^3 (Ψ_1);

u_2 of Ψ_2 het vochtgehalte van de tweede set omstandigheden (tweede stap), in kg/kg (u_2) of in m^3/m^3 (Ψ_2).

Voor de omstandigheden van de tweede stap wordt onderscheid gemaakt tussen:

- λ_{Ui} = binnentoepassing overeenstemmend met een vochtgehalte $u_{23,50}$ (= evenwichtsvochtgehalte bij 23°C en relatieve vochtigheid van 50%);
- λ_{Ue} = buitentoepassing overeenstemmend met een vochtgehalte overeenkomend met 75% van het kritisch vochtgehalte (verzadiging) bij 20°C.

De waarden van het vochtgehalte (u, in kg/kg, of ψ, in m^3/m^3) en van de conversiecoëfficiënten (f_u en f_ψ) worden bepaald overeenstemmend met de in norm NBN EN ISO 10456 beschreven methodologie:

- Ofwel wordt er van reële productgegevens gebruikt gemaakt, bepaald in overeenstemming met de norm;
- Ofwel wordt er van waarden bij ontstentenis gebruikt gemaakt: ofwel uit de norm NBN EN ISO 10456, ofwel (voor een aantal steenachtige materialen) uit bijlage C van deze tekst.

De λ_U -rekenwaarde van metselwerkelementen moet bepaald worden volgens de specificaties van norm NBN EN 1745, rekening houdend met de hieronder beschreven voorwaarden.

Waarden bij ontstentenis van de warmtegeleidbaarheid van verschillende materialen worden in de tabellen van paragraaf A.2. vermeld.

NOTA 1 Voor de isolatieproducten van dezelfde materialen als diegene die vermeld zijn in tabel A.14 leidt de toepassing van bovenstaande regels tot het resultaat dat de λ_{Ui} -waarde (voor binnentoepassing) gelijk is aan de in het kader van de CE-markering gedeclareerde λ_D-waarde.

NOTA 2 Voor metselwerkelementen (baksteen, betonblokken,…) worden waarden bij ontstentenis van de warmtegeleidbaarheid λ_U in tabellen A.3 tot A.8 vermeld, en worden waarden bij ontstentenis van de warmteweerstand R_U in tabel B.1 (twee eerste categorieën) vermeld. Voor het volledige metselwerk (inclusief de voegen uit mortel) moet ook met de invloed van de voegen rekening gehouden worden, vermiste deze vooral bij het gebruik van lichte blokken niet verwaarloosbaar is(zie bijlage G.3.1).

NOTA 3 Tabellen A.3 tot A.8 zijn zowel op volle als op geperforeerde metselwerkelementen van toepassing. In geval van geperforeerde metselwerkelement wordt de volumemassa op de hele blokken bepaald en bevat dus de perforaties, zie voorbeeld in bijlage G.3.2.

A.2 Tabellen met waarden bij ontstentenis voor de warmtegeleidbaarheden van homogene of gelijkgestelde bouwmaterialen

De tabellen in deze paragraaf geven waarden bij ontstentenis die steeds gebruikt mogen worden voor de transmissieberekeningen in het kader van de energieprestatieregelgeving. Ze zijn echter niet zonder meer geldig voor het berekenen van de isolatie van technische installaties.

Als de volumemassa in onderstaande tabellen aangegeven wordt in een kolom voor de kolom van de warmtegeleidbaarheid, dan betekent ze een voorwaarde die nagekomen moet worden opdat de waarde bij ontstentenis geldig is. Als de volumemassa in onderstaande tabellen aangegeven wordt in een kolom na de kolom van de warmtegeleidbaarheid, dan betekent ze een nuttige informatie voor de bepaling van de volumemassa van de constructie-elementen.

A.2.1 Metalen

Tabel A.1: Metalen

Materiaal	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**	***Massawarmte c J/(kg.K)***	***Volumemassa ρ kg/m³***
Lood	35	35	*130*	*11300*
Koper	380	380	*380*	*8900*
Geelkoper (messing)	120	120	*380*	*8400*
Staal	50	50	*450*	*7800*
Roestvast staal (1)	17	17	*460*	*7900*
Aluminium 99%	160	160	*880*	*2800*
Gietijzer	50	50	*450*	*7500*
Zink	110	110	*380*	*7200*
Brons	65	65	*380*	*8700*
(1) austenitisch of austenitisch-ferritisch staal				

A.2.2 Natuursteen

Tabel A.2: Natuursteen

Materiaal	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**	***Volumemassa ρ kg/m³***
Zware steen (graniet, gneis, basalt, porfier)	3,50	3,50	*2700≤ ρ ≤3000*
"Petit granit" (blauwe steen), kalksteen	2,91	3,50	*2700*
Marmer	2,91	3,50	*2800*
Leien	2,20	2,20	*2000≤ ρ ≤2800*
Harde steen	2,21	2,68	*2550*
Vaste steen	1,74	2,09	*2350*
Kalkzandsteen	2,30	2,30	*2600*
Halfvaste steen (o.a. breuksteen)	1,40	1,69	*2200*
De massawarmte c bedraagt 1000 J/(kg.K)			

A.2.3 Elementen van metselwerk

Tabel A.3 - Stenen van gebakken aarde

Volumemassa ρ kg/m³	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**
ρ ≤ 700	0,22	0,43
700 < ρ ≤ 800	0,25	0,49
800 < ρ ≤ 900	0,28	0,56
900 < ρ ≤ 1000	0,32	0,63
1000 < ρ ≤ 1100	0,35	0,70
1100 < ρ ≤ 1200	0,39	0,77
1200 < ρ ≤ 1300	0,42	0,84
1300 < ρ ≤ 1400	0,47	0,93
1400 < ρ ≤ 1500	0,51	1,00
1500 < ρ ≤ 1600	0,55	1,09
1600 < ρ ≤ 1700	0,60	1,19
1700 < ρ ≤ 1800	0,65	1,28
1800 < ρ ≤ 1900	0,71	1,40
1900 < ρ ≤ 2000	0,76	1,49
2000 < ρ ≤ 2100	0,81	1,61
De massawarmte c bedraagt 1000 J/(kg.K)		

Tabel A.4 - Stenen/blokken van kalkzandsteen

Volumemassa ρ kg/m³	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**
ρ ≤ 900	0,36	0,78
900 < ρ ≤ 1000	0,37	0,81
1000 < ρ ≤ 1100	0,40	0,87
1100 < ρ ≤ 1200	0,45	0,97
1200 < ρ ≤ 1300	0,51	1,11
1300 < ρ ≤ 1400	0,57	1,24
1400 < ρ ≤ 1500	0,66	1,43
1500 < ρ ≤ 1600	0,76	1,65
1600 < ρ ≤ 1700	0,87	1,89
1700 < ρ ≤ 1800	1,00	2,19
1800 < ρ ≤ 1900	1,14	2,49
1900 < ρ ≤ 2000	1,30	2,84
2000 < ρ ≤ 2100	1,49	3,25
2100 < ρ ≤ 2200	1,70	3,71
De massawarmte c bedraagt 1000 J/(kg.K)		

Tabel A.5: Betonmetselblokken met gewone aggregaten

Volumemassa ρ kg/m³	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**
ρ ≤ 1600	1,07	1,39
1600 < ρ ≤ 1700	1,13	1,47
1700 < ρ ≤ 1800	1,23	1,59
1800 < ρ ≤ 1900	1,33	1,72
1900 < ρ ≤ 2000	1,45	1,88
2000 < ρ ≤ 2100	1,58	2,05
2100 < ρ ≤ 2200	1,73	2,24
2200 < ρ ≤ 2300	1,90	2,46
2300 < ρ ≤ 2400	2,09	2,71
De massawarmte c bedraagt 1000 J/(kg.K)		

Tabel A.6 - Betonstenen van geëxpandeerde klei

Volumemassa ρ kg/m³	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**
ρ ≤ 400	0,14	(1)
400 < ρ ≤ 500	0,18	(1)
500 < ρ ≤ 600	0,21	0,28
600 < ρ ≤ 700	0,25	0,33
700 < ρ ≤ 800	0,30	0,39
800 < ρ ≤ 900	0,33	0,44
900 < ρ ≤ 1000	0,38	0,50
1000 < ρ ≤ 1100	0,43	0,57
1100 < ρ ≤ 1200	0,49	0,65
1200 < ρ ≤ 1300	0,55	0,73
1300 < ρ ≤ 1400	0,61	0,80
1400 < ρ ≤ 1500	0,67	0,88
1500 < ρ ≤ 1600	0,75	0,99
1600 < ρ ≤ 1700	0,83	1,10

De massawarmte c bedraagt 1000 J/(kg.K)

(1) De directe blootstelling van deze materialen aan de buiten-klimaatomstandigheden verdient over het algemeen geen aanbeveling.

Tabel A.7 - Betonstenen met andere lichtgewicht toeslag

Volumemassa ρ kg/m³	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**
ρ ≤ 500	0,30	(1)
600 < ρ ≤ 700	0,37	0,47
700 < ρ ≤ 800	0,41	0,52
800 < ρ ≤ 900	0,46	0,58
900 < ρ ≤ 1000	0,51	0,65
1000 < ρ ≤ 1100	0,57	0,73
1100 < ρ ≤ 1200	0,64	0,82
1200 < ρ ≤ 1300	0,72	0,91
1300 < ρ ≤ 1400	0,82	1,04
1400 < ρ ≤ 1500	0,92	1,17
1500 < ρ ≤ 1600	1,03	1,31
1600 < ρ ≤ 1800	1,34	1,70

De massawarmte c bedraagt 1000 J/(kg.K)

(1) De directe blootstelling van deze materialen aan de buiten-klimaatomstandigheden verdient over het algemeen geen aanbeveling.

Tabel A.8 - Geautoclaveerde cellenbetonblokken

Volumemassa ρ kg/m³	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**
ρ ≤ 300	0,10	(1)
300 < ρ ≤ 400	0,13	(1)
400 < ρ ≤ 500	0,16	(1)
500 < ρ ≤ 600	0,20	0,32
600 < ρ ≤ 700	0,22	0,36
700 < ρ ≤ 800	0,26	0,42
800 < ρ ≤ 900	0,29	0,48
900 < ρ ≤ 1000	0,32	0,52
De massawarmte c bedraagt 1000 J/(kg.K) (1) *De directe blootstelling van deze materialen aan de buiten-klimaatomstandigheden verdient over het algemeen geen aanbeveling.*		

A.2.4 Steenachtige bouwdelen zonder voegen (volle wanden, vloerplaten…)

Tabel A.9 - Zwaar normaal beton

Materiaal	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**	***Volumemassa ρ kg/m³***
Zwaar normaal beton, gewapend	1,70	2,20	*2400*
Zwaar normaal beton, ongewapend	1,30	1,70	*2200*
De massawarmte c bedraagt 1000 J/(kg.K)			

Tabel A.10 - Licht beton in volle platen (2) of in deklaag (beton van geëxpandeerde klei, cellenbeton, slakkenbeton, vermiculietbeton, kurkbeton, perlietbeton, polystyreenbeton, enz.)

Indien voor deze producten λ-waarden vermeld worden in tabellen A.3 tot A.8, zullen deze laatste gebruikt worden. Zoniet zijn de onderstaande waarden van toepassing.

Volumemassa ρ kg/m³	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**
ρ < 350	0,12	(1)
350 ≤ ρ < 400	0,14	(1)
400 ≤ ρ < 450	0,15	(1)
450 ≤ ρ < 500	0,16	(1)
500 ≤ ρ < 550	0,17	(1)
550 ≤ ρ < 600	0,18	(1)
600 ≤ ρ <650	0,20	0,31
650 ≤ ρ < 700	0,21	0,34
700 ≤ ρ < 750	0,22	0,36
750 ≤ ρ < 800	0,23	0,38
800 ≤ ρ < 850	0,24	0,40
850 ≤ ρ < 900	0,25	0,43
900 ≤ ρ < 950	0,27	0,45
950 ≤ ρ < 1 000	0,29	0,47
1 000 ≤ ρ < 1 100	0,32	0,52
1 100 ≤ ρ < 1 200	0,37	0,58
1 200 ≤ ρ < 1 500	0,60	0,90
1 500 ≤ ρ < 1 600	0,85	1,20
1 600 ≤ ρ	1,30	1,70

De massawarmte c bedraagt 1000 J/(kg.K)

(1) De directe blootstelling van deze materialen aan de buitenklimaatomstandigheden verdient over het algemeen geen aanbeveling.

(2) In de gevallen waar de platen of panelen voorzien zijn van een wapening evenwijdig aan de richting van de warmtestroom (bv. beugels, traliewapening), zal de warmteoverdracht verrekend worden in de bepaling van de U-waarde , berekend volgens NBN EN 10211

A.2.5 Gips, bepleisteringen

Tabel A.11 - Gips met of zonder lichte granulaten

Volumemassa ρ kg/m³	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**
ρ ≤ 800	0,22	(1)
800 < ρ ≤ 1 100	0,35	(1)
1 100 < ρ	0,52	(1)

De massawarmte c bedraagt 1000 J/(kg.K)

(1) De directe blootstelling van deze materialen aan de buiten-klimaatomstandigheden verdient over het algemeen geen aanbeveling.

Tabel A.12: Bepleisteringen

Materiaal	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**	***Volumemassa ρ kg/m³***
Cementmortel	0,93	1,50	*1900*
Kalkmortel	0,70	1,20	*1600*
Gips	0,52	(1)	*1300*

De massawarmte c bedraagt 1000 J/(kg.K)

(1) De directe blootstelling van deze materialen aan de buitenklimaatomstandigheden, met o.a. de kans op bevochtiging door de regen, verdient over het algemeen geen aanbeveling.

A.2.6 Hout en houtderivaten

Tabel A.13 - Hout en houtderivaten

Materiaal	**Volumemassa ρ kg/m³**	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**	***Massawarmte c J/(kg.K)***
Timmerhout van hard-, loof- en naaldhout	ρ ≤ 600	0,13	0,15	*1880*
	ρ > 600	0,18	0,20	
Multiplexplaat	ρ < 400	0,09	0,11	*1880*
	400 ≤ ρ < 600	0,13	0,15	
	600 ≤ ρ < 850	0,17	0,20	
	ρ ≥ 850	0,24	0,28	
Spaanplaat	ρ < 450	0,10	(1)	*1880*
	450 ≤ ρ < 750	0,14	(1)	
	ρ ≥ 750	0,18	(1)	
Cementgebonden vezelplaat	ρ ≤ 1200	0,23	(1)	*1470*
OSB-plaat (oriented strand board)	ρ ≤ 650	0,13	(1)	*1880*
Vezelplaat (inclusief MDF)	< 375	0,07	(1)	*1880*
	375 ≤ ρ < 500	0,10	(1)	
	500 ≤ ρ < 700	0,14	(1)	
	ρ ≥ 700	0,18	(1)	
(1) De directe blootstelling van deze materialen aan de buitenklimaatomstandigheden verdient over het algemeen geen aanbeveling.				

A.2.7 Isolatiematerialen

Tabel A.14a – In de fabriek vervaardigde isolatiematerialen

Materiaal	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**	***Massawarmte c J/(kg.K)***
Kurk (ICB) - platen	0,050	(1)	*1560*
Minerale wol (MW)- platen of dekens	0,050	(1)	*1030*
Geëxpandeerd polystyreen (EPS)- platen	0,050	(1)	*1450*
Geëxtrudeerd polyethyleen (PEF) - platen	0,050	(1)	*1450*
Fenolschuim – bekleed (PF) - platen	0,045 (2)	(1)	*1400*
Polyurethaan – bekleed (PUR/PIR)	0,035	(1)	*1400*
Geëxtrudeerd polystyreen (XPS)	0,045	(1)	*1450*
Cellulair glas (CG)	0,055	(1)	*1000*
Perliet (EPB) - platen	0,060	(1)	*900*
Geëxpandeerde vermiculietplaten	0,090	(1)	*900*
In de fabriek vervaardigde celluloseplaten, mits $50 \leq \rho < 150$ kg/m³	0,060	(1)	*1100*
In de fabriek vervaardigde isolatieplaten of isolatiedekens op basis van plantaardige en/of dierlijke vezels, andere dan cellulose, en mits $50 \leq \rho < 150$ kg/m³ (3) (4)	0,060	(1)	*1100*

(1) De directe blootstelling van deze materialen aan de buitenklimaatomstandigheden verdient over het algemeen geen aanbeveling.

(2) Voor de beklede isolatieplaten van fenolschuim met gesloten cellen, wordt deze waarde teruggebracht naar 0,030 W/(m.K)

(3) Bijvoorbeeld hennep, vlas, stro, pluimen, schapenwol, dons,…

(4) Voor hogere densiteiten, zie tabel A.15

80 TRD bijlage

In afwijking van de waarden vermeld in tabel 14.a zijn voor gebouwen waarvan de melding gedaan wordt of de aanvraag tot stedenbouwkundige vergunning gevraagd wordt voor 1 januari 2012, volgende waarden van toepassing:

Tabel A.14a bis- In de fabriek vervaardigde isolatiematerialen geldig voor meldingen gedaan of vergunning aangevraagd voor 01 01 2012

Materiaal	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**	***Massawarmte c J/(kg.K)***
Minerale wol (MW)- platen of dekens	0,045	(1)	*1030*
Geëxpandeerd polystyreen (EPS) - platen	0,045	(1)	*1450*
Geëxtrudeerd polyethyleen (PEF) – platen	0,045	(1)	*1450*
Geëxtrudeerd polystyreen (XPS)	0,040	(1)	*1450*
(1) De directe blootstelling van deze materialen aan de buitenklimaatomstandigheden verdient over het algemeen geen aanbeveling.			

Tabel A.14b – Niet in de fabriek vervaardigde en in situ geplaatste isolatiematerialen

Materiaal	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**	***Massawarmte c J/(kg.K)***
Minerale wol (MW)- ingeblazen	0,070	(2)	*1030*
Geëxpandeerd polystyreen (EPS) – (ingespoten – gebonden)	0,070	(2)	*1450*
Fenolschuim – (PF) – (ingespoten) (3)	0,065	(2)	*1400*
In situ gespoten Polyurethaan (PUR-PIR) (4)	0,055	(2)	*1400*
Geëxpandeerde perlietkorrels (EPB) (ingegoten)	0,080	(2)	-
Geëxpandeerde vermiculietkorrels	0,110	(2)	*1080*
In situ ingeblazen cellulose	0,080	(2)	*1100*
Niet in de fabriek vervaardigde isolatiematerialen op basis van plantaardige en/of dierlijke vezels, andere dan cellulose (2)	0,080	(2)	*1100*
In situ gespoten ureumformaldehydeschuim (UF)	0,075	(2)	*1400*
Geëxpandeerde kleikorrels	0,150	(2)	*1000*
(1) De directe blootstelling van deze materialen aan de buitenklimaatomstandigheden verdient over het algemeen geen aanbeveling.			
(2) Bijvoorbeeld hennep, vlas, stro, pluimen, schapenwol, dons,…			
(3) Voor hogere densiteiten, zie tabel A.15			
(4) Voor in situ gespoten PUR-isolatiematerialen dient de warmteweerstand van de PUR-isolatielaag gecorrigeerd te worden volgens de regels uit 7.3			

A.2.8 Verscheidene materialen

Tabel A.15 - Verscheidene materialen

Matériau	**λ_{Ui} W/(m.K)**	**λ_{Ue} W/(m.K)**	***Massawarmte c J/(kg.K)***	***Volumemassa ρ kg/m³***
Glas	1,00	1,00	*750*	*2500*
Tegels van gebakken klei	0,81	1,00	*1000*	*1700*
Grèstegels	1,20	1,30	*1000*	*2000*
Rubber	0,17	0,17	*1400*	*1500*
Linoleum, PVC-tegels	0,19	-	*1400*	*1200*
Tapijt (textiel)	0,06	-	*1300*	*200*
Platen van met natuurlijke minerale vezels versterkt cement	0,35	0,50	*1000*	*1400 ≤ ρ ≤ 1900*
Gietasfalt	0,70	0,70	*1000*	*2100*
Houtwolcementplaten, houtwolmagnesietplaten mits 300 ≤ ρ < 900 kg/m³	0,20	-	*1500*	*300 ≤ ρ ≤ 900*
In de fabriek vervaardigde isolatieplaten of isolatiedekens op basis van plantaardige en/of dierlijke vezels, mits 150 ≤ ρ < 500 kg/m³ (1)	0,20	-	*1500*	*150 ≤ ρ ≤ 500*
Bitumenmembraan	0,23	0,23	*1000*	*1 100*
(1) Bijvoorbeeld hennep, vlas, stro, pluimen, schapenwol, dons,…				

Bijlage B Warmteweerstand (R-waarde) van niet-homogene bouwmaterialen

Sommige wanden worden opgebouwd met grote elementen met holle delen (bv. holle betonblokken, holle bakstenen, gemengde materialen,…). Deze materialen kunnen niet gekenmerkt worden door een bepaalde warmtegeleidbaarheid. Van dergelijk materialen wordt de warmteweerstand R aangegeven, waarbij rekening dient gehouden te worden met de binnen- of buitenomstandigheden zoals gedefinieerd in bijlage A. De in rekening te brengen waarde van R wordt afgeleid uit metingen van de U-waarde overeenkomstig de bepalingen van NBN EN 8990. Alternatief kunnen de R-waarden berekend worden volgens de numerieke rekenmethode uit NBN EN ISO 10211.

In Tabel B.1 worden ook een aantal waarden bij ontstentenis van de warmteweerstand voor binnenomstandigheden gegeven.

Tabel B.1 - Warmteweerstand en massawarmte van de niet-homogene materialen

Materialen		**Dikte/hoogte van de delen**	**R_{Ui} m².K/W**
Metselwerk van holle blokken van beton	Holle blokken van zwaar beton met ρ > 1 200 kg/m³	d = 14 cm	0,11
		d = 19 cm	0,14
		d = 29 cm	0,20
	Holle blokken van licht beton met ρ ≤ 1 200 kg/m³	d = 14 cm	0,30
		d = 19 cm	0,35
		d = 29 cm	0,45
Vooraf vervaardigde ruwe vloerplaten van holle delen van gebakken klei	1 holte in de stroomrichting	d = 8 cm	0.08
		d = 12 cm	0.11
	2 holten in de stroomrichting	d = 12 cm	0.13
		d = 16 cm	0.16
		d = 20 cm	0.19
Vooraf vervaardigde ruwe vloerplaten van zwaar beton (met holle delen)		d = 12 cm	0,11
		d = 16 cm	0,13
		d = 20 cm	0,15
Gipsplaten tussen twee lagen karton		d < 1,4 cm	0,05
		d ≥ 1,4 cm	0,08
De massawarmte c bedraagt 1000 J/(kg.K)			

Bijlage C Waarden bij ontstentenis voor vochtgehalte en conversiefactoren voor steenachtige materialen

Tabel C.1 - Vochtgehalten en conversiefactoren voor steenachtige materialen

Materiaal	Volume-massa ρ (kg/m³)	Vochtgehalte bij 23°C en 50% RV (NBN EN ISO 10456)		Vochtgehalte bij 20°C en 75% van het kritisch verzadigingsgetal		Conversiefactor voor vocht (NBN EN ISO 10456:2008)	
		u_{2i} kg/kg	Ψ_{2i} m³/m³	u_{2e} kg/kg	Ψ_{2e} m³/m³	f_u kg/kg	f_Ψ m³/m³
Metselwerk in gebakken aarde	700-2100	-	0,007	-	0,075	-	10
Metselwerk van kalkzandsteen	900-2200	-	0,012	-	0,090	-	10
Betonmetselwerk met gewone aggregaten	1600-2400	-	0,025	-	0,090	-	4
Betonmetselwerk van geëxpandeerde klei	400-1700	0,020	-	0,090	-	4	-
Betonmetselwerk met andere lichtgewicht toeslag	500-1800	-	0,030	-	0,090	-	4
Cellenbetonmetselwerk	300-1000	0,026	-	0,150	-	4	-
polystyreenbeton	500-800	-	0,015	-	0,090	-	5
Mortel	250-2000	-	0,040	-	0,150	-	4

Bijlage D Warmtedoorgangscoëfficiënten van raamprofielen (U_f-waarden).Waarden bij ontstentenis

Deze bijlage is van toepassing voor verticaal opgestelde raamprofielen die voldoen aan de opgegeven criteria of voorwaarden. Voor alle andere raamprofielen dienen de U_f-waarden bepaald te worden zoals uitgelegd in § 9.2.1.

D.1 Houten raamprofielen

Voor houten raamprofielen kunnen de benaderende U_f-waarden uit Tabel D.1 genomen worden. Voor niet-vermelde dikten wordt de U_f-waarde beschouwd overeenkomend met de eerstvermelde kleinere dikte in Tabel D.1. Om te bepalen tot welk houttype een bepaalde soort behoort, wordt Tabel D.4 gebruikt.

Tabel D.1: Warmtedoorgangscoëfficiënten van houten raamprofielen, U_f in W/(m².K)

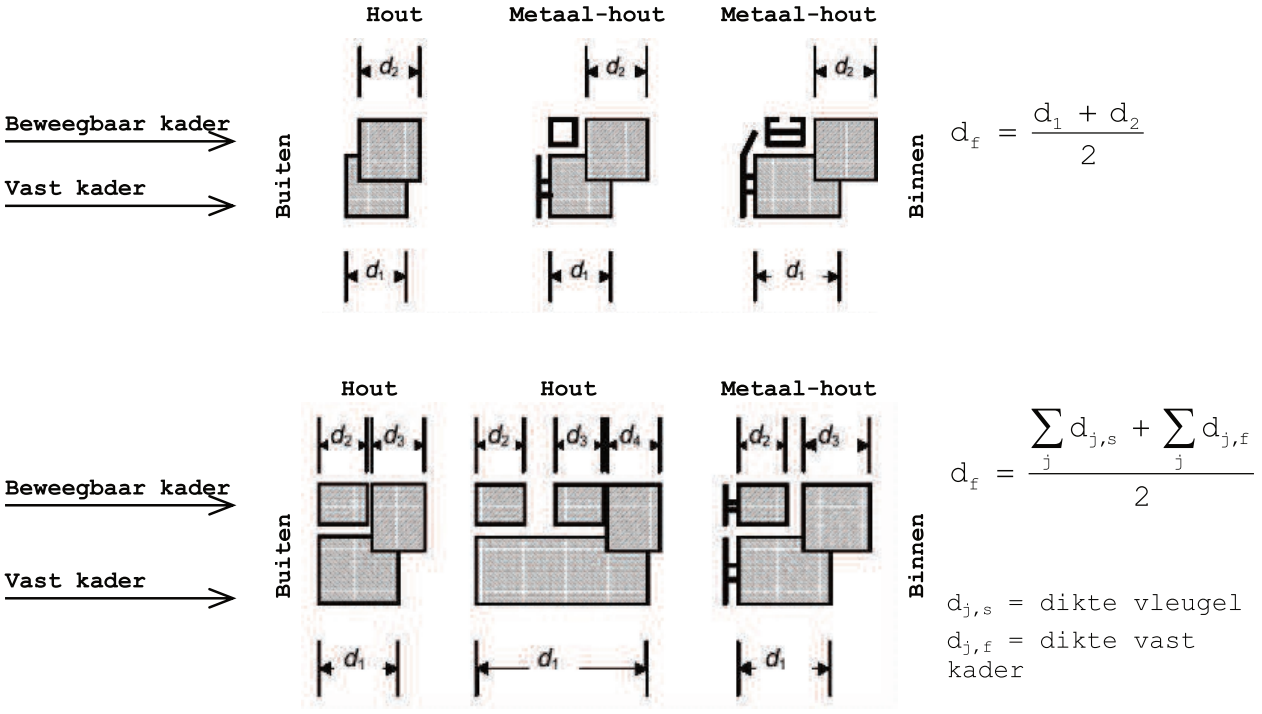
Raamprofieldikte d_f (en mm) (zie Figuur [33])	**U_f W/(m².K) (1)**		
	Type 1 λ_U = 0,18 W/(m.K)	**Type 2 λ_U = 0,16 W/(m.K)**	**Type 3 λ_U = 0,13 W/(m.K)**
50	2,36	2,22	2,00
60	2,20	2,10	1,93
70	2,08	1,96	1,78
80	1,96	1,85	1,67
90	1,86	1,75	1,58
100	1,75	1,65	1,48
110	1,68	1,57	1,40
120	1,58	1,48	1,32
130	1,50	1,40	1,25
140	1,40	1,32	1,18
150	1,34	1,26	1,12

(1) Conventies voor houten raamprofielen:

- *als waarde bij ontstentenis voor de raamprofieldikte, mag 50 mm genomen worden;*
- *als waarde bij ontstentenis voor de houtsoort, wordt verondersteld dat ze van type 1 is.*

Voor houten raamprofielen wordt de raamprofieldikte (d_f) bepaald als de gemiddelde dikte van de samenstellende raamprofielen (vast kader en vleugel), zoals getoond in Figuur [33].

Figuur [33]: Definitie van de dikte d_f van verschillende houtprofielen.



Tabel D.4: Houttypes

Type 1 **λ_U = 0,18 W/(m.K)**	**Type 2** **λ_U = 0,16 W/(m.K)**	**Type 3** **λ_U = 0,13 W/(m.K)**
Afzelia	Sapelli	Mahonie-Afrikaans
Calophyllum	Sipo	Larix
Blauwe gomboom	Tasmanian oak	Witte spar
Eucalyptus	Mengkulang	Light White Seraya
Merbau	Niangon	Grove den
Heavy White Seraya	Iroko	Oregon pine/Europese Douglas
Pometia Pinnata	Ocotea Rubra	Light Red Meranti
Eik	Dark Red Meranti	Mahonie-Amerikaans
Robinia	Teak	Idigbo
Loofhout niet elders vermeld in de tabel	Makoré	Hemlock
		Naaldhout niet elders vermeld in de tabel

D.2 Metalen raamprofielen

D.2.1 Definities

De warmteweerstand R_f van een metalen raamprofiel wordt gegeven door:

Eq. 54 $$R_f = \frac{1}{U_{f0}} - 0,17$$ m².K/W

waarin:

U_{f0} U-waarde van het raamprofiel, in W/(m².K), berekend alsof de ontwikkelde oppervlakte gelijk zou zijn aan de geprojecteerde oppervlakte (zie tabel D.2)

De U_f-waarde van het metalen raamprofiel wordt gegeven door:

Eq. 55 $$U_f = \frac{1}{\left(\frac{R_{si}.A_{f,i}}{A_{d,i}} + R_f + \frac{R_{se}.A_{f,e}}{A_{d,e}} \right)}$$ W/(m².K)

waarin:

$A_{d,i}$, $A_{d,e}$, $A_{f,i}$, $A_{f,e}$ de oppervlaktes van de raamprofielen, in m², gedefinieerd in § 8.1.3,

R_{si} warmteovergangsweerstand aan het binnenoppervlak van het raamprofiel,in m².K/W, bepaald volgens § 8.4.3 (of zie Tabel [1]);

R_{se} warmteovergangsweerstand aan het buitenoppervlak van het raamprofiel,in m².K/W, bepaald volgens § 8.4.3 (of zie Tabel [1]);

R_f de warmteweerstand van het raamprofiel, in m².K/W, berekend volgens Eq. 54.

D.2.2 Metalen raamprofielen met thermische onderbreking

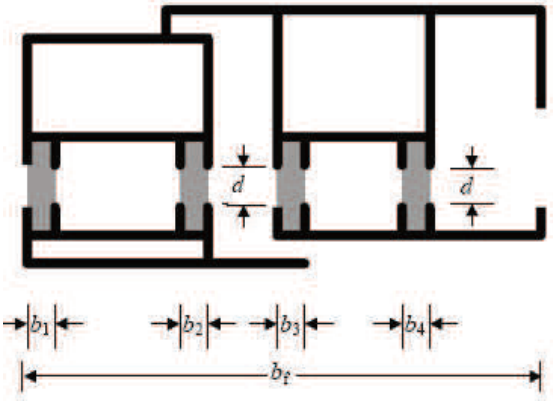
Een thermische onderbreking heeft tot doel om de metalen raamprofieldelen aan de warme zijde van het raam thermisch te scheiden van de raamprofieldelen aan de koude zijde.

In het geval van metalen raamprofielen met thermische onderbreking wordt de U_f-waarde beïnvloed door constructieve eigenschappen, zoals:

- de kleinste afstand d tussen de onderbroken metalen secties;
- de totale steegbreedte b van de thermische onderbrekingen zelf;
- de warmtegeleidbaarheid λ van het materiaal van de thermische onderbreking;
- de verhouding van de totale steegbreedte van de thermische onderbreking tot de totale geprojecteerde breedte van het raamprofiel.

In Tabel D.2 worden U_f-waarden gegeven die gebruikt kunnen worden voor de twee types van metalen raamprofielen die getoond zijn in Figuur [34] en in Figuur [35], en waarbij de volgende voorwaarden gelden:

Figuur [34]: Sectie type 1: thermische onderbreking met 0,2 < λ ≤ 0,3 W/(m.K)

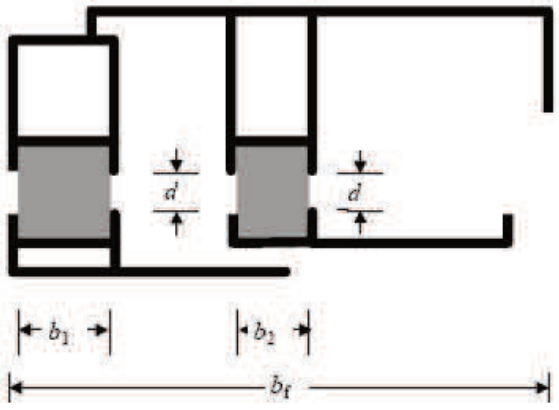


De thermische geleidbaarheid van het materiaal van de thermische onderbreking is zo dat:

$0,2 < \lambda \leq 0,3$ W/(m.K)

- d is de kleinste afstand tussen de door de onderbreking gescheiden metalen profielen
- b_i is de steegbreedte van onderbreking j
- b_f is de breedte van het profiel
- $\sum_j b_j \leq 0,2.b_f$

Figuur [35]: Sectie type 2: thermische onderbreking met 0,1 < λ ≤ 0,2 W/(m.K)



De thermische geleidbaarheid van het materiaal van de thermische onderbreking is zo dat:

$0,1 < \lambda \leq 0,2$ W/(m.K)

- d is de kleinste afstand tussen de door de onderbreking gescheiden metalen profielen
- b_j is de steegbreedte van onderbreking j
- b_f is de breedte van het profiel
- $\sum_j b_j \leq 0,3.b_f$

Tabel D.2: Warmtedoorgangscoëfficiënten van metalen raamprofielen met thermische onderbreking, U_f in W/(m².K)

d (in mm): kleinste afstand tussen de thermisch onderbroken metalen raamprofielen	U_{fo} W/(m².K) (1)	R_f m².K/W	U_f W/(m².K) (2)
8	3,56	0,11	4,51
10	3,36	0,13	4,19
12	3,18	0,14	3,91
14	3,08	0,15	3,76
16	2,96	0,17	3,59
18	2,85	0,18	3,43
20	2,75	0,19	3,28
22	2,70	0,20	3,21
24	2,60	0,21	3,07
26	2,58	0,22	3,04
28	2,55	0,22	3,00
30	2,53	0,23	2,97
32	2,52	0,23	2,96
34	2,51	0,23	2,95
36	2,50	0,23	2,93

(1) U_{fo} is de theoretische U_f-waarde van het raamprofiel indien de geprojecteerde en ontwikkelde profieloppervlaktes zowel aan de binnen- als de buitenzijde gelijk zijn, d.w.z. indien $A_{f,i}/A_{d,i} = 1$ en $A_{f,e}/A_{d,e} = 1$

(2) Als waarde bij ontstentenis voor de kleinste afstand d tussen de thermisch onderbroken profielen mag d = 10 mm genomen worden. De Uf-waarden zijn enkel geldig indien de verhouding $A_{f,i}/A_{d,i} \geq 0,50$, zoniet dient een nauwkeurige berekening volgens NBN EN ISO 10077-2 uitgevoerd te worden

D.2.3 Metalen raamprofielen zonder thermische onderbreking

Voor raamprofielen zonder thermische onderbreking geldt algemeen $R_f = 0$ m².K/W en $U_{f0} = 5,90$ W/(m².K).

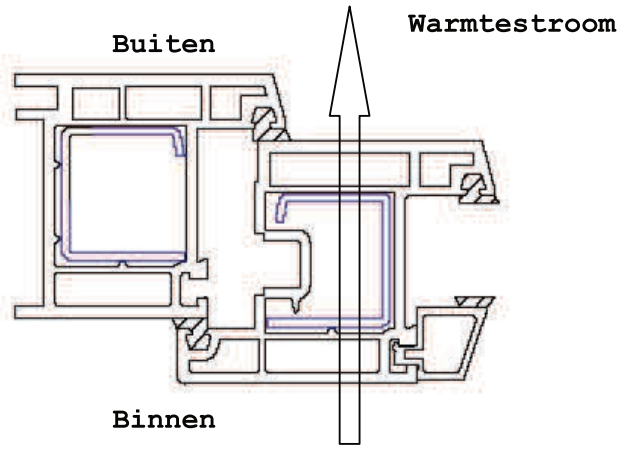
Naargelang van de oppervlakteverhoudingen $A_{f,i}/A_{d,i}$ en $A_{f,e}/A_{d,e}$ varieert de corresponderende U_f-waarde van metalen raamprofielen zonder thermische onderbreking, berekend volgens Eq. 55, tussen:

- $U_f = 5,9$ W/(m².K) (voor $A_{f,i}/A_{d,i} = 1$ en $A_{f,e}/A_{d,e} = 1$);
- $U_f = 9,0$ W/(m².K) (voor de forfaitaire onderwaarden: $A_{f,i}/A_{d,i} = 0,60$ en $A_{f,e}/A_{d,e}.= 0,82$).

D.3 Kunststof raamprofielen

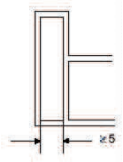
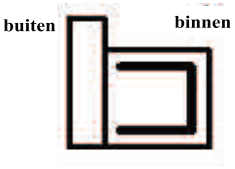
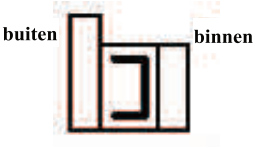
In Figuur [36] wordt een voorbeeld van een kunststofraamprofiel getoond, waarbij drie kamers in serie met de warmtestroom zijn geplaatst en waarvan de middelste kamer voorzien is van een metalen versteviging.

Figuur [36]: Kunststofraamprofiel met versterking en met 3 kamers in serie in de richting van de warmtestroom



Tabel D.3 geeft benaderende U_f-waarden voor kunststof raamprofielen met metalen verstevigingen. Indien geen andere gegevens gekend zijn, dan kunnen de waarden eveneens gebruikt worden voor raamprofielen zonder verstevigingen.

Tabel D.3: Warmtedoorgangscoëfficiënten van kunststof raamprofielen, U_f in W/(m².K)

Materiaalsoort en type van het raamprofiel		U_f W/(m².K) (1)
PVC-raamprofiel minimum 5 mm tussen de wanden van elk van de kamers (2), bv: 	2 kamers (in serie met de warmtestroom) met of zonder versterking 	2,20
	3 kamers (in serie met de warmtestroom) met of zonder versterking 	2,00
	4 kamers (in serie met de warmtestroom) met of zonder versterking	1,80
	5 kamers (in serie met de warmtestroom) met of zonder versterking	1,60
PUR-raamprofiel	met metalen kern en minimum dikte van 5 mm PUR	2,80

(1) Waarden bij ontstentenis voor kunststofraamprofielen:

- materiaalsoort niet gekend: neem U_f-waarde voor PUR-raamprofiel
- aantal kamers niet gekend: neem U_f-waarde voor 2 kamers

(2) Voor afstanden kleiner dan 5 mm dient de Uf-waarde bepaald te worden volgens berekening (NBN EN ISO 10077-2) of meting (NBN EN 12412-2)

Bijlage E Lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt (Ψ-waarden) van de onderlinge aansluiting tussen raamprofielen, beglazingen, vulpanelen en raamstijlen.

E.1 Algemeen

De U_g-waarde van beglazing en de U_p-waarde van vulpanelen zijn van toepassing voor het centraal gedeelte van de beglazing of het vulpaneel en omvat niet het effect van de afstandshouders aan de glas- of paneelranden. Anderzijds wordt de U_f-waarde van het raamprofiel bepaald voor profielen die niet van een beglazing voorzien zijn.

De lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt (Ψ-waarde) beschrijft de bijkomende warmtetransmissie die optreedt tussen raamprofiel, beglazing (of paneel) en afstandshouder. De Ψ-waarde wordt voornamelijk beïnvloed door de warmtegeleidbaarheid van het materiaal waaruit de afstandshouder bestaat, evenals door het raamontwerp.

In deze bijlage worden waarden bij ontstentenis gegeven voor de Ψ-waarde voor typische combinaties van raamprofiel, beglazing (of paneel) en afstandshouders. Bijkomend worden eveneens de aansluitingen behandeld die voorkomen in lichte gevels, d.w.z. voor combinaties tussen beglazingen (of panelen), profielen en raamstijlen.

Alle waarden die niet gedekt zijn door de verschillende tabellen, moeten met een numerieke berekening bepaald worden in overeenstemming met de richtlijnen uit NBN EN ISO 10077-2.

NOTA Voor enkelvoudige beglazing geldt algemeen dat Ψ = 0.

E.2 Aansluiting raamprofiel en beglazing

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen gewone afstandshouders (uitgevoerd in aluminium of staal) en thermisch verbeterde afstandshouders die beantwoorden aan het hierna volgende criterium inzake thermische onderbreking:

Eq. 56 $$\sum (d.\lambda)_f \leq 0{,}007$$ W/K

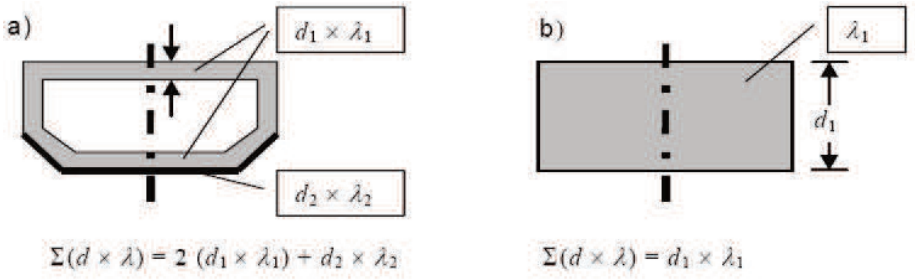
waarin:

d de dikte van de wand van de afstandshouder, in m;

λ de warmtegeleidbaarheid van het materiaal van de afstandshouder, in W/(m.K), (zie Tabel A.16)

De sommatie is geldig voor alle warmtestromen die parallel met de hoofdwarmtestroom vloeit, waarbij de dikte d loodrecht op de hoofdwarmtestroom gemeten wordt (zie Figuur [37]).

Figuur [37]: Voorbeelden van de bepaling van het criterium van thermisch verbeterde afstandshouder



a) holle afstandshouder **b) volle afstandshouder**

In Tabel E 1 worden Ψ_g-waarden bij ontstentenis gegeven voor de aansluiting tussen profielen en beglazingen die voorzien zijn van gewone en thermisch verbeterde afstandshouders. Alternatief mogen ook de waarden volgens § Tabel E 2 gehanteerd worden.

Tabel E 1: Ψ_g-waarden W/(m.K) voor aansluitingen tussen profielen en beglazingen die voorzien zijn van gewone en thermisch verbeterde afstandshouders, variant 1

Profiel	Meervoudige beglazing			
	Beglazing zonder coating		Beglazing met coating	
	Gewone afstands-houder	Isolerende afstands-houder	Gewone afstands-houder	Isolerende afstands-houder
Hout of PVC	0,06	0,05	0,08	0,06
Metaal met thermische onderbreking	0,08	0,06	0,11	0,08
Metaal zonder thermische onderbreking	0,02	0,01	0,05	0,04

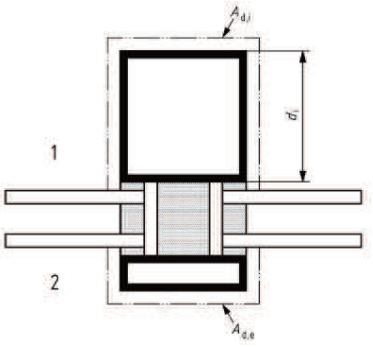
Tabel E 2: Ψ_g-waarden W/(m.K) voor aansluitingen tussen profielen en beglazingen die voorzien zijn van gewone en thermisch verbeterde afstandshouders, variant 2

Raamprofiel	Enkele beglazing	Meervoudige beglazing			
		U_g > 2,0 W/(m².K)		U_g ≤ 2,0 W/(m².K)	
		Gewone afstands-houder	Isolerende afstands-houder	Gewone afstands-houder	Isolerende afstands-houder
$U_f \geq 5,9$ W/(m².K)	0	0,02	0,01	0,05	0,04
$U_f < 5,9$ W/(m².K)	0	0,06	0,05	0,11	0,07

E.3 Aansluiting raamstijl en beglazing

In Tabel E 3 worden $\Psi_{m,g}$- of $\Psi_{t,g}$-waarden bij ontstentenis gegeven voor de aansluiting tussen horizontale of verticale raamstijlen en beglazingen die voorzien zijn van gewone en thermisch verbeterde afstandshouders.

Figuur [38]: Interne diepte van raamstijlen



1: binnenomgeving
2: buitenomgeving

d_i: diepte van de horizontale of verticale raamstijl (aan de binnenzijde gemeten)

Tabel E 3: $\Psi_{m(t),g}$-waarden W/(m.K) voor aansluitingen tussen raamstijlen en beglazingen die voorzien zijn van gewone en thermisch verbeterde afstandshouders

Type raamstijl (materialen)	d_i (mm) (1)	Meervoudige beglazing			
		Beglazing zonder coating		Beglazing zonder coating	
		Gewone afstands-houder	Gewone afstands-houder	Gewone afstands-houder	Gewone afstands-houder
Aluminium-hout	-	0,08	0,06	0,11	0,08
Metaal met thermische onderbreking	$d_i \leq 100$	0,13	0,09	0,17	0,11
	$100 < d_i \leq 200$	0,15	0,10	0,19	0,12
(1) d_i is de interne diepte van een raamstijl (zie *Figuur [38]*)					

E.4 Aansluiting profiel en vulpaneel

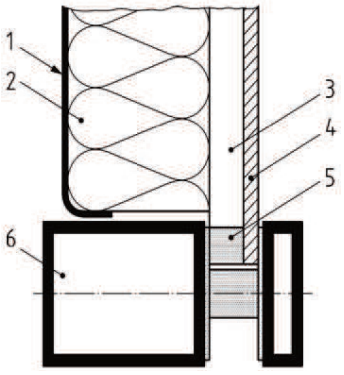
In § Tabel E 4 worden waarden bij ontstentenis gegeven voor de aansluiting tussen profiel, afstandshouder en vulpaneel ($\Psi_{f,p}$).

Tabel E 4: $\Psi_{f,p}$-waarden voor aansluiting tussen profielen en vulpanelen

Type d'élément plein		Warmtegeleidbaarheid van de afstandshouder W/(m.K)	$\Psi_{f,p}$-waarde W/(m.K)
Type 1 (zie Figuur [39])	(aluminium/aluminium) – (aluminium/glas) – (staal/glas)	-	0,13
Type 2 (zie Figuur [39])	aluminium / aluminium (met bekleding)	0,2 0,4	0,20 0,29
	aluminium / glas (met bekleding)	0,2 0,4	0,18 0,20
	staal / glas (met bekleding)	0,2 0,4	0,14 0,18

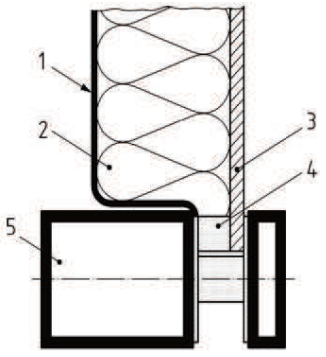
Figuur [39]: Types van panelen: Types 1 en 2

Type 1



1 aluminium 2,5 mm / staal 2,0 mm
2 isolatie: λ = 0,025 – 0,04 W/(m K)
3 luchtspouw: 0 - 20 mm
4 aluminium 2,5 mm / glas 6 mm
5 afstandshouder: λ=0,2 - 0,4 W/(m K)
6 aluminium

Type 2



1 aluminium 2,5 mm / staal 2,0 mm
2 isolatie: λ = 0,025 – 0,04 W/(m K)
3 aluminium: 2,5 mm / glas 6 mm
4 afstandshouder: λ=0,2 – 0,4 W/(m K)
5 aluminium

NOTA Als de voor- en achterplaat van het vulpaneel bestaan uit een materiaal waarvan de warmtegeleidbaarheid (λ-waarde) kleiner is dan 0,5 W/(m.K) en de afstandshouder bestaat uit een materiaal met λ < 0,2 W/(m.K), dan mag $\Psi_{f,p}$ = 0 aangenomen worden.

E.5 Aansluiting profiel en raamstijl

E.5.1 Aluminium en stalen profielen

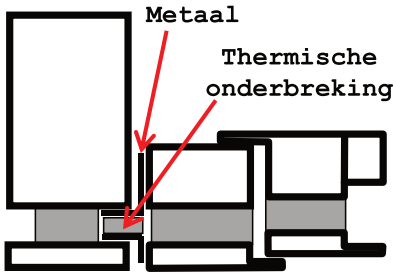
In § Tabel E 5 worden waarden bij ontstentenis gegeven voor de aansluitingen tussen raamstijlen en profielen ($\Psi_{m,f}$ of $\Psi_{t,f}$).

Tabel E 5: $\Psi_{m,f}$- en $\Psi_{t,f}$ waarden voor aansluitingen tussen profielen en raamstijlen (in aluminium of staal)

Type (zie onderstaande figuren)	**Beschrijving van de aansluiting van het profiel op de raamstijl**	**$\Psi_{m,f}$- of $\Psi_{t,f}$ - waarde W/(m.K)**
Type A	Bijkomend metalen profiel met thermische onderbreking	0,11
Type B	Bijkomend profiel met lage warmtegeleidbaarheid ($\lambda \leq 0,3$ W/(m.K))	0,05
Type C1/C2	Geïntegreerd, met gebruik van de thermische onderbreking van het profiel	0,07
Type D	Montage van het profiel tot de raamstijl, met uitbreiding van het buitenste aluminium profiel. Opvulmateriaal met lage warmtegeleid-baarheid ($\lambda \leq 0,3$ W/(m.K))	0,07

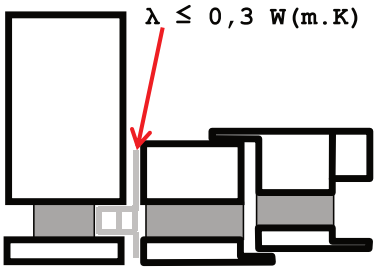
Figuur [40]: Aansluiting profiel – raamstijl: Types A en B

Type A



Montage van het profiel tegen de raamstijl met een bijkomend metalen profiel met thermische onderbreking

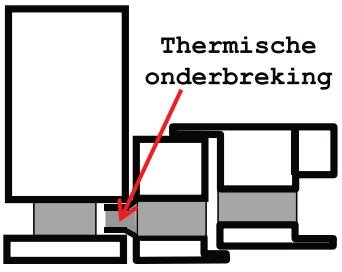
Type B



Montage van het profiel tegen de raamstijl met een bijkomend profiel met lage warmtegeleidbaarheid

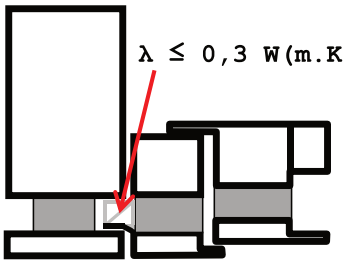
Figuur [41]: Aansluiting profiel – raamstijl: Types C1 en C2

Type C1



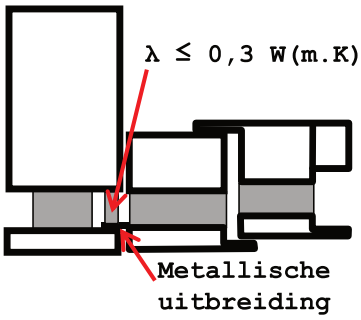
Montage van het profiel tegen de raamstijl gebruik makend van een uitbreiding van de thermische onderbreking van het profiel

Type C2



Montage van het profiel tegen de raamstijl gebruik makend van een uitbreiding van de thermische onderbreking van het profiel

Figuur [42]: Aansluiting profiel – raamstijl: Type D



Montage van het profiel tegen de raamstijl gebruik makend van een uitbreiding van het buitenste aluminium profiel. Opvulmateriaal met lage warmtegeleidbaarheid (λ ≤ 0,3 W/(m.K))

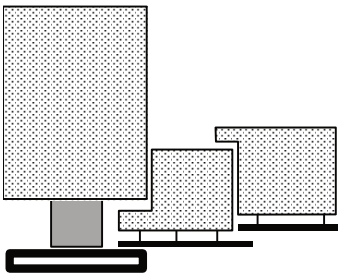
E.5.2 Hout en aluminium/hout profielen

In § Tabel E 6 worden waarden bij ontstentenis gegeven voor de aansluitingen tussen profielen en raamstijlen($\Psi_{f,m}$ of $\Psi_{f,t}$).

Tabel E 6: $\Psi_{m,f}$- en $\Psi_{t,f}$ waarden voor aansluitingen tussen profielen en raamstijlen (in hout of aluminium/hout)

Type	Voorwaarden voor de U-waarden van de horizontale en verticale raamstijlen (U_m en U_t)	$\Psi_{m,f}$- of $\Psi_{t,f}$ - waarde W/(m.K)
Type A	U_m > 2,0 W/(m².K) en U_t > 2,0 W/(m².K)	0,02
Type B	U_m ≤ 2,0 W/(m².K) en/of U_t ≤ 2,0 W/(m².K)	0,04

Figuur [43]: Aansluiting profiel – raamstijl: Type A en Type B



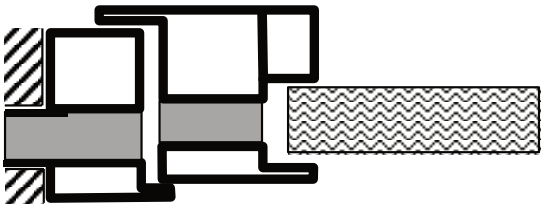
E.6 Berekening van U_f voor profielen geïntegreerd in een lichte gevel

De berekening van de U_f-waarde van profielen die geïntegreerd zijn in een lichte gevel door middel van een bijkomend profiel in de gevel (Type A en Type B – zie Figuur [40]), wordt berekend volgens NBN EN ISO 10077-2. De warmtestroom door het bijkomend profiel wordt ingerekend bij de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënten van de raamstijlen ($\Psi_{m,f}$- en $\Psi_{t,f}$ waarden), die de thermische interactie beschrijven tussen de raamstijlen en het profiel.

Figuur [44]: Randvoorwaarden voor de berekening van U_f van een profiel, dat rechtstreeks geïntegreerd is in een lichte gevel (metalen profielen – Type C en Type D)



Adiabatisch



De algemene rekenprocedure voor de bepaling van de U_f –waarde van profielen, die rechtstreeks zijn geïntegreerd in een lichte gevel (Type C en Type D – zie Figuur [41] en Figuur [42]), is beschreven in NBN EN ISO 10077-2. De oppervlakte van het profiel dat in de raamstijlen is ingebouwd, wordt als adiabatisch beschouwd in de berekening (zie Figuur [44]). De bijkomende warmtestroom, ten gevolge van de inbouw in de lichte gevel, wordt ingerekend bij de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënten van de raamstijlen ($\Psi_{m,f}$- en $\Psi_{t,f}$ waarden), die de thermische interactie beschrijven tussen de raamstijlen en het profiel.

Bijlage F Warmtetransmissie via de grond.

F.1 Specifieke nodige invoergegevens

F.1.1 Thermische karakteristieken van de grond

In het kader van de energieprestatieregelgeving wordt steeds met volgende vastgelegde hypothesen gerekend:

- warmtegeleidbaarheid van de bodem: $\lambda = 2,0$ W/m·K
- het effect van grondwater wordt verwaarloosd, d.w.z. $G_w = 1$.

F.1.2 Karakteristieke vloerafmeting en equivalente dikte

De karakteristieke vloerafmeting (B' in m) wordt gedefinieerd als de verhouding van de totale vloeroppervlakte in contact met de grond (A in m²) tot de halve perimeter (P in m):

Eq. 57 $$B' = \frac{A}{0,5.P}$$ m

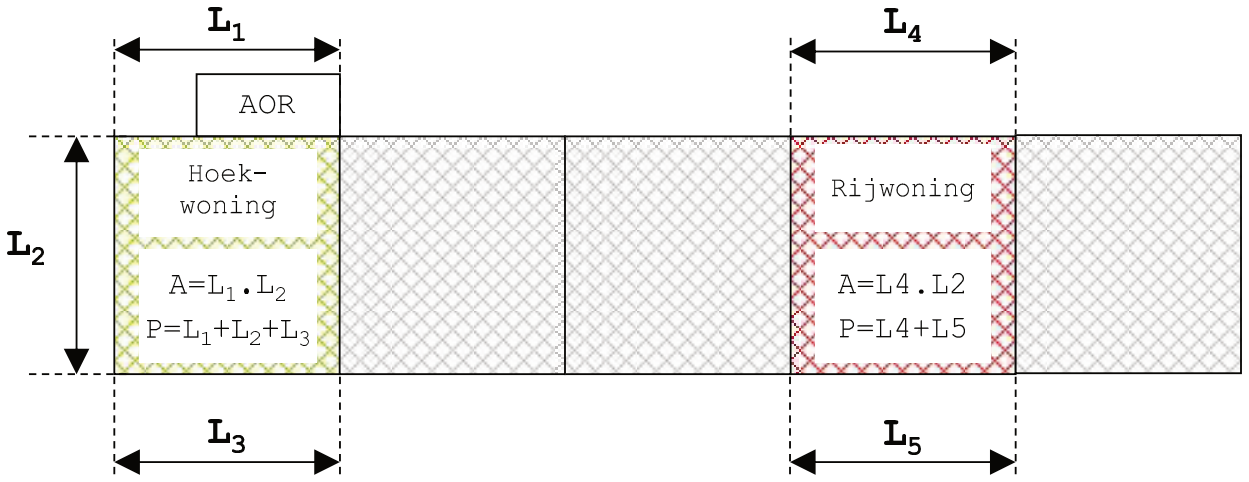
De perimeter P (of grondomtrek) van de onderste vloer van een beschermd volume is de totale horizontaal gemeten lengte waarlangs de grondoppervlakte A voor deze vloer grenst aan de buitenomgeving of aan een AOR.

Verdere regels m.b.t. de bepaling van P en/of A zijn:

- voor een vrijstaand gebouw op volle grond is P gelijk aan de volledige gebouwomtrek en is A gelijk aan de totale vloeroppervlakte op de volle grond;
- voor een deel van een geheel van gebouwen (bv. een rijwoning), wordt P berekend als de totale lengte van de aan de buitenomgeving blootgestelde voor- en achtergevel (zijgevels grenzend aan naburige verwarmde gebouwen zijn dus niet meegeteld); A is opnieuw gelijk aan de volledige vloeroppervlakte op volle grond;
- bij de bepaling van P wordt een eventuele aanwezige AOR als niet bestaande beschouwd; de lengte van de grenslijn tussen het beschermd volume en de AOR wordt dus meegerekend bij de bepaling van P (zie Figuur [45]);
- bij de bepaling van P en A worden buitenafmetingen aangenomen.

NOTA Hoogten van een verticale vloerpeilverspringing in een onderste vloer worden niet in P meegerekend om de kenmerkende vloerafmeting te bepalen, maar zijn wel bijkomend bij P te beschouwen ter bepaling van randgebonden transmissie-warmteoverdracht van de vorm $P.\Psi_g$.

Figuur [45]: voorbeelden van de bepaling van de vloeroppervlakte en de blootgestelde perimeter



Het concept van de "equivalente dikte" (d_t voor vloeren en d_g en d_w voor ingegraven muren) is een louter rekenkundig concept dat ingevoerd is om de diverse formules voor de U-waarde eenvoudiger te kunnen noteren.

Indien de dikte van de muren varieert, dient voor w de kleinste waarde genomen te worden.

F.2 Berekening van de U-waarde en de stationaire warmteoverdracht H_g

F.2.1 Algemeen

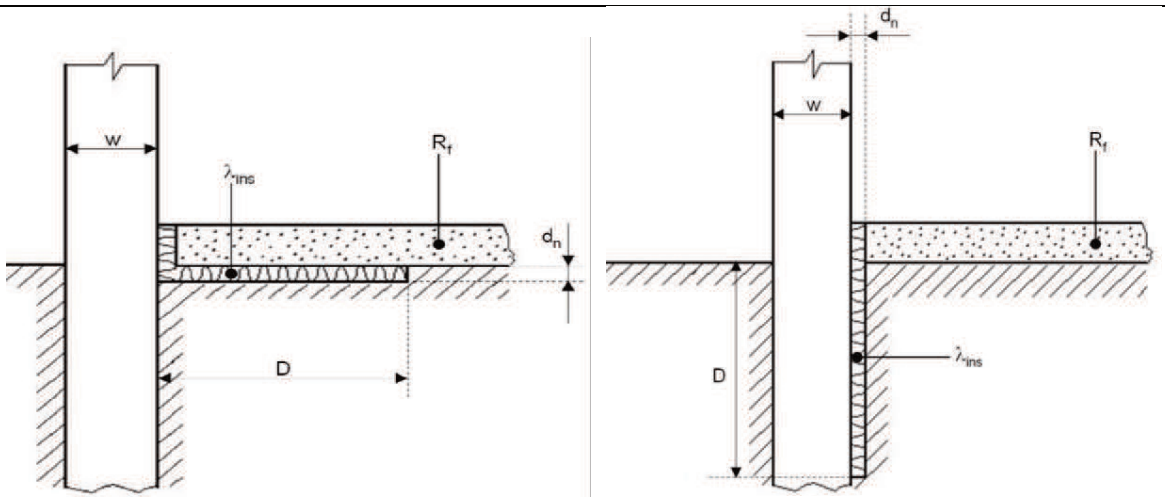
In de hierna volgende paragrafen wordt de gedetailleerde berekening van de U-waarde van de wanden in contact met de grond en van de stationaire warmteoverdrachtscoëfficiënt H_g gegeven voor de verschillende voorkomende wandtypes in contact met de grond, namelijk:

- vloeren op volle grond (zie § F.2.2)
- vloeren boven kruipruimten (zie § F.2.3)
- kelderwanden (zie § F.2.4)

F.2.2 Vloeren op volle grond

Vloeren op volle grond bestaan uit een vloerplaat die over zijn volledige oppervlakte in contact is met de grond (ongeacht of de vloerplaat over zijn volledige oppervlakte ondersteund wordt door de grond), en die zich bevindt op dezelfde hoogte als of dichtbij het niveau van het maaiveld. De vloerplaat kan ongeïsoleerd zijn, gelijkmatig geïsoleerd zijn over de gehele oppervlakte of gedeeltelijk geïsoleerd zijn (bijvoorbeeld horizontale of verticale randisolatie).

Figuur [46]: Vloeren op volle grond



Nodige invoergegevens:

- grond (volgens F.1.1):
  - λ_g: zijn λ-waarde, in W/(m.K),
  - G_w: zijn grondwaterfactor, (-);
- buitenmuur:
  - w: zijn totale dikte, in m;
- vloer:
  - P: zijn perimeter, in m,
  - A: zijn oppervlakte, in m²,
  - Rf: zijn totale warmteweerstand (van binnen oppervlak tot scheidingsvlak met de grond), in m².K/W
- randisolatie:
  - D: zijn breedte of diepte, in m,
  - d_n: zijn dikte, in m,
  - λ_{ins}-: zijn waarde λ, in W/(m.K).

De rekenprocedure (U-waarde en stationaire warmteoverdracht) verloopt volgens de volgende procedure:

Voorbereidende stappen:

- Bereken de karakteristieke afmeting van de vloer B', in m, volgens Eq. 57.
- Bereken de thermische weerstand van de randisolatie, R_n, volgens:

Eq. 58 $R_n = d_n/\lambda_{ins}$ m².K/W

Stap 1

Bereken d_t,volgens:

Eq. 59 $d_t = w + \lambda_g (R_{si} + R_f + R_{se})$ m

Stap 2

Bereken U_O volgens:

Eq. 60 als dt < B': $U_0 = \frac{2.\lambda}{\pi.B'+d_t} \ln\left(\frac{\pi.B'}{d_t} + 1\right)$

als dt ≥ B' (goed geïsoleerde vloer): $U_0 = \frac{\lambda}{0,457.B'+d_t}$ W/(m².K)

Stap 3

Bereken de U waarde van de vloer op volle grond volgens:

Eq. 61 Indien geen randisolatie: $U = U_O$

Indien wel randisolatie: $U = U_O + 2\ \Psi_e/B'$, met:

waarin:

Eq. 62 voor horizontale randisolatie:

$$\Psi_e = -\frac{\lambda_g}{\pi}\left[\ln\left(\frac{D}{d_t} + 1\right) - \ln\left(\frac{D}{d_t + d'} + 1\right)\right]$$

Eq. 63 voor verticale randisolatie:

$$\Psi_e = -\frac{\lambda_g}{\pi}\left[\ln\left(\frac{2.D}{d_t} + 1\right) - \ln\left(\frac{2.D}{d_t + d'} + 1\right)\right] \quad \text{W/(m.K)}$$

waarin:

Eq. 64 $d' = R_n\ .\lambda_g - d_n$ m

Indien horizontale en verticale randisolatie gecombineerd zijn, weerhoud de Ψ_e-waarde met de grootste invloed (reductie) op U.

Stap 4

De stationaire warmteoverdracht wordt als volgt berekend:

Eq. 65 $H_g = G_w\ .\ (A.U + P.\Psi)$ W/K

Waarin:

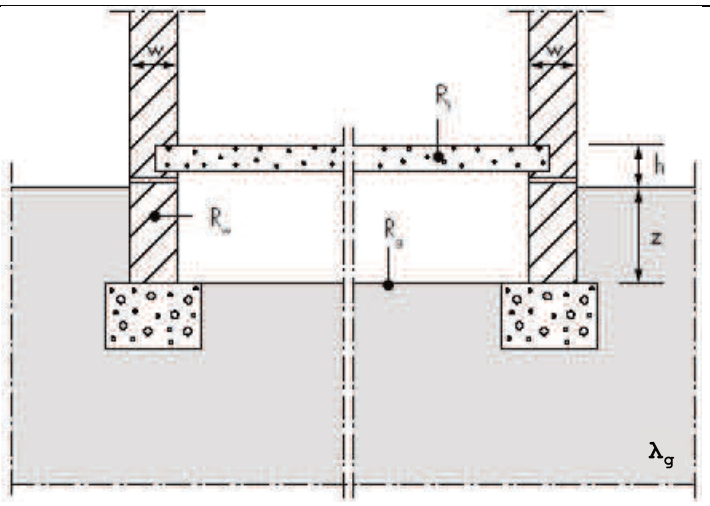
Ψ is de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van de aansluiting vloer-buitenmuur-fundering. Indien in deze Ψ-waarde ook het effect van de randisolatie meegenomen is, dan dient geen Ψ_e-waarde berekend te worden ($U = U_o$).

Voor de evaluatie van de U_{max}-eis volgens bijlage C.1 bij dit besluit wordt de waarde van U beschouwd.

F.2.3 Vloeren boven kruipruimten

Een vloer boven een kruipruimte heeft geen rechtstreeks contact met de grond, maar de warmtestroom vloeit via de kruipruimte rechtstreeks en via de grond naar de buitenomgeving. Een extra overdracht treedt op indien de onderliggende ruimte geventileerd is met buitenlucht. De rekenprocedure is hierna gegeven.

Figuur [47]: Vloer boven kruipruimten



Nodige invoergegevens:

- Grond: (zie § F.1.1):
  - λ_g: zijn λ-waarde, in W/(m.K),
  - G_w: zijn grondwaterfactor, (-);
- muur kruipruimte:
  - w: zijn dikte ter hoogte van het maaiveld w, in m,
  - Rw: zijn warmte-weerstand, in m².K/W,
  - z: zijn gemiddelde diepte in grond, in m;
- vloer boven kruipruimte:
  - P: zijn perimeter, in m,
  - A: zijn oppervlakte, in m²,
  - R_f: warmteweerstand, in m².K/W,
  - h: gemiddelde hoogte boven maaiveld, in m;
- vloer kruipruimte:
  - R_g: zijn warmteweerstand, in m².K/W;
- ventilatie kruipruimte:
  - ε: de oppervlakte van de ventilatieopeningen gedeeld door de perimeter, in m²/m,
  - v: de windsnelheid, in m/s,
  - fw: de windbeschuttingsfactor , (-).

De berekeningsprocedure wordt hieronder weergegeven.

Voorbereidende stap:

Bereken de karakteristieke afmeting van de vloer B', in m, volgens Eq. 57.

Stap 1

Bereken de U_f waarde van de vloer boven kruipruimte, volgens:

Eq. 66 $$U_f = \frac{1}{R_{si} + R_f + R_{si}} \text{ met } R_{si} = 0,17 \text{ m}^2.\text{K/W}$$ W/(m².K)

Stap 2

Bereken de U_w waarde van het muurdeel boven het maaiveld, volgens:

Eq. 67 $$U_w = \frac{1}{R_{si} + R_w + R_{se}} \text{ met } R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K/W}$$ W/(m².K)

Stap 3

Bereken de equivalente dikte van de vloer van de kruipruimte, d_g, volgens:

Eq. 68 $$d_g = w + \lambda_g \, (R_{si} + R_g + R_{se})$$ m

Stap 4

Bereken, de equivalente dikte van de muur, d_w, volgens:

Eq. 69 $$d_w = \lambda_g \, (R_{si} + R_w + R_{se})$$ m

Stap 5

Bereken de U_g waarde van de vloer van de kruipruimte,U_g, volgens:

Eq. 70 met $z \leq 0,5$ m: $$U_g = G_w . \frac{2.\lambda_g}{\pi.B' + d_g} \ln\left(\frac{\pi.B'}{d_g} + 1\right)$$

met $z > 0,5$ m: $$U_g = G_w \cdot \left(U_{bf} + Z.P. \frac{U_{bw}}{A}\right)$$ W/(m².K)

waarin:

Eq. 71 $$U_{bf} = \frac{2.\lambda_g}{\pi.B' + d_g + 0,5.z} \ln\left(\frac{\pi.B'}{d_g + 0,5.z} + 1\right)$$ W/(m².K)

Eq. 72 $$U_{bw} = \frac{2.\lambda_g}{\pi.z}\left(1 + \frac{0,5.d_g}{d_g + z}\right)\ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$$ W/(m².K)

Stap 6

Bereken de U_X waarde volgens:

Eq. 73 Voor een geventileerde kruipruimte: $2.h.U_W/B' + 1450.\varepsilon.v.f_W/B'$

Voor een niet geventileerde kruipruimte: $2.h.U_W/B'$ W/(m².K)

Neem in het kader van de energieprestatieregelgeving de vaste waarden:

- $f_w = 0,05$
- v = 4 m/s (gemiddelde windsnelheid

Stap 7

Bereken de U waarde van de vloer van de kruipruimte volgens:

Eq. 74 $$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x}$$ W/(m².K)

Stap 8

Bereken de stationaire warmteoverdracht volgens:

Eq. 75 $H_g = (A.U + P.\Psi)$ W/K

waarin:

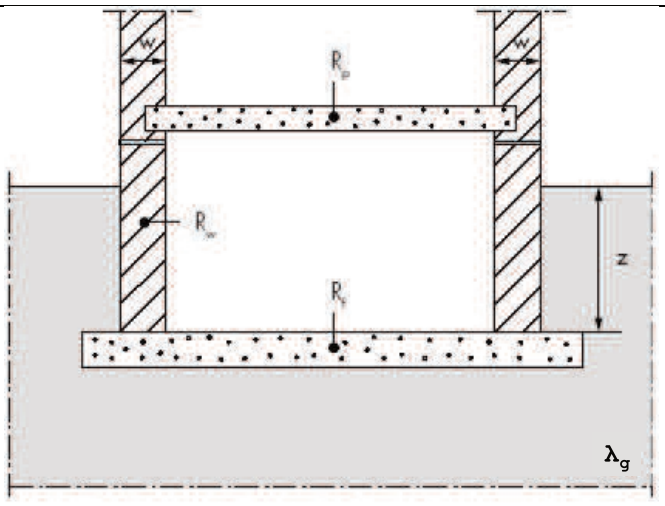
Ψ de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt is van de aansluiting van de vloer (boven de kruipruimte) op de buitenmuur

Voor de evaluatie van de U_{max}-eis volgens bijlage C.1 bij dit besluit wordt voor de keldervloer de waarde van U beschouwd.

F.2.4 Schildelen van een kelder

Kelders zijn ruimten die geheel of gedeeltelijk onder het maaiveld liggen. De keldervloer ligt op een gemiddelde diepte z onder het maaiveld en de keldervloer en de keldermuren kunnen verschillende isolatiegraden hebben. De rekenprocedure beschrijft de gemeenschappelijke warmteoverdracht H_g dat zowel door de keldervloer als door de keldermuren naar de buitenomgeving vloeit, aangezien de beide warmtestromen onderling van elkaar afhangen.

Figuur [48]: Schildelen van een kelder



Nodige invoergegevens:

- grond:
  - λ_g: zijn λ waarde, in W/(m.K);
- vloer boven kelder:
  - R_p: zijn warmteweerstand, in m².K/W,
  - h: zijn gemiddelde hoogte boven maaiveld, in m;
- keldermuur:
  - w: zijn dikte ter hoogte van het maaiveld w, in m,
  - R_w: zijn warmteweerstand, in m².K/W,
  - z: zijn gemiddelde diepte in grond, in m;
- keldervloer:
  - P: zijn perimeter, in m,
  - A: zijn oppervlakte, in m²,
  - R_f: zijn warmteweerstand, in m².K/W;
- ventilatie kelder:
  - n: zijn ventilatievoud, in h^{-1},
  - V: zijn volume, in m³.

De berekeningsprocedure wordt hieronder weergegeven.

Voorbereidende stap:

Bereken de karakteristieke afmeting van de vloer B', in m, volgens Eq. 57.

Stap 1

Bereken voor de keldervloer, d_t, volgens:

Eq. 76 $d_t = w + \lambda_g \ (R_{si} + R_f + R_{se})$ m

Stap 2

Bereken de U_{bf} waarde voor de keldervloer volgens:

Eq. 77 als $(d_t + 0,5.z) < B'$: $U_{bf} = \frac{2.\lambda_g}{\pi.B'+d_t + 0,5.z} \ln\left(\frac{\pi.B'}{d_t + 0,5.z} + 1\right)$

als $(d_t + 0,5.z) \geq B'$ (goed geïsoleerde vloer):

$$U_{bf} = \frac{\lambda_g}{0,457.B'+d_t + 0,5.z}$$ W/(m².K

Stap 3

Bereken voor de keldermuur, d_w, volgens:

Eq. 78 $d_w = \lambda_g \ (R_{si} + R_w + R_{se})$ m

Stap 4

Bereken voor de keldermuur vervolgens, U_{bw},volgens:

Eq. 79 als $d_w \geq d_t$: $U_{bw} = \frac{2.\lambda_g}{\pi.z}\left(1 + \frac{0,5.d_t}{d_t + z}\right)\ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$

als $d_w < d_t$: $U_{bw} = \frac{2.\lambda_g}{\pi.z}\left(1 + \frac{0,5.d_w}{d_w + z}\right)\ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$ W/(m².K)

Stap 5

In geval van een verwarmde kelder:

- bereken de U' waarde volgens:

Eq. 80 $U' = \frac{A.U_{bf} + z.P.U_{bw}}{A + z.P}$ W/(m².K)

- bereken de transmissie warmteoverdracht volgens:

Eq. 81 $H_g = A.U_{bf} + z.P.U_{bw} + P.\Psi$ W/K

Waarin:

Ψ de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt is van de aansluiting van de keldervloer op de keldermuur

(Stap 6)

In geval van een kelder buiten het beschermd volume:

- bereken U_f waarde van de vloer boven de kelder volgens:

Eq. 82 $U_f = \frac{1}{R_{si} + R_p + R_{si}}$ met R_{si} = 0,17 m².K/W W/(m².K)

- bereken U_w-waarde muurdeel boven maaiveld volgens:

Eq. 83 $U_w = \frac{1}{R_{si} + R_w + R_{se}}$ met R_{si} = 0,13 m².K/W W/(m².K)

- bereken de U waarde volgens:

Eq. 84 $\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{A}{A.U_{bf} + z.P.U_{bw} + h.P.U_w + 0,33.n.V}$ W/(m².K)

Neem in het kader van de energieprestatieregelgeving voor het ventilatievoud n de vaste waarde van 0.3 h^{-1}.

- Bereken de transmissie warmteoverdracht:

Eq. 85 $H_g = A \cdot U + P.\Psi$ W/K

waarin

Ψ de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt is van de aansluiting van de keldervloer op de keldermuur

Voor de evaluatie van de U_{max}-eis volgens bijlage C.1 bij dit besluit wordt voor de keldervloer de waarde van U_{bf} beschouwd.

Bijlage G Conventies voor de berekening van de U-waarde

G.1 Inleiding

In deze bijlage worden conventies gegeven die toegepast kunnen worden voor de berekening van de λ-, R- of U-waarde van specifieke wandelementen, zoals metselwerk, geperforeerde bouwstenen en wanden met houtstructuren. Alle conventies houden rekening met de courant voorkomende gevallen die in de Belgische bouwpraktijk aangetroffen worden.

G.2 Numerieke en vereenvoudigde rekenmethodes

De berekening van de U-waarde is zeer eenvoudig uit te voeren in het geval van bouwelementen die opgebouwd zijn uit vlakke, parallelle en homogene bouwlagen. In deze gevallen staat de warmtestroom doorheen het bouwelement van de binnen- naar de buitenomgeving loodrecht op de bouwlagen (zonder enige afwijking) en wordt de U-waarde bekomen door de som te maken van alle warmteweerstanden van de bouwlagen.

In werkelijkheid vertonen bouwelementen evenwel meestal onregelmatigheden of bevatten zij niet-homogene bouwlagen, waardoor de warmtestroom afbuigt en derhalve een effect heeft op de totale warmteweerstand van het bouwelement.

Het effect op de U-waarde kan nauwkeurig berekend worden op basis van een numerieke berekening ofwel vereenvoudigd berekend worden op basis van de formules die in onderhavige tekst opgegeven zijn.

Numerieke berekeningen zijn gedetailleerde computerberekeningen die de twee- of driedimensionale warmtestroom doorheen niet-homogene bouwelementen kunnen bepalen en hieruit een nauwkeurige U-waarde kunnen afleiden. De software die hierbij gebruikt wordt, dient gevalideerd te zijn volgens de richtlijnen uit diverse EN-normen (NBN EN ISO 10211 voor 2D en 3D-berekeningen, NBN EN ISO 10077-2 voor raamprofielen, NBN EN ISO 13370 voor grondverliezen)

De numerieke berekeningen worden toegepast voor de bepaling van de U-waarde van bouwelementen die mogelijks belangrijke extra warmteverliezen vertonen (bv. componenten die een isolatielaag onderbreken, wanden voorzien van metalen constructiedelen), complexe constructies of prefab elementen (bv. raamprofielen, modules van lichte gevels), hoeksituaties of aansluitingen waar een duidelijke driedimensionale warmtestroom optreedt, enz.

Numerieke berekeningen geven de meest nauwkeurige resultaten en zijn steeds toepasbaar als een toelaatbaar alternatief. In vele gevallen echter is het niet nodig om numerieke berekeningen uit te voeren en kunnen vereenvoudigde rekenmethodes toegepast worden die via een handberekening (formule) een voldoend nauwkeurige U-waarde opleveren.

De **vereenvoudigde berekeningen** die in onderhavige tekst zijn opgenomen kunnen zonder meer toegepast worden voor zover zij binnen het toepassingsdomein vallen dat omschreven is voor de verschillende gevallen.

G.3 Conventies voor metselwerk en geperforeerde stenen

G.3.1 λ_U-waarde van metselwerk

Een laag die (gemetselde of gelijmde) voegen bevat vormt een specifiek geval van een niet-homogene laag, zie § 6.2. Gebouwelementen die één of meerdere lagen met voegen bevatten kunnen op de algemene manier volgens de methode beschreven in § 6.2 berekend worden.

Een vereenvoudigde werkwijze bestaat erin enkel de onderwaarde van de weerstand R''_T van het gebouwelement te bepalen. De warmtedoorgangscoëfficiënt U wordt dan enkel op basis deze onderwaarde berekend (zie NOTA van § 6.2.3).

In dat geval kan de rekenmethode op volgende alternatieve manier geformuleerd worden. De formules leiden tot hetzelfde resultaat voor R''_T als de formules van § 6.2.

De weerstand van de laag met voegen wordt gegeven door:

Eq. 86 $R = d/\lambda_U$ m².K/W

Waarin:

λ_U een equivalente (homogene) warmtegeleidbaarheid van de laag is. Deze wordt berekend als het oppervlakte gewogen gemiddelde van de warmtegeleidbaarheden van bouwmateriaal en voeg.

Eq. 87 $$\lambda_U = \frac{\lambda_{U,mat}.A_{mat} + \lambda_{U,joint}.A_{joint}}{A_{mat} + A_{joint}}$$ W/(m.K)

waarin:

d de dikte van de laag, in m;

λU,mat warmtegeleidbaarheid van het bouwmateriaal zonder voegen, in W/(m.K);

$\lambda_{U,joint}$ warmtegeleidbaarheid van het voegmateriaal, in W/(m.K);

A_{mat} zichtbare oppervlakte van het bouwmateriaal zonder voegen, in m²;

A_{joint} zichtbare oppervlakte van de voegen, in m².

De formule voor de equivalente warmtegeleidbaarheid (Eq. 87) kan ook geschreven worden als:

Eq. 88 $$\lambda_U = \lambda_{U,mat}.(1 - f_{joint}) + \lambda_{U,joint}.f_{joint}$$ W/(m.K)

waarin

f_{joint} de voegfractie (-).

Voor een repetitieve rechthoekige geometrie waarbij de strekse (bed-) en de kopse voeg even dik zijn (zie Figuur [49]), zoals standaard bij metselwerk, kan de voegfractie als volgt berekend worden:

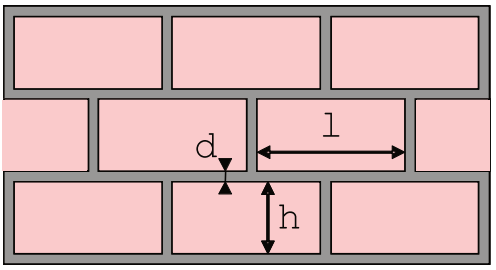
Eq. 89 $$f_{joint} = \frac{A_{joint}}{A_{mat} + A_{joint}} = 1 - \frac{l.h}{(l + d).(h + d)}$$ (-)

waarin (zie Figuur [49]):

l en h engte en hoogte van het rechthoekige bouwmateriaal, in mm;

d dikte van de voeg, in mm (vaak 6 of 12 mm).

Figuur [49]: Parameters voor de bepaling van de mortelfractie van metselwerk



A_{joint} = (l+h+d).d

A_{mat} = l.h

Voor andere geometrische configuraties (bv. geen kopse voeg) dient de fractie op aangepaste manier berekend te worden, en in Eq. 88 ingebracht te worden.

Volgende conventies mogen gehanteerd worden

- indien de voegbreedte nergens meer dan 3mm bedraagt, is het toegelaten de invloed van de voeg niet in te rekenen (ongeacht het voegmateriaal). In dat geval geldt dus: $\lambda_U = \lambda_{U,mat}$
- voor de voegfractie mogen altijd de volgende waarden bij ontstentenis gebruikt worden:
  - indien $\lambda_{U,joint} < \lambda_{U,mat}$: f_{joint} = 0.00 (0%)
  - indien $\lambda_{U,joint} > \lambda_{U,mat}$:
    - voor binnenmetselwerk: f_{joint} = 0.16 (16%)
    - voor buitenmetselwerk: f_{joint} = 0.28 (28%)

Voorbeelden van materialen die courant met voegwerk uitgevoerd worden, zijn:

- natuursteen (tabel A.2)
- metselstenen (tabellen A.3 tot A.8)
- holle blokken (tabel B.1)
- glasbouwstenen (§ 11.1)
- ...

G.3.2 λ_U-waarde van geperforeerde bouwstenen of -blokken

Deze paragraaf verduidelijkt de toepassing van de NOTA 3 van bijlage A.1.

Naargelang de gekende informatie m.b.t. de geperforeerde steen kan de λ_U-waarde op de volgende manieren bepaald worden:

1) Indien de aard van de steen gekend is, evenals de volumemassa van de volle steen (scherfgewicht) en het percentage perforaties, dan wordt de volumemassa van de geperforeerde steen berekend en wordt de hiermee overeenstemmende λ_U-waarde uit de corresponderende tabel gehaald. Een voorbeeld:
   - Gegeven: een gecertificeerde steen van gebakken aarde met 30% perforaties en een volumemassa van de scherf (volle steen) van 1800 kg/m³;
   - Bepaling: aangezien de volle steen een volumemassa heeft van 1800 kg/m³ en de steen 30% perforaties heeft, is de volumemassa van de geperforeerde

steen gelijk aan 1800 kg/m³ x 70% = 1260 kg/m³; de λ_{Ui}-waarde die overeenstemt met deze volumemassa van 1260 kg/m³ is 0,42 W/(m.K) (zie tabel A.3).

2) Indien de aard van de steen gekend is, evenals de afmetingen en de massa van de geperforeerde steen, maar het percentage perforaties niet gekend is, dan kan de λ_U-waarde direct gehaald worden uit de corresponderende tabel. Een voorbeeld:

- Gegeven: een gecertificeerde geperforeerde steen met afmetingen 290 x 140 x 90 mm en een massa van 4,6 kg;
- Bepaling: de volumemassa van de geperforeerde baksteen is gelijk aan de massa gedeeld door het volume, d.w.z 4,6/(0,29x0,14x0,09) = 1260 kg/m³; de λUi-waarde kan rechtstreeks bepaald worden voor deze volumemassa van 1260 kg/m³, d.w.z. 0,42 W/(m.K) (tabel A.3).

G.4 Conventies voor niet-homogene bouwlagen met houtstructuur

Vele wanden bevatten niet homogene bouwlagen waarin een houtstructuur verwerkt is. Typische voorbeelden hiervan zijn balklagen in hellende of platte daken, houten vloeren of plafonds, houtskeletwanden, enz. Meestal bevinden zich tussen deze houtstructuur isolatielagen waarvan het isolerend vermogen verzwakt wordt door de aanwezigheid van houten balken of stijlen die de isolatielagen onderbreken.

Bij de bepaling van de U-waarde van dergelijke wanden dient de warmteweerstand van de bouwlagen met houtstructuur berekend te worden in functie van de houtfractie in deze lagen.

Omwille van de zeer grote verscheidenheid van afmetingen van gordingen, balken, kepers, enz… evenals de variabele tussenafstanden na plaatsing van deze elementen, is het weinig zinvol om voor houtfracties bruikbare tabelwaarden op te geven. Indien voldoende gegevens beschikbaar zijn m.b.t. de houtbreedte en de tussenafstanden (hart op hart) van repetitieve houten elementen, dan kan de houtfractie van de bouwlaag waarin de houten elementen geplaatst zijn, berekend worden op de volgende wijze:

Eq. 90
$$\text{Houtfractie} = \frac{\text{Breedte van de houten elementen}}{\text{Gemiddelde tussenafstand (hart op hart)}} \quad (-)$$

Bij de bepaling van de houtfractie dient niet alleen rekening gehouden te worden met de kepers of balken, maar eveneens met de eventueel aanwezige houten dwarsverbindingen die de structuur verstevigen. Voor deze dwarsverbindingen wordt de houtfractie vermeerderd met een additionele term van 1% (+ 0,01).

Er mag steeds gebruik gemaakt worden van waarden bij ontstentenis, die een bovenwaarde zijn van de meest voorkomende waarden (zie Tabel G1).

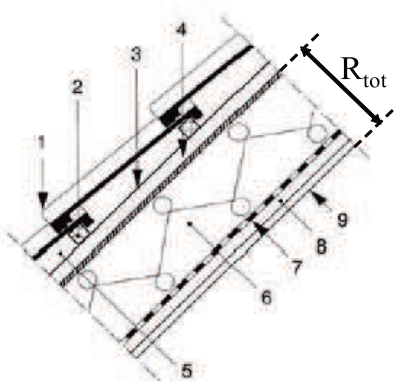
Tabel G 1: Houtfracties (waarden bij ontstentenis) voor bouwlagen met houtstructuur

Houtstructuur	Houtfractie (waarden bij ontstentenis)
Gordingendak (gordingen – primaire draagstructuur)	0,11
Gordingendak (kepers – secundaire draagstructuur)	0,20
Sporen- of spantendak (spanten – secundaire draagstructuur)	0,12
Houten vloeren (balken – secundaire draagstructuur)	0,11
Houtskeletwanden	0,15

G.5 Bijkomende conventies voor de bepaling van de U-waarde

G.5.1 Daken met pannen of leien als dakbedekking

Figuur [50]: Warmteweerstand van een pannen- of leiendak



1: dakbedekking (pannen of leien)
2: panlatten
3: tengellatten
4: onderdak
5: luchtspouw tussen dakbedekking en onderdak
6: isolatie
7: lucht- en dampscherm
8: leidingenspouw
9: binnenafwerking

In het geval van een leiendak of een pannendak (Figuur [50]) wordt aangenomen dat de luchtspouw tussen de dakbedekking en het onderdak een sterk geventileerde luchtlaag is. Dit betekent dat alle bouwlagen tussen deze luchtspouw en de buitenomgeving verwaarloosd worden bij de berekening van de totale warmteweerstand van het dak en dat de warmteovergangsweerstand ter hoogte van het onderdak gelijk genomen wordt aan R_{si} (zie § 5.4.2.4):

Eq. 91 $1/U = R_T = R_{si} + R_{tot} + R_{si}$ m².K/W

met:

R_{tot} som van de warmteweerstanden van alle bouwlagen tussen de binnenomgeving en de sterk verluchte spouw (lagen 4, 6, 7, 8 en 9), in m².K/W.

G.5.2 Verlaagde plafonds

In het kader van de energieprestatieregelgeving wordt er a priori van uitgegaan dat de ruimte boven het verlaagd plafond niet luchtdicht afgesloten is van de onderliggende ruimte. De warmteweerstand van het verlaagd plafond wordt dan ook verwaarloosd. Enkel indien aangetoond kan worden dat het verlaagd plafond luchtdicht afgesloten is (bv. met rondom afgekleefde luchtdichte folies), kunnen de warmteweerstanden van het vals plafond en van de ruimte tussen het vals plafond en de bovenliggende constructie meegerekend te worden bij de bepaling van de U-waarde van het plafond of dak.

G.5.3 Vloeren

De volgende conventies zijn geldig bij de bepaling van de U-waarde van vloeren:

- Voor vloeren op volle grond en muren in contact met de grond wordt geen rekening gehouden met opvullingen die zich onder de vloerplaat of tegen de muur bevinden en waarvan de rekenwaarde van de van toepassing zijnde warmtegeleidbaarheid (binnen- of buitenomstandigheden) groter is dan 0.4 W/(m.K) (bv. gestabiliseerd zand of losgestorte steenslag); deze materialen worden beschouwd als behorend tot de grond.
- De U-waarde houdt geen rekening met de warmteweerstand van afwerkingslagen of vloerbekledingen die niet vast bevestigd zijn of die gemakkelijk te verwijderen zijn, zoals tapijten, karpetten, enz.

Gezien om gevoegd te worden bij het besluit van de Waalse regering van 15 december 2016 houdende wijziging van het besluit van de Waalse Regering van 15 mei 2014 tot uitvoering van het decreet van 28 november 2013 betreffende de energie prestatie van gebouwen.

Namen, 15 december 2016.

De Minister-President,

P. MAGNETTE

De Minister van Lokale Overheden, van de Stad, Huisvesting en Energie,

P. FURLAN

Moniteur belge, chaussée d'Anvers 53, 1000 Bruxelles. – Belgisch Staatsblad, Antwerpsesteenweg 53, 1000 Brussel.
Directeur : Wilfried VERREZEN