

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 IX bij dit besluit. Deze leggen minimale ontwerpdebieten op. Hieronder wordt voor residentiële gedeeltes met 'geëist debiet' het minimale ontwerpdebet in bijlage IX bij dit besluit bedoeld. Telkens er hieronder sprake is van 'geëiste buitenluchttoevoerdebeten' wordt het minimale ontwerpvoevoerdebet van de woonkamer integraal meegeteld (er wordt dus bij conventie verondersteld dat er geen recirculatie wordt toegepast).

De ventilatievoorzieningen van niet-residentiële gedeeltes van een gebouw moeten voldoen aan de eisen volgens bijlage X 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 gedeeltes 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 ventilatiezone uit verschillende energiesectoren bestaan, bv. omdat verschillende delen verschillende warmteafgiftesystemen hebben (bv. een woning met één enkel ventilatiesysteem, maar met radiatoren op de 1^e 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} 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:

$$\text{Eq. 139 } m_{heat,sec\ i} = m_{cool,sec\ i} = m_{overh,sec\ i} = m_{sec\ i} = m_{sec\ i} = m_{zone\ z} \quad (-)$$

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 luchtdichtheid van de natuurlijke afvoerkanalen

Bepaal $m_{zone\ z}$ per ventilatiezone z als:

$$\text{Eq. 140 } m_{zone\ z} = 1,0 + 0,5 \cdot \left(\frac{r_{nat.supply, zone\ z} + r_{nat.exh, zone\ z} + r_{leak,stack, zone\ z}}{r_{nat.supply, zone\ z, def} + r_{nat.exh, zone\ z, def} + r_{leak,stack, zone\ z, def}} \right) \quad (-)$$

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 luchtdichtheid 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 (Pa) | Debiet als functie van het nominaal debiet bij 2 Pa (q_N) | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| | Klasse P0 | Klasse P1 | Klasse P2 | Klasse P3 | Klasse P4 |
| $0 \text{ Pa} \leq P < 2 \text{ Pa}$ | | $\geq 0,8\sqrt{(P/2)}$ en $\leq 1,20q_N$ | $\geq 0,8\sqrt{(P/2)}$ en $\leq 1,20q_N$ | $\geq 0,8\sqrt{(P/2)}$ en $\leq 1,20q_N$ | $\geq 0,8\sqrt{(P/2)}$ en $\leq 1,20q_N$ |
| 2 Pa | q_N | q_N | q_N | q_N | q_N |
| $2 \text{ Pa} < P < 5 \text{ Pa}$ | Voldoet niet aan klasse P1 | $\geq 0,80q_N$ en $\leq 1,8q_N$ | $\geq 0,80q_N$ en $\leq 1,8q_N$ | $\geq 0,80q_N$ en $\leq 1,5q_N$ | $\geq 0,80q_N$ en $\leq 1,2q_N$ |
| 5 Pa - 10 Pa | | $\geq 0,70q_N$ en $\leq 2,3q_N$ | $\geq 0,70q_N$ en $\leq 2,0q_N$ | $\geq 0,70q_N$ en $\leq 1,5q_N$ | $\geq 0,80q_N$ en $\leq 1,2q_N$ |
| 10 Pa - 25 Pa | | $\geq 0,50q_N$ en $\leq 3,0q_N$ | $\geq 0,50q_N$ en $\leq 2,0q_N$ | $\geq 0,50q_N$ en $\leq 1,5q_N$ | $\geq 0,80q_N$ en $\leq 1,2q_N$ |
| 25 Pa - 50 Pa | | $\geq 0,30q_N$ en $\leq 3,0q_N$ | $\geq 0,30q_N$ en $\leq 2,0q_N$ | $\geq 0,30q_N$ en $\leq 1,5q_N$ | $\geq 0,30q_N$ en $\leq 1,5q_N$ |
| 50 Pa - 100 Pa | | $\leq 3,0q_N$ | $\leq 2,0q_N$ | $\leq 2,0q_N$ | $\leq 2,0q_N$ |
| 100 Pa - 200 Pa | | $\leq 4,0q_N$ | $\leq 3,0q_N$ | $\leq 3,0q_N$ | $\leq 3,0q_N$ |

Tabel [19]: Correctiefactor $r_{\text{nat. supply, zone } z}$

| Klasse RTO | $r_{\text{nat. supply, zone } z}$ |
|------------|-----------------------------------|
| P0 | 0,20 |
| P1 | 0,18 |
| P2 | 0,14 |
| P3 | 0,08 |
| P4 | 0,02 |

B.1.1.2 Correctiefactor $r_{\text{nat. exh, zone } z}$

Natuurlijke afvoeropeningen die niet zelfregelend zijn krijgen als waarde:
 $r_{\text{nat. exh, zone } z} = 0,20$

Dit is ook de waarde bij ontstentenis.

Betere waarden kunnen bepaald worden volgens vooraf door de minister bepaalde regels.

B.1.1.3 Correctiefactor $r_{\text{leak, stack, zone } z}$

Bereken $r_{\text{leak, stack, zone } z}$ van ventilatiezone z bij conventie als:

$$\text{Eq. 141 } r_{\text{leak, stack, zone } z} = \frac{\sum_k \dot{V}_{\text{leak, stack, zone } z, k}}{\dot{V}_{\text{req, exh, zone } z}} \quad (-)$$

met:

$\dot{V}_{\text{leak, stack, zone } z, k}$ het conventioneel lekdebiet van natuurlijk afvoerkanaal k in ventilatiezone z , in m^3/h ;

$\dot{V}_{\text{req, exh, zone } z}$ 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 $\dot{V}_{\text{leak, stack, zone } z, k}$ 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, $r_{\text{leak, stack, zone } z} = 0,025$. Dit is de waarde bij ontstentenis.

B.1.2 Mechanische toevoerventilatie

Bij de bepaling van de vermenigvuldigingsfactor $m_{\text{zone } z}$ wordt bij deze systemen met volgende aspecten rekening gehouden:

- m.b.t. de toevoer:

- de eventueel gebrekkige afstelling van de toevoeropeningen
- de luchtdichtheid van de mechanische toevoerkanalen
- m.b.t. de afvoer:
 - de mate van zelfregelendheid van de afvoeropeningen
 - de luchtdichtheid van de natuurlijke afvoerkanalen

Bepaal $m_{\text{zone } z}$ per ventilatiezone z als:

$$\text{Eq. 142 } m_{\text{zone } z} = 1,0 + 0,5 \times \left(\frac{r_{\text{mech. supply, zone } z} + r_{\text{nat. exh, zone } z} + r_{\text{leak, stack, zone } z}}{r_{\text{mech. supply, zone } z, \text{def}} + r_{\text{nat. exh, zone } z, \text{def}} + r_{\text{leak, stack, zone } z, \text{def}}} \right) \quad (-)$$

met:

| | |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $r_{\text{mech. supply, zone } z}$ | een correctiefactor voor de eventueel gebrekkige afstelling van de toevoeropeningen in elk van de ruimten en de luchtdichtheid van de mechanische toevoerkanalen in ventilatiezone z , zoals hieronder bepaald, (-); |
| $r_{\text{nat. exh, zone } z}$ | een correctiefactor voor de mate van zelfregelendheid van de afvoeropeningen in ventilatiezone z , zoals bepaald in B.1.1, (-); |
| $r_{\text{leak, stack, zone } z}$ | een correctiefactor voor de luchtdichtheid van de natuurlijke afvoerkanalen in de ventilatiezone z , zoals bepaald in B.1.1, (-); |
| $r_{\text{mech. supply, zone } z, \text{def}}$ | de waarde bij ontstentenis voor $r_{\text{mech. supply, zone } z}$, zoals hieronder bepaald, (-); |
| $r_{\text{nat. exh, zone } z, \text{def}}$ | de waarde bij ontstentenis voor $r_{\text{nat. exh, zone } z}$, zoals bepaald in B.1.1, (-); |
| $r_{\text{leak, stack, zone } z, \text{def}}$ | de waarde bij ontstentenis voor $r_{\text{leak, stack, zone } z}$, zoals bepaald in B.1.1, (-). |

B.1.2.1 Correctiefactor $r_{\text{mech. supply, zone } z}$

Bereken $r_{\text{mech. supply, zone } z}$ per ventilatiezone z als:

$$\text{Eq. 143 } r_{\text{mech. supply, zone } z} = r_{\text{adj. mech. supply, zone } z} + \frac{\sum \dot{V}_{\text{leak, supply duct, zone } z, l}}{\dot{V}_{\text{req, mech. supply, zone } z}} \quad (-)$$

met:

| | |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $r_{\text{adj, mech. supply, zone } z}$ | een correctiefactor voor de eventueel gebrekkige afstelling van de toevoeropeningen in ventilatiezone z , zoals hieronder bepaald, (-); |
| $\dot{V}_{\text{leak, supply duct, zone } z, l}$ | de lekverliezen van het toevoerkanaalnet l in ventilatiezone z , bij nominale ventilatorstand, in m^3/h , zoals hieronder bepaald; |
| $\dot{V}_{\text{req, mech. supply, zone } z}$ | 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:

$$\text{Eq. 144 } r_{adj, mech. supply, zone z} = \max \left[0 ; \min \left\{ 0,20 ; \frac{\sum_j \dot{V}_{meas, mech. supply, rm j}}{\dot{V}_{req, mech. supply, zone z}} - 1,20 \right\} \right] \quad (-)$$

waarbij de per ruimte gemeten mechanische debieten ($\dot{V}_{meas, mech. supply, rm j}$, in m^3/h) moeten gesommeerd worden over alle toevoerruimten j van ventilatiezone z . $\dot{V}_{req, mech. supply, zone z}$ is het geëiste totaal mechanisch toevoerdebiet in de ventilatiezone z ; dit is de som van de geëiste buitenluchttoevoerdebeten van de individuele ruimten, in m^3/h .

- zoniet:

$$r_{adj, mech. supply, zone z} = 0,20$$

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:

$$\text{Eq. 145 } \sum_k \dot{V}_{leak, supply duct, zone z, k} = 0,18 \cdot \dot{V}_{req, mech. supply, zone z} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

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 luchtdichtheid van de mechanische afvoerkanalen

Bepaal $m_{zone\ z}$ per ventilatiezone z als:

$$\text{Eq. 146 } m_{zone\ z} = 1,0 + 0,5 \times \left(\frac{r_{nat.supply,zone\ z} + r_{mech.extr,zone\ z}}{r_{nat.supply,zone\ z,def} + r_{mech.extr,zone\ z,def}} \right) \quad (-)$$

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 luchtdichtheid 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:

$$\text{Eq. 147 } r_{mech.extr,zone\ z} = r_{adj,mech.extr,zone\ z} + \frac{\sum_m \dot{V}_{leak,extr,duct,zone\ z,m}}{\dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z}} \quad (-)$$

met:

- $r_{adj,mech.extr,zone\ z}$ een correctiefactor voor de eventueel gebrekkige afstelling van de afvoeropeningen in ventilatiezone z , zoals hieronder bepaald, (-);
- $\dot{V}_{leak,extr,duct,zone\ z,m}$ de lekverliezen van het afvoerkanaalnet m bij nominale ventilatorstand in ventilatiezone z , in m^3/h , zoals hieronder bepaald;
- $\dot{V}_{req,mech.extr,zone\ z}$ 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:

$$r_{\text{adj, mech. extr, zone } z} = 0,20$$

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:

$$r_{\text{adj, mech. extr, zone } z} = 0$$

- 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:

$$\text{Eq. 148 } r_{\text{adj, mech. extr, zone } z} = \max \left[0 ; \min \left\{ 0,20 ; \frac{\sum_j \dot{V}_{\text{meas, mech. extr, rm } j}}{\dot{V}_{\text{req, mech. extr, zone } z}} - 1,20 \right\} \right] \quad (-)$$

waarbij de per ruimte gemeten mechanische debieten ($\dot{V}_{\text{meas, mech. extr, rm } j}$, in m^3/h) moeten gesommeerd worden over alle afvoerruimten j van ventilatiezone z. $\dot{V}_{\text{req, mech. extr, zone } z}$ 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:

$$r_{\text{adj, mech. extr, zone } z} = 0,20$$

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:

$$\text{Eq. 149 } \sum_1 \dot{V}_{\text{leak, extr duct, zone } z, l} = 0,18 \cdot \dot{V}_{\text{req, mech. extr, zone } z} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

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 luchtdichtheid van de mechanische toevoerkanalen
- m.b.t. de afvoer:
 - de eventueel gebrekkige afstelling van de afvoeropeningen
 - de luchtdichtheid van de mechanische afvoerkanalen

Bepaal $m_{zone z}$ per ventilatiezone z als:

$$\text{Eq. 150 } m_{zone z} = 1,0 + 0,5 \cdot \frac{r_{all\ mech, zone z}}{r_{all\ mech, zone z, def}} \quad (-)$$

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:

$$\text{Eq. 151 } r_{all\ mech, zone z} = \frac{\max(\dot{V}_{calc, mech. suppl y, zone z} ; \dot{V}_{calc, mech. extr, zone z})}{\max(\dot{V}_{req, mech. suppl y, zone z} ; \dot{V}_{req, mech. extr, zone z})} \quad (-)$$

waarin:

$$\text{Eq. 152 } \dot{V}_{calc, mech. suppl y, zone z} = r_{adj, mech. suppl y, zone z} \cdot \dot{V}_{req, mech. suppl y, zone z} + \sum_1 \dot{V}_{leak, supply duct, zone z, l} \quad (m^3/h)$$

$$\text{Eq. 153 } \dot{V}_{calc, mech. extr, zone z} = r_{adj, mech. extr, zone z} \cdot \dot{V}_{req, mech. extr, zone z} + \sum_m \dot{V}_{leak, extr duct, zone z, m} \quad (m^3/h)$$

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;

| | |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\dot{V}_{\text{req, mech. supply, zone } z}$ | het geëiste totale toevoerdebiet van ventilatiezone z , als som van de geëiste buitenluchttoevoerdebiets van de individuele ruimten, in m^3/h ; |
| $\Gamma_{\text{adj, mech. extr, zone } z}$ | een correctiefactor voor de eventueel gebrekkige afstelling van de afvoeropeningen in ventilatiezone z , zoals bepaald in B.1.3, (-); |
| $\dot{V}_{\text{leak, extr duct, zone } z, m}$ | de lekverliezen van het afvoerkanaalnet m bij nominale ventilatorstand in ventilatiezone z , in m^3/h , zoals bepaald in B.1.3; |
| $\dot{V}_{\text{req, mech. extr, zone } z}$ | 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:

$$\text{Eq. 154 } \Gamma_{\text{preh, heat, sec } i} = \Gamma_{\text{preh, heat, zone } z}$$

$$\text{Eq. 155 } \Gamma_{\text{preh, cool, sec } i} = \Gamma_{\text{preh, cool, zone } z}$$

$$\text{Eq. 156 } \Gamma_{\text{preh, overh, sec } i} = \Gamma_{\text{preh, overh, zone } z}$$

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 optreden¹⁸.

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:

$$\text{Eq. 157} \quad r_{\text{preh,heat,zone } z} = \frac{\sum_p \left\{ \dot{V}_{\text{in},p} - e_{\text{heat,hr},p} \min(\dot{V}_{\text{in},p}; \dot{V}_{\text{out},p}) \right\} + \max \left\{ 0, \sum_p (\dot{V}_{\text{out},p} - \dot{V}_{\text{in},p}) \right\}}{\max \left(\sum_p \dot{V}_{\text{in},p}; \sum_p \dot{V}_{\text{out},p} \right)} \quad (-)$$

met:

$e_{\text{heat,hr},p}$ een dimensieloze factor die de mate van warmteterugwinning op plaats p aangeeft, als volgt bepaald:

- indien de buitenlucht toevoerstromen p niet voorverwarmd wordt, geldt $e_{\text{heat,hr},p} = 0$;

- indien de buitenlucht toevoerstromen p wel voorverwarmd wordt m.b.v. een warmteterugwinapparaat, geldt $e_{\text{heat,hr},p} = r_p \cdot \eta_{\text{test},p}$

De factor r_p wordt bepaald zoals hieronder beschreven. Het thermisch rendement $\eta_{\text{test},p}$ 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 zoverre zowel $\dot{V}_{\text{in},p}$ als $\dot{V}_{\text{out},p}$ niet groter zijn dan het volumedebiet tijdens de proef zoals gedefinieerd in Bijlage G van deze tekst;

$\dot{V}_{\text{in},p}$ het ingaand luchtdebiet op plaats p , in m^3/h , bepaald zoals hieronder beschreven;

$\dot{V}_{\text{out},p}$ 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:

- 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:

$$\text{Eq. 158} \quad \dot{V}_{\text{in},p} = \dot{V}_{\text{supply,setpoint,nom},p} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

waarbij de instelwaarde van het debiet op plaats p bij nominale ventilatorstand beschouwd wordt, in m^3/h ;

- in alle andere gevallen geldt:

$$\text{Eq. 159} \quad \dot{V}_{\text{in},p} = \dot{V}_{\text{mechsupply},p} + \dot{V}_{\text{leak,supplyduct},p} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

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.

Voor de bepaling van de lekverliezen van het toevoerkanaalnet ($\dot{V}_{\text{leak, supply duct, p}}$, 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 de toevoerdebieten bij de nominale ventilatorstand effectief gemeten in alle ruimten die via plaats p van buitenlucht voorzien worden, dan gebruikt men voor $\dot{V}_{\text{mech sup ply, p}}$ de som van deze meetwaarden. In het andere geval wordt $\dot{V}_{\text{mech sup ply, p}}$ 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:

- 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:

$$\text{Eq. 160 } \dot{V}_{\text{out, p}} = \dot{V}_{\text{extr, setpoint, nom, p}} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

waarbij de instelwaarde van het debiet op plaats p bij nominale ventilatorstand beschouwd wordt, in m^3/h ;

- in alle andere gevallen geldt:

$$\text{Eq. 161 } \dot{V}_{\text{out, p}} = \dot{V}_{\text{mech extr, p}} + \dot{V}_{\text{leak, extr duct, p}} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Voor de bepaling van de lekverliezen van het afvoerkanaalnet ($\dot{V}_{\text{leak, extr duct, p}}$, in m^3/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 de afvoerdebieten bij nominale ventilatorstand effectief gemeten in alle ruimten van waaruit via plaats p naar buiten afgezogen wordt, dan gebruikt men voor $\dot{V}_{\text{mech extr, p}}$ de som van deze meetwaarden. In het andere geval wordt $\dot{V}_{\text{mech extr, p}}$ 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 ruimteteoeling als volgt:

$$r_{\text{preh,overh,zone } z} = r_{\text{preh,cool,zone } z} =$$

$$\text{Eq. 162} \quad \frac{\sum_p \left\{ \dot{V}_{\text{in},p} - e_{\text{cool,hr},p} \min(\dot{V}_{\text{in},p}; \dot{V}_{\text{out},p}) \right\} + \max\left\{ 0, \sum_p (\dot{V}_{\text{out},p} - \dot{V}_{\text{in},p}) \right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{\text{in},p}; \sum_p \dot{V}_{\text{out},p} \right)} \quad (-)$$

waarbij de verschillende termen dezelfde zijn als hierboven, met uitzondering van $e_{\text{cool,hr},p}$, 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:

$$\text{Eq. 163} \quad e_{\text{cool,hr},p} = 0 \quad (-)$$

- 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:

$$\text{Eq. 164} \quad e_{\text{cool,hr},p} = 0,5 \times e_{\text{heat,hr},p} \quad (-)$$

- in alle andere gevallen geldt:

$$\text{Eq. 165} \quad e_{\text{cool,hr},p} = e_{\text{heat,hr},p} \quad (-)$$

B.3 Voorkoeling van ventilatielucht

B.3.1 Rekenregel

De maandelijkse vermenigvuldigingsfactor $r_{\text{precool,seci,m}}$ 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:

$$\text{Eq. 166 } r_{\text{precool,seci,m}} = r_{\text{precool,zone } z,m} \quad (-)$$

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 $r_{\text{precool,zone } z,m}$ gelijk aan 1.

Indien er meerdere EPB-eenheden gebruik maken van hetzelfde systeem voor voorkoeling van ventilatielucht is de waarde bij ontstentenis voor $r_{\text{precool,zone } z,m}$ 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 $r_{\text{precool,zone } z,m}$ te worden bepaald als volgt:

$$\text{Eq. 167 } r_{\text{precool,zone } z,m} = 1 - e_{\text{precool,m}} \cdot \frac{\theta_{\text{precool,ref,max,m}} - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})}{23 - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})} \quad (-)$$

met:

- $e_{\text{precool,m}}$ de maandelijkse effectiviteit van het betreffende voorkoelsysteem, zoals hieronder bepaald, (-);
- $\theta_{\text{precool,ref,max,m}}$ 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 $e_{\text{precool,m}}$ en $\theta_{\text{precool,ref,max,m}}$ uitgewerkt in volgende paragrafen. Voor andere technologieën dient $r_{\text{precool,zone } z,m}$ 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/voorverwarming). 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 voorcoelsysteem

Voor een aarde-water warmtewisselaar is de waarde bij ontstentenis:

$$\text{Eq. 168 } e_{precool,m} = 0,7 \cdot W_{soil/water,m} \quad (-)$$

met:

$W_{soil/water,m}$ Een maandelijkse factor die de werkingstijd van de aarde-water warmtewisselaar inrekenet, (-)

$$\begin{aligned} \text{Eq. 169 als } \theta_{e,m} - \theta_{soil,m} &\leq 0 && \text{stel } W_{soil/water,m} = 0 \\ \text{als } 0 < \theta_{e,m} - \theta_{soil,m} &\leq 2 && \text{stel } W_{soil/water,m} = 0,5 \\ \text{als } \theta_{e,m} - \theta_{soil,m} &> 2 && \text{stel } W_{soil/water,m} = 1 \end{aligned} \quad (-)$$

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:

$$\text{Eq. 170 } \theta_{precool,ref,max,m} = \frac{\left(\frac{e_{wt} \theta_{soil,m}}{e_{wt} - 1} - \frac{0,34 \sum \dot{V}_{hyg,cool,sec\ i}}{1160 \dot{V}_w} (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m}) \right)}{\left(1 - \frac{0,34 \sum \dot{V}_{hyg,cool,sec\ i}}{1160 \dot{V}_w} + \frac{1}{e_{wt} - 1} \right)} \quad (^\circ\text{C})$$

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 verticale grondbuizen.

- Horizontale grondbuizen: ontleen de maandgemiddelde bodemtemperatuur aan Tabel [20];;
- Vertikale grondbuizen: bepaal de maandgemiddelde bodemtemperatuur met onderstaande formule:

$$\text{Eq. 171 } \theta_{soil,m} = \frac{\theta_{soil,1m,m} + \theta_{soil,2m,m} + \theta_{soil,3m,m} + \theta_{soil,4m,m} + \theta_{soil,5m,m} \cdot (L_{soil/water} - 4)}{L_{soil/water}} \quad (\text{°C})$$

$\theta_{soil,1m,m}$, $\theta_{soil,2m,m}$, $\theta_{soil,3m,m}$, $\theta_{soil,4m,m}$ 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:

$$\text{Eq. 172 } e_{wt} = 1 - e^{-\frac{\alpha_{wt} A_{wt}}{1160 \dot{V}_w}} \quad (-)$$

met:

α_{wt} de warmtedoorgangscoefficiënt van de buizen in de aarde-water warmtewisselaar, zoals hieronder bepaald, in $W/(m^2.K)$;

A_{wt} de warmtewisselende oppervlakte van de buizen, in m^2 , zoals hieronder bepaald;

\dot{V}_w het waterdebiet doorheen de aarde-water warmtewisselaar, in m^3/h .

De warmtedoorgangscoefficiënt van de buizen α_{wt} wordt gegeven door:

$$\text{Eq. 173 } \alpha_{wt} = \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\ln\left(\frac{D_{tube} + 2t_{tube}}{D_{tube}}\right)}{2\lambda_{tube}/D_{tube}} + \frac{\ln\left(\frac{D_{tube} + 2t_{soil}}{D_{tube} + 2t_{tube}}\right)}{2\lambda_{soil}/D_{tube}} \right)^{-1} \quad (\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}))$$

met:

α_i de inwendige convectiecoëfficiënt van stroming in de buis van de warmtewisselaar voor verkoeling, zoals hieronder bepaald, in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

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:

$$\text{Eq. 174 } \alpha_i = 0,58 \frac{\text{Nu}}{D_{tube}} \quad (\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}))$$

- voor een oplossing water/glycol (alle types):

$$\text{Eq. 175 } \alpha_i = 0,43 \frac{\text{Nu}}{D_{tube}} \quad (\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}))$$

met:

$$\text{Eq. 176 } \text{Nu} = (\text{Nu}_{lam}^5 + \text{Nu}_{turb}^5)^{1/5} \quad (-)$$

$$\text{Eq. 177 } \text{Nu}_{lam} = \left[3,66^3 + 1,61^3 \times \left(\frac{\text{Re} \times \text{Pr} \times D_{tube}}{L_{tube}} \right) \right]^{1/3} \quad (-)$$

met:

$$\text{Eq. 178 } \text{Nu}_{turb} = \frac{f_{turb} \times (\text{Re} - 1000) \times \text{Pr}}{2 \times \left(1 + 12,7 \times \sqrt{\frac{f_{turb}}{2}} \times (\text{Pr}^{2/3} - 1) \right)} \quad (-)$$

met:

$$\text{Eq. 179 } f_{turb} = (1,58 \times \ln \text{Re} - 3,28)^{-2} \quad (-)$$

met:

- voor water:

$$\text{Eq. 180 } Re = 996200 \frac{4}{3600\pi n_{\text{tube}} D_{\text{tube}}} \frac{\dot{V}_w}{D_{\text{tube}}} \quad (-)$$

$$Pr = 7$$

- voor een oplossing water/glycol (alle types):

$$\text{Eq. 181 } Re = 624200 \frac{4}{3600\pi n_{\text{tube}} D_{\text{tube}}} \frac{\dot{V}_w}{D_{\text{tube}}} \quad (-)$$

$$Pr = 12,5$$

De dikte van het grondmassief rond de buis dat in rekening wordt gebracht t_{soil} wordt gegeven door:

$$\text{Eq. 182 } t_{\text{soil}} = \frac{p_{\text{tube}} - D_{\text{tube}}}{2} \text{ als } p_{\text{tube}} - D_{\text{tube}} < 0,5$$

$$t_{\text{soil}} = 0.25 \text{ als } p_{\text{tube}} - D_{\text{tube}} \geq 0,5 \quad (m)$$

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:

$$\text{Eq. 183 } A_{\text{wt}} = \pi \cdot D_{\text{tube}} \cdot L_{\text{tube}} \cdot n_{\text{tube}} \quad (m^2)$$

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 $r_{\text{precool,zone } z,m}$ bepaald te worden volgens het principe van gelijkwaardigheid.

B.3.3.1 Effectiviteit $e_{\text{precool},m}$ van het voorkoelsysteem

Voor verdampingskoeling is de waarde bij ontstentenis voor de effectiviteit:

$$\text{Eq. 184 } e_{\text{precool},m} = 0,8 \cdot W_{\text{evap},m} \quad (-)$$

met:

$W_{\text{evap},m}$ een maandelijkse factor die de werkingstijd van de verdampingskoeling inrekenent, (-):

$$\begin{aligned} \text{Eq. 185 als } Q_{\text{cool,net},m} \leq 0 \quad Q_{\text{cool,net},m} \leq 0 \quad \text{stel } W_{\text{evap},m} = 0 \\ \text{als } Q_{\text{cool,net},m} > 0 \quad \text{stel } W_{\text{evap},m} = 1 \end{aligned} \quad (\text{MJ})$$

met:

$Q_{\text{cool,net,seci},m}$ 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 $\theta_{\text{precool,ref,max},m}$

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 $\theta_{\text{precool,ref,max},m}$ 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 |