

## Bijlage XII: Systeemeisen

*bvr 29/11/2013 b.s. 28/01/2014*

*bvr 4/04/2014 b.s. 8/05/2014*

*bvr 18/12/2015 b.s. 28/12/2015*

*bvr 13/01/2017 b.s. 23/02/2017*

*bvr 15/12/2017 b.s. 28/12/2017*

*bvr 30/11/2018 b.s. 27/12/2018*

*Deze bijlage is enkel van toepassing op:*

- dossiers van renovatie waarvan de melding gedaan wordt of de aanvraag van een omgevingsvergunning voor stedenbouwkundige handelingen wordt ingediend vanaf 1 januari 2019;*
- dossiers van nieuw op te richten industriële gebouwen waarvan de melding gedaan wordt of de aanvraag van een omgevingsvergunning voor stedenbouwkundige handelingen wordt ingediend vanaf 1 januari 2019.*

*De wijzigingen ten opzichte van de vorige versie zijn aangeduid in het blauw.*

### 1. Onderwerp

Deze bijlage legt minimale eisen op aan de nieuw geplaatste installaties of de vernieuwde installaties bij renovaties en functiewijzigingen. Het verplaatsen van een installatie wordt beschouwd als het vernieuwen van de installatie. Enkel het tijdelijk demonteren en opnieuw plaatsen van dezelfde installatie op exact dezelfde plaats wordt niet beschouwd als vernieuwing. Onder exact dezelfde plaats wordt verstaan dat er geen nieuwe of bijkomende leidingen nodig zijn.

### 2. Normatieve verwijzingen

Deze bijlage verwijst naar volgende normen.

|              |   |
|--------------|---|
| NBN D 30-041 | Centrale verwarming, ventilatie en luchtbehandeling. Gemeenschappelijke eisen voor alle systemen. Thermische isolatie.  |
| NBN EN 14511 | Luchtbehandelingsapparatuur, koeleenheden voor vloeistof en warmtepompen met elektrisch aangedreven compressoren voor ruimteverwarming en –koeling  |
| EN14825      | Luchtbehandelingsapparatuur, koeleenheden voor vloeistof en warmtepompen met elektrisch aangedreven compressoren, voor ruimteverwarming en verkoeling - Beproeving en capaciteit op gedeeltelijke laadcondities |
| NBN EN 1886  | Ventilatie van gebouwen - Luchtbehandelingskasten - Mechanische eigenschappen en beproevingsmethoden  |
| NBN EN 12237 | Ventilatie van gebouwen - Luchtleidingen - Sterkte en lektheid van ronde dunwandige metalen leidingen   |
| NBN EN 1507  | Ventilatie van gebouwen - Rechthoekige dunwandige metalen luchtkanalen - Eisen voor sterkte en lekkage  |
| EN 14134     | Luchtverversing van gebouwen - Prestatiebeproeving en installatiecontrole van luchtverversingssystemen van woningen   |
| NBN EN-1434  | Warmtemeters  |

|                 |  |
|-----------------|--|
| NBN EN 62053-11 | Apparatuur voor elektriciteitsmeting (wisselstroom) - Algemene eisen - Deel 11 : Elektromechanische meters voor actieve energie (klasse 0,5, 1 en 2)   |
| NBN EN 62053-21 | Apparatuur voor elektriciteitsmeting (wisselstroom) - Algemene eisen - Deel 21 : Statische (elektronische) meters voor actieve energie (klasse 1 en 2) |
| NEN 13779       | Ventilatie voor utiliteitsgebouwen - Prestatie-eisen voor ventilatie- en kamerbehandelingssystemen   |

### 3. Definities

- **nominale vermogen van de warmteproductie-installatie:** som van de vermogens van de op eenzelfde hydraulisch circuit aangesloten ketels. Het nominale vermogen van de ketel is daarbij het thermisch vermogen dat door de fabrikant op de technische fiche vermeldt wordt.

- **nominale vermogen van de warmtepompinstallatie:** de som van de elektrische vermogens van de warmtepompen die in het gebouw aanwezig zijn. Het nominaal vermogen van de warmtepomp is het elektrisch vermogen dat door de fabrikant wordt aangegeven op de technische fiche en berekend werd in de omstandigheden opgelegd door de norm NBN EN 14511.

- **nominale vermogen van de ijswatermachine:** de som van de elektrische vermogens van de ijswatermachines die in het gebouw aanwezig zijn. Het nominaal vermogen van de ijswatermachine is het elektrisch vermogen dat door de fabrikant wordt aangegeven op de technische fiche en berekend werd in de omstandigheden opgelegd door de norm NBN EN 14511.

- **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. Het beschermd volume is te bepalen volgens vooraf door de minister erkende specificaties.

### 4. Symbolen, afkortingen en indices

#### Symbolen en afkortingen

| Symbol | Betekenis   | Eenheden         |
|--------|---|------------------|
| A      | oppervlakte   | m <sup>2</sup>   |
| P      | vermogen  | W                |
| R      | warmteweerstand   | mK/W             |
| w      | specifiek geïnstalleerd vermogen  | W/m <sup>2</sup> |
| EER    | energie-efficiëntieverhouding van een koelmachine (energy efficiency ratio) | -                |
| SEER   | seizoenprestatiecoëfficiënt voor compressiekoelmachines                     | -                |
| SPF    | seizoensprestatiefactor   | -                |
| f      | factor  | -                |
| η      | rendement   | -                |
| θ      | temperatuur   | °C               |

#### Indices

< betekent: afgeleid van

|        |   |
|--------|---|
| AHU    | luchtbehandelingskast (< air handling unit) |
| at     | luchtdichtheid (< air thightness)           |
| ae     | aerolisch                                   |
| ave    | gemiddeld                                   |
| boiler | ketel                                       |

|            |   |
|------------|---|
| burn       | brander   |
| cool       | koeling   |
| day        | dag   |
| design     | ontwerp   |
| dim        | dimmen  |
| duct       | kanaal  |
| el         | elektrisch  |
| equiv      | equivalent  |
| GCV        | bovenste verbrandingswaarde (Gross Caloric Value) |
| hr         | warmteterugwinning (< heat recovery)              |
| hyd        | hydraulisch                                       |
| inst       | installatie                                       |
| insulation | isolatie  |
| l          | lineair   |
| loc        | plaats (< location)                               |
| NCV        | onderste verbrandingswaarde (Net Caloric Value)   |
| pl         | deellast (< partial load)                         |
| pr         | aanwezig  |
| reg        | regeling  |
| return     | retour  |
| sys        | (installatie-)systeem                             |
| test       | onder testvoorwaarden                             |
| vent       | ventilatie  |

## 5. Ruimteverwarming: centrale verwarming

De minister legt de berekeningsmethode vast voor de behandeling van preferente en niet-preferente opwekkers. In afwachting van de door de minister vastgestelde berekeningsmethode, wordt er enkel rekening gehouden met de preferente warmteopwekker als bij een centraal verwarmingssysteem meerdere warmteopwekkers aangesloten zijn op hetzelfde hydraulisch circuit. Een groep van identieke warmteopwekkers wordt gezamenlijk als één warmteopwekker behandeld.

### Ketel – gasvormige en vloeibare brandstof

Het minimale installatierendement voor ruimteverwarming bedraagt 84%, bepaald ten opzichte van de bovenste verbrandingswaarde ( $H_s$ ).

$$\eta_{inst} = f_{NCV/GCV} \eta_{30\%} - f_{loc} - f_{reg, burn} - f_{insulation} - f_{reg} - f_{hyd} \geq 0,84$$

of in het geval van een condenserende ketel:

$$\eta_{inst} = f_{NCV/GCV} [\eta_{30\%} + 0,003(\theta_{30\%} - \theta_{ave, boiler})] - f_{loc} - f_{reg, burn} - f_{insulation} - f_{reg} - f_{hyd} \geq 0,84$$

Met:

$\eta_{inst}$  = installatierendement;

$f_{NCV/GCV}$  = vermenigvuldigingsfactor gelijk aan de verhouding van de onderste tot de bovenste verbrandingswaarde van de gebruikte brandstof, ontleend aan bijlage F van bijlage V;

$\eta_{30\%}$  = deellastrendement bij een belasting van 30%;

Als het rendement niet gekend is, dan mag het rendement worden berekend als volgt:

Standaardketels (constante temperatuur):

$$\eta_{30\%} \text{ (in \%)} = 80 + 3 \log P_n$$

Lage-temperatuursketels (met inbegrip van condenserende gasolieketels):

$$\eta_{30\%} \text{ (in \%)} = 87,5 + 1,5 \log P_n$$

Gasgestookte condenserende ketels:

$$\eta_{30\%} \text{ (in \%)} = 97 + \log P_n$$

Waarbij  $P_n$  het nominaal nuttig vermogen is van de ketel.

|                          |   |
|--------------------------|---|
| $\theta_{30\%}$          | = ketelinlaattemperatuur waarbij het 30%-deellastrendement bepaald is in °C;<br>Als waarde bij ontstentenis mag worden gerekend met 30°C.   |
| $\theta_{ave,boiler}$    | = seizoensgemiddelde ketelwatertemperatuur in °C = $6.4 + 0.63 \times \theta_{return,design}$ ;   |
| $\theta_{return,design}$ | = ontwerpretourtemperatuur van het warmteafgiftesysteem in °C.<br>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 worden beschouwd. Betere waarden kunnen worden ingebracht overeenkomstig vooraf door de minister erkende regels; |
| $f_{loc}$                | = correctieterm voor de plaats van het toestel;   |
| $f_{reg,burn}$           | = correctieterm voor de regeling die de ketel warm houdt tussen twee branderbeurten;  |
| $f_{insulation}$         | = correctieterm voor de leidingisolatie;  |
| $f_{reg}$                | = correctieterm voor de regeling van normaal regime;  |
| $f_{hyd}$                | = correctieterm voor het hydraulisch inregelrapport voor warmteproductie-installaties groter is dan 400 kW.   |

Correctieterm  $f_{loc}$

- Het toestel is opgesteld binnen het beschermd volume:  $f_{loc} = 0$ ;
- Het toestel is opgesteld buiten het beschermd volume:  $f_{loc} = 0,02$ .

Correctieterm  $f_{reg,burn}$

- Het toestel kan (tussen twee branderbeurten) volledig afkoelen:  $f_{reg,burn} = 0$ ;
- Het toestel is voorzien van een regeling die het toestel permanent warm houdt (ongeacht of de keteltemperatuur constant blijft, of toch beperkt kan dalen tot een lager temperatuurniveau, maar niet helemaal tot op omgevingstemperatuur):  $f_{reg,burn} = 0,05$ .

Correctieterm  $f_{insulation}$

- De leidingen en accessoires van het verwarmingssysteem zijn geïsoleerd conform hoofdstuk 12 van deze bijlage of vallen buiten het toepassingsgebied hiervan:  $f_{insulation} = 0$ ;
- De leidingen en accessoires van het verwarmingssysteem zijn niet geïsoleerd conform hoofdstuk 12 van deze bijlage:  $f_{insulation} = 0,05$ .

Correctieterm  $f_{reg}$

- Het toestel is voorzien van een regeling van normaal regime:  $f_{reg} = 0$ ;
- Het toestel is niet voorzien van een regeling van normaal regime:  $f_{reg} = 0,05$ .

Een regeling van normaal regime voldoet aan beide van onderstaande voorwaarden:

- er is een automatische regeling voor een variabele ketelwatertemperatuur voorzien (een manuele voorziening, bijvoorbeeld een draaiknop is onvoldoende);
- alle verwarmingslichamen worden uitgerust met het oog op een regeling van de kamertemperatuur in ieder verwarmd lokaal of zone. De verwarmingslichamen worden uitgerust met thermostatische kranen of geregeld in functie van de gemeten temperatuur in het lokaal of zone. Onder zone wordt verstaan: elk geheel van vertrekken waarvan de thermische emissiebronnen (van warmte of koude) aangesloten zijn op het hydraulische netwerk via één enkele aanvoerleiding en één enkele retourleiding.

Correctieterm  $f_{hyd}$

- Het totale nominale vermogen van de warmteproductie-installatie is kleiner dan 400 kW:  $f_{hyd} = 0$ ;
- Het totale nominale vermogen van de warmteproductie-installatie is groter dan 400 kW en er is hydraulisch inregelrapport aanwezig:  $f_{hyd} = 0$ ;
- Het totale nominale vermogen van de warmteproductie-installatie is groter dan 400 kW en er is geen hydraulisch inregelrapport aanwezig:  $f_{hyd} = 0,05$ .

Het hydraulisch inregelrapport moet opgemaakt worden door de persoon die de installatie inregelt. In afwachting van door de minister nader gespecificeerde regels moet het inregelrapport minstens volgende aspecten omvatten:

- gegevens over het bedrijf dat de metingen uitvoerde:
  - ondernemingsnummer;
  - naam en adres van het bedrijf;
  - datum van de metingen;
  - naam en voornaam + handtekening van de verantwoordelijke voor de metingen.
- gegevens over het EPB-volume (woning, appartement, enz.) dat voorwerp uitmaakt van de metingen:
  - naam van de opdrachtgever;
  - volledig adres.
- gegevens over de meting:
  - instelpunten temperatuur;
  - hydraulische inregeling van de kringen:
    - de debiet/druk grafiek van iedere regelklep;
    - de ingestelde waarde van al de regelkranen;
    - de resultaten van alle uitgevoerde metingen;
    - de debietswaarden (theoretische en opgemeten).

## Ketel – elektriciteit

Ketels die verwarmen op basis van een elektrische weerstand moeten voldoen aan de eisen die in hoofdstuk 6 van deze bijlage gesteld worden aan direct elektrische verwarming.

## Elektrische warmtepompen

Het opwekkingsrendement  $\eta_{gen,heat}$  van de warmtepomp wordt weergegeven in Tabel 1.

| Soort warmtepomp | Minimale $\eta_{gen,heat}$ |
|------------------|----------------------------|
| bodem/water      | 3,3                        |
| water/water      | 3,9                        |
| lucht/water      | 2,8                        |
| lucht/lucht      | 2,9                        |
| dx en/of dc      | geen eis                   |
| riothermie       | geen eis                   |
| waterlus         | geen eis                   |

Tabel 1 - Minimaal vereiste opwekkingsrendement.

Het opwekkingsrendement  $\eta_{gen,heat}$  wordt bepaald volgens de methode beschreven in bijlage V en [bijlage VI](#) van het Energiebesluit.

## 6. Ruimteverwarming: plaatselijke verwarming

### Direct elektrische verwarming

Voor directe elektrische verwarming geldt een [maximaal toegestaan afgiftevermogen van de elektrische verwarmingstoestellen](#). Bij de plaatsing van een installatie met directe elektrische verwarming mag [dat](#) in het te renoveren gebouw of nieuwe gebouwdeel maximaal 15 W/m<sup>2</sup> bedragen. Als uitzondering op die regel is het vervangen van een bestaand toestel dat defect is, door een nieuw gelijkaardig toestel altijd toegelaten.

Onder direct elektrische verwarming worden alle verwarmingssystemen verstaan op basis van de opwarming van een elektrische weerstand. Hieronder vallen minstens volgende systemen: elektrische accumulatieverwarming, elektrische convector, elektrische vloerverwarming en elektrische stralingsverwarming. Een elektrische warmtepomp (met inbegrip van een eventuele bijkomende elektrische weerstand) moet niet worden beschouwd als direct elektrische verwarming.

Het elektrische vermogen in W wordt enkel bepaald door direct elektrische verwarmingstoestellen die dienen voor ruimteverwarming (dus lampen voor verlichting, kookplaten ... worden daarin niet meegeteld). Verschillende direct elektrische verwarmingstoestellen die dienen voor ruimteverwarming worden gezamenlijk beschouwd als 1 warmteopwekker waarvan de vermogens opgeteld worden.

De bruikbare oppervlakte in m<sup>2</sup> wordt bepaald op basis van de brutovloeroppervlakte van het te renoveren gebouw of nieuwe gebouwdeel.

## 7. Warm tapwater

### Elektrische doorstroomtoestellen en boilers

Voor nieuw te installeren elektrische warmwaterproductietoestellen geldt een maximaal toegestaan elektrisch vermogen. Het maximaal vermogen van alle nieuwe elektrische warmwaterproductietoestellen samen wordt bepaald in functie van de oppervlakte van het gebouw.

$$P_{el} \leq \max [ 2500 ; 2500 + 50 * (A - 150) ] W$$

Met:

$P_{el}$  = elektrisch vermogen in W bepaald door de som te nemen van de elektrische vermogens van alle elektrische warmwaterproductietoestellen;  
 $A$  = oppervlakte in m<sup>2</sup> bepaald op basis van de bruto vloeroppervlakte van het gebouw.

Voor warmtepompboilers en zonneboilers wordt enkel rekening gehouden met het vermogen van de elektrische weerstanden die niet uitsluitend bestemd zijn voor legionella-bestrijding.

### Circulatieleidingen

Leidingen en accessoires voor het vervoer van warm tapwater moeten geïsoleerd zijn conform hoofdstuk 12 van deze bijlage.

## 8. Koeling

### Ijswatersystemen

Voor lucht- en watergekoelde compressiekoelmachines geldt een minimaal installatierendement waarvan de waarde gegeven wordt in Tabel 2.

| Type ijswatermachine                                   | $\eta_{inst,cool,min}$ |
|--|------------------------|
| Luchtgekoelde ijswatermachine                          | 2,0                    |
| Watergekoelde ijswatermachine                          | 3,1                    |
| Watergekoelde ijswatermachine met condensor op afstand | 2,5                    |

Tabel 2 - Minimaal installatierendement voor compressiekoelmachines.

Het installatierendement van het toestel wordt bepaald als volgt:

$$\eta_{inst,cool} = EER_{test} f_{pl} f_{insulation} f_{reg}$$

Met :

$EER_{test}$  = energie-efficiëntieverhouding bepaald bij de 'standard rating conditions' zoals vastgelegd in deel 2 van de norm NBN EN 14511;  
 $f_{pl}$  = correctiefactor die rekening houdt met het gedrag van de koelmachine bij deellast;  
 $f_{insulation}$  = correctiefactor voor de leidingisolatie;  
 $f_{reg}$  = correctiefactor voor de regeling.

Correctiefactor  $f_{pl}$

- Waarde bij ontstentenis:  $f_{pl} = 0,8$ ;
- Gedetailleerde berekening:

$$f_{PL} = \frac{1}{2.64 - 1.19 \cdot \left( \frac{SEER}{EER_{test}} \right)}$$

Met SEER = de seizoenprestatiecoëfficiënt voor compressiekoelmachines bepaald volgens EN14825.

Correctiefactor  $f_{insulation}$

- De leidingen en accessoires van het koelsysteem zijn geïsoleerd conform hoofdstuk 12 van deze bijlage of vallen buiten het toepassingsgebied hiervan:  $f_{insulation} = 1$ ;
- De leidingen en accessoires van het koelsysteem zijn niet geïsoleerd conform hoofdstuk 12 van deze bijlage:  $f_{insulation} = 0,95$ .

Correctiefactor  $f_{reg}$

- De installatie is uitgerust met een regeling die gelijktijdig koelen en verwarmen in een ruimte vermijdt:  $f_{reg} = 1$ ;
- De installatie is niet uitgerust met een regeling die gelijktijdig koelen en verwarmen in een ruimte vermijdt:  $f_{reg} = 0,95$ .

De regeling kan worden voorzien op bijvoorbeeld één van volgende twee manieren:

- softwarematig: bv. door een voldoende grote dode band tussen koeling en verwarming te voorzien in de regeling;
- hardwarematig: bv. door het plaatsen van kleppen en kranen die worden gestuurd in functie van de warmte- of koelvraag.

Elk regelsysteem dat bij normaal gebruik (zonder tussenkomst van een installateur of technicus) toelaat gelijktijdig te koelen en te verwarmen in een ruimte, is onvoldoende.

## 9. Energieprestatie van ventilatiesystemen

Een nieuw geplaatst of vervangen centraal ventilatiesysteem dat voorziet in mechanische toevoer en afvoer moet voorzien zijn van een warmteterugwinapparaat. Voor serieproducten bedraagt het warmteterugwinrendement minstens 75%.

$$\eta_{hr,vent} = \eta_{test} f_{at, AHU} f_{at, duct} f_{insul, duct} f_{ae} f_{reg,vent} \geq 75\%$$

Met:

|                   |  |
|-------------------|--|
| $\eta_{test}$     | = testrendement van de warmteterugwinning bepaald volgens bijlage G van het wijzigingsbesluit van 20 mei 2011; |
| $f_{at, AHU}$     | = correctiefactor voor de luchtdichtheid van het toestel;  |
| $f_{at, duct}$    | = correctiefactor voor de luchtdichtheid van de kanalen;   |
| $f_{insul, duct}$ | = correctiefactor voor de isolatie van de kanalen;   |
| $f_{ae}$          | = correctiefactor voor de aerolische inregeling;   |
| $f_{reg,vent}$    | = correctiefactor voor de snelheidsregeling van de ventilatoren.   |

Correctiefactor  $f_{at, AHU}$

- De luchtgroep voor niet-residentiële toepassingen heeft een luchtdichtheidsklasse van minstens L2, bepaald volgens norm NBN EN 1886:  $f_{at, AHU} = 1,02$ ;
- In alle andere gevallen:  $f_{at, AHU} = 1$ .

Correctiefactor  $f_{at, duct}$

- De luchtdichtheidsklasse van de ventilatiekanalen wordt weergegeven in een meetrapport bepaald volgens de normen NBN EN 12237 (voor ronde luchtkanalen) en NBN EN 1507 (voor rechthoekige

luchtkanalen) en gemeten volgens de meetprocedure beschreven in bijlage C van de norm EN 14134 (2004) en behaalt minimum klasse B:  $f_{at, duct} = 1,02$ ;

- In alle andere gevallen:  $f_{at, duct} = 1$ .

Correctiefactor  $f_{insul, duct}$

- De nieuwe ventilatiekanalen worden gebruikt voor het transport van verwarmde of gekoelde lucht en zijn niet geïsoleerd conform hoofdstuk 12 van deze bijlage:  $f_{insul, duct} = 0,95$ ;

Onder verwarmde lucht wordt verstaan: lucht die verwarmd wordt door een verwarmingselement en die een ingestelde temperatuur heeft hoger dan 25° C.

Onder gekoelde lucht wordt verstaan: lucht die gekoeld wordt door een koelement en die een ingestelde temperatuur heeft lager dan 18° C.

Een warmteterugwinapparaat wordt in deze context niet beschouwd als een verwarmings- en/of koelement.

- In alle andere gevallen:  $f_{insul, duct} = 1$ .

Correctiefactor  $f_{ae}$

- Er is geen aerolisch inregelrapport aanwezig:  $f_{ae} = 1$ ;
- Er is een aerolisch inregelrapport aanwezig:  $f_{ae} = 1,02$ .

Het inregelrapport moet voldoen aan de vereisten voor het meetrapport voor het meten van mechanische ventilatiedebieten beschreven in bijlage VII bij het ministerieel besluit van 2 april 2007 betreffende de vastlegging van de vorm en de inhoud van de EPB-aangifte en het model van het Energieprestatiecertificaat. Bijkomend moet het rapport minstens volgende aspecten omvatten:

- sturingsparameters klok (bvb. dag/nacht regeling);
- setpunten temperatuur (in geval van een klimaatregeling);
- sturingsparameters bezetting.

Correctiefactor  $f_{reg,vent}$

- De ventilatoren van de luchtgroep zijn niet voorzien van een snelheidsregeling:  $f_{reg,vent} = 1$ ;
- De ventilatoren van de luchtgroep zijn voorzien van een snelheidsregeling:  $f_{reg,vent} = 1,05$ .

## 10. Verlichting

In elke ruimte van een niet-residentiële gebouw waar de volledige verlichting wordt vernieuwd, moet het equivalent specifiek geïnstalleerd vermogen voldoen aan het maximaal equivalent specifiek geïnstalleerd vermogen ( $W_{equiv, max}$  in W/m<sup>2</sup>) waarvan de waarden vermeld zijn in Tabel 3.

Het equivalent specifiek geïnstalleerd vermogen ( $w_{equiv}$  in W/m<sup>2</sup>) is het bepaalde specifiek geïnstalleerd vermogen vermenigvuldigd met de respectievelijke correctiefactoren voor aanwezigheidsdetectie, daglichtsturing en/of dimmen, als die sturingen voorzien zijn. De correctiefactoren zijn combineerbaar. De waarden van de correctiefactoren staan in Tabel 3.

De correctiefactor voor daglichtafhankelijk dimmen mag enkel worden toegepast in lokalen waar vensters aanwezig zijn.

In lokalen waar vensters aanwezig zijn, moet aanwezigheidsdetectie worden geplaatst van het type 'manueel aan/automatisch uit' om de correctiefactor i.v.m. sturing te mogen toepassen.

Het specifiek geïnstalleerd vermogen ( $w$  in W/m<sup>2</sup>) is de som van het geïnstalleerd vermogen van vaste verlichtingstoestellen (aan plafond muur en vloer), inclusief het vermogen van de ballasten en de transformatoren, gedeeld door de nettovloeroppervlakte van het lokaal.

Verschillende kringen die niet gelijktijdig kunnen branden, moeten niet worden opgeteld. In die situatie moet enkel de kring (of combinatie van kringen die gelijktijdig kunnen branden) met het grootste vermogen worden beschouwd.

$$W_{equiv} = W f_{pres} f_{day} f_{dim} \leq W_{equiv, max}$$



Met:

|                  |  |
|------------------|--|
| $W_{equiv}$      | = equivalent specifiek geïnstalleerd vermogen;                         |
| $W_{equiv, max}$ | = het maximaal equivalent geïnstalleerd vermogen;                      |
| $W$              | = specifiek geïnstalleerd vermogen;                                    |
| $f_{pres}$       | = correctiefactor voor aanwezigheidsdetectie;                          |
| $f_{day}$        | = correctiefactor voor daglichtsturing;                                |
| $f_{dim}$        | = correctiefactor voor dimmen (andere dan daglichtafhankelijk dimmen). |

De gebouwfuncties in Tabel 3 zijn slechts indicatief. Binnen één gebouw kunnen in principe alle typen van ruimten uit de tabel voorkomen. Lokalen analoog aan lokalen beschreven in de tabel moeten voldoen aan de eisen voor het type ruimte waaraan ze analoog zijn. Lokalen zonder analoge beschrijving moeten niet worden beschouwd.

| Functie                         | Type ruimte                         | Maximaal equivalent specifiek geïnstalleerd vermogen [W/m <sup>2</sup> ]<br>$W_{equiv, max}$ | Correctiefactoren voor sturing       |                              |                     |
|---------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------|---------------------|
|                                 |                                     |  | Aanwezigheids-detectie<br>$f_{pres}$ | Daglichtsturing<br>$f_{day}$ | Dimmen<br>$f_{dim}$ |
| Logeerfunctie                   | Slaapkamer                          | 7,5  | 0,4                                  | 0,8                          | 0,9                 |
| Kantoor                         | Bureau (individueel, collectief)    | 15   | 0,7                                  | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Openlandshapskantoor                | 10   | 0,9                                  | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Vergaderzaal                        | 15   | 0,5                                  | 0,8                          | 0,9                 |
| Onderwijs                       | Leslokalen                          | 12,8   | 0,75                                 | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Lerarenlokaal                       | 10   | 0,7                                  | 0,8                          | 0,9                 |
| Gezondheidszorg met verblijf    | Ziekenhuiskamer                     | 10   | 1                                    | 0,8                          | 0,9                 |
| Gezondheidszorg zonder verblijf | Behandelings- en onderzoekskamers   | 12,5   | 0,7                                  | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Medische lokalen                    | 25   | 0,7                                  | 0,8                          | 0,9                 |
| Bijeenkomst                     | Wachtzaal, klantzone                | 7,5  | 1                                    | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Auditorium                          | 12,5   | 0,7                                  | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Bibliotheek                         | 10   | 1                                    | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Expositiehal                        | 10   | 1                                    | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Toneelzaal, spektakelzaal           | 10   | 1                                    | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Receptie, Onthaal                   | 10   | 1                                    | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Restaurant                          | 10   | 1                                    | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Handel                              | Winkel voor meubilair, tapijten, textiel   | 15                                   | 1                            | 0,8                 |
|                                 | Voedingswinkel                      | 17,5   | 1                                    | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Doe-het-zelf winkel                 | 17,5   | 1                                    | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Supermarkt, groot warenhuis         | 20   | 1                                    | 0,8                          | 0,9                 |
| Sport                           | Turnzaal                            | 10   | 0,8                                  | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Fitnesszaal                         | 10   | 0,8                                  | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Binnenzwembad                       | 10   | 0,8                                  | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Sporthal                            | 10   | 0,8                                  | 0,8                          | 0,9                 |
| Keuken                          | Restaurantkeuken                    | 12,5   | 1                                    | 0,8                          | 0,9                 |
| Technische ruimten              | Gekoelde ruimte                     | 7,5  | 0,6                                  | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Wasruimte, droogruimte              | 7,5  | 0,6                                  | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Technische ruimte, stookruimte      | 10   | 0,2                                  | 0,8                          | 0,9                 |
| Gemeenschappelijk               | Circulatieruimten (gangen, trappen) | 10   | 0,8                                  | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Badkamer (met/zonder wc), douche    | 10   | 0,5                                  | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Wc                                  | 17,5   | 0,2                                  | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Vestiaire                           | 7,5  | 0,6                                  | 0,8                          | 0,9                 |
|                                 | Opslagplaats, berging               | 10   | 0,7                                  | 0,8                          | 0,9                 |

|        |                            |      |     |     |     |
|--------|----------------------------|------|-----|-----|-----|
| Andere | Productie (zwaar werk)     | 10   | 1   | 0,8 | 0,9 |
|        | Productie (fijn werk)      | 12,5 | 1   | 0,8 | 0,9 |
|        | Garage (gemeenschappelijk) | 3    | 0,2 | 0,8 | 0,9 |

Tabel 3 - Maximaal equivalent specifiek geïnstalleerd vermogen en correctiefactoren voor sturing.

## 11. Energieverbruiksmeters

### Warmteproductie door gaswarmtepompen en ketels op gasvormige of vloeibare brandstof

- Als het totale nominale vermogen van de warmteproductie-installatie groter is dan 70 kW, is een brandstofmeter verplicht. Alleen de bepaling van het totale brandstofverbruik (via één of meer metingen) wordt gevraagd. Dat kan gebeuren met:
  - één meter op de algemene voeding van de stookruimte;
  - een reeks meters, telkens geïnstalleerd op de voeding van de brander van elk van de verwarmingsketels. De bepaling gebeurt door optelling van alle meterstanden;
  - een meter die in mindering wordt gebracht van een algemene meter. De bepaling gebeurt door aftrekking.

Bijzonder geval van een combi-brander: als minimaal één ketel van het verwarmingssysteem uitgerust is met een brander die op meer dan één brandstof kan werken (al dan niet gelijktijdig), dan moet een verbruiksmeter voor elk brandstoftype worden geplaatst.

Tolerantie: als de tweede brandstof alleen in "uitzonderlijke situaties" wordt gebruikt, is haar meting niet verplicht. De overschakeling van één brandstof op een andere om tariefredenen (bijvoorbeeld opvangen van piekperiodes) wordt niet als een uitzonderlijke situatie beschouwd.

Gebruik van de meters van de gasleveranciers: de bestaande teller die door de leverancier voor het opstellen van de energiefactuur wordt gebruikt, kan in specifieke gevallen ook als een energiemeter worden beschouwd:

- 70 kW <  $\Sigma$  Pketels < 400 kW: de meter van de gasleverancier mag als energiemeter worden gebruikt, zelfs als die ook het verbruik van andere uitrustingen weergeeft;
- $\Sigma$  Pketels  $\geq$  400 kW: de meter van de gasleverancier mag als energiemeter worden gebruikt op voorwaarde dat hij alleen het verbruik van de ketels van één hydraulisch verwarmingssysteem weergeeft, en niet dat van andere uitrustingen.
- Als het totale nominale vermogen van de warmteproductie-installatie groter is dan 400 kW is naast de brandstofmeter ook een calorimeter verplicht. Alleen de bepaling van het in het water geproduceerd calorisch vermogen (via één of meer metingen) wordt gevraagd. Dat kan gebeuren met:
  - één meter op de algemene vertrekleiding van de warmteproductie-installatie;
  - een reeks meters, elk geplaatst op het vertrek van elk van de verwarmingscircuits. De bepaling gebeurt door optelling van alle meterstanden.

### Elektrische warmtepomp

- Als het totale nominale vermogen van de warmtepompinstallatie groter is dan 10 kW, is een meter verplicht die het elektrische verbruik meet van alle warmtepompen;
- Als het totale nominale vermogen van de warmtepomp(en) groter is dan 100 kW, is naast een meter voor het elektrische verbruik ook een meter verplicht die de hoeveelheid nuttige energie meet die door het geheel van warmtepompen aan het distributienetwerk wordt doorgegeven.

### Koeling

- Als het totale nominale vermogen van de ijswaterinstallatie groter is dan 10 kW, is een meter verplicht die het elektrische verbruik meet van alle ijswatermachines;
- Als het totale nominale vermogen van de ijswaterinstallatie groter is dan 100 kW, is naast een meter voor het elektrische verbruik ook een meter verplicht die de hoeveelheid koelenergie meet die door het geheel van ijswaterproductiemachines aan het distributienetwerk wordt doorgegeven.

### Minimale karakteristieken van de meters

De meters worden uitgerust met een voorziening waarmee de gemeten hoeveelheden zowel ter plaatse als van op afstand afgelezen kunnen worden. De meters voldoen aan de Europese richtlijn 2004/22/EG betreffende meetinstrumenten.

#### *Brandstofmeters (vloeibaar en gasvormig)*

Volume- of massameter met weergave van een numerieke meterstand (resolutie  $\leq 1 \text{ m}^3$  of 1 kg), uitgerust met een systeem (type impulsgever) dat een automatische opneming (d.w.z. niet manueel – visuele weergave) van de meterstand toelaat.

De volgende toestellen worden niet als meters beschouwd:

- toestellen die het peil of de opgeslagen hoeveelheid brandstof meten;
- urentellers voor de verstuiving van stookolie.

#### *Calorimeters*

De calorimeters zijn van het integrale type: ze zijn uitgerust met een elektronische rekeneenheid die de numerieke integratie uitvoert van het gemeten waterdebiet en het verschil in watertemperatuur tussen de vertrek- en de retourleiding. De meter moet voldoen aan de klasse 2 volgens de norm NBN EN-1434 Warmtemeters.

#### *Elektriciteitsmeters*

De elektriciteitsmeter meet de actieve energie weergegeven in de vorm van een numerieke index met een minimale resolutie van 1 kWh, meters op DIN-rails. De meter beantwoordt aan de normen NBN EN 62053-11 en NBN EN 62053-21.

De nauwkeurigheidsklasse is minimum klasse 1 voor actieve energie.

## **12. Bepaling van de isolatie van leidingen en kanalen**

### **Toepassingsgebied**

Onderstaande bepalingen zijn aanbevelingen die leiden tot een verhoogd installatierendement. De bepalingen zijn verplicht in geval van circulatieleidingen.

Volgende leidingen, kanalen en accessoires zijn aan de bepalingen onderworpen:

- leidingen en accessoires voor het transport van warm verwarmingswater;
- leidingen die op temperatuur worden gehouden met een elektrische weerstandsverwarming;
- leidingen en accessoires voor het transport van warm tapwater (SWW), voor elk leidingsegment met een geforceerde circulatie;
- leidingen en accessoires voor het transport van koelwater met een temperatuur  $< 20^\circ\text{C}$ ;
- luchtkanalen.

Volgende leidingen en kanalen zijn niet aan de bepalingen onderworpen:

- leidingen die horen tot een verdeellus voor warm tapwater en die met een thermosifon werken;
- leidingen waarvan de buitendiameter niet meer dan 20 mm bedraagt;
- leidingen waarvan de buitendiameter niet meer dan 30 mm bedraagt en die vooraf geïsoleerd zijn met een dikte van minstens 10mm;
- luchtkanalen waarvan het rechte doorstroomgedeelte kleiner of gelijk is aan  $0,025 \text{ m}^2$ ;
- luchtkanalen waarvan de buitendiameter niet meer dan 220 mm bedraagt en die vooraf geïsoleerd zijn met een isolatiemateriaal met een dikte van minstens 10mm en lambdawaarde  $\leq 0,045 \text{ W/mK}$ .

Onder leidingen en luchtkanalen moet worden verstaan: rechte segmenten, bochtstukken, elke andere verandering van richting, stukken die bruusk of geleidelijk van doorsnede veranderen, aftak- of samenloopstukken, ongeacht hun oriëntatie in de ruimte.

### **Temperatuurregimes**

Een installatie voor verwarming en voor warm tapwater wordt in één van de twee volgende temperatuurregimes ondergebracht:

- regime I met lage temperatuur: ontwerpvertrektemperatuur  $\leq 55^\circ\text{C}$ ;
- regime II met hoge temperatuur: ontwerpvertrektemperatuur  $> 55^\circ\text{C}$ .

Als waarde bij ontstentenis mag de ontwerpvertrektemperatuur voor warm tapwater en voor oppervlakteverwarmingssystemen (voor vloer-, muur- en plafondverwarming) gelijk aan 55°C worden genomen. Voor alle andere warmteafgiftesystemen geldt 90°C als waarde bij ontstentenis.

Een installatie voor koeling wordt in één van de twee volgende temperatuurregimes ondergebracht:

- regime I met lage temperatuur: ontwerpvertrektemperatuur < 14 °C;
- regime II met hoge temperatuur: ontwerpvertrektemperatuur ≥ 14 °C.

Als de ontwerpvertrektemperatuur niet gekend is, moet regime I worden aangenomen.

### Classificatie van de omgeving van de leidingen

De omgeving van de leidingen voor verwarming en voor warm tapwater wordt gekenmerkt door twee verschillende situaties:

- omgeving I: leidingen en accessoires:
  - a) ondergronds, in de vloer of buiten;
  - b) in ruimten buiten het beschermd volume van het gebouw.
- omgeving II: leidingen en accessoires binnen het beschermd volume:
  - a) in een verwarmingslokaal of in een technisch lokaal, in technische kokers;
  - b) in opbouw in elke ruimte zonder verwarmingssysteem;
  - c) in opbouw in elke ruimte uitgerust met verwarmings- en airconditioningsysteem;
  - d) in verlaagde plafonds, verhoogde vloeren en permanente wandbekledingen.
- omgeving III: alle andere situaties binnen het beschermd volume. Daarvoor gelden geen eisen.

### Thermische isolatie van verwarmingsleidingen en leidingen voor warm tapwater

De lineaire warmteweerstand  $R_l$  van een verwarmingsleiding of van een leiding voor warm tapwater moet groter zijn dan de minimale warmteweerstand  $R_{l,min}$ . De waarde van  $R_{l,min}$  hangt af van:

- het temperatuurstelsel van de leiding;
- de omgeving van de leiding;
- de buitendiameter van de leiding.

De getalwaarde ervan is bepaald in Tabel 4. Voor de niet-vermelde buitendiameters moet er lineair worden geïnterpoleerd.

| Buitendiameter<br>d (mm) van de<br>ongeïsoleerde<br>leiding. | $R_{l,min}$ (mK/W)                               |             |   |             |
|--|--|-------------|---|-------------|
|  | Regime I<br>ontwerpvertrektemperatuur ≤<br>55 °C |             | Regime II<br>ontwerpvertrektemperatuur ><br>55 °C |             |
|  | Omgeving I                                       | Omgeving II | Omgeving I  | Omgeving II |
| 17,2   | 5,92   | 5,21        | 6,41  | 5,92        |
| 21,3   | 5,49   | 4,81        | 5,95  | 5,49        |
| 26,9   | 5,08   | 4,42        | 5,49  | 5,08        |
| 33,7   | 4,65   | 4,05        | 5,08  | 4,65        |
| 42,4   | 4,26   | 3,69        | 4,65  | 4,26        |
| 48,3   | 4,03   | 3,48        | 4,41  | 4,03        |
| 60,3   | 3,66   | 3,15        | 4,02  | 3,66        |
| 76,1   | 3,30   | 2,84        | 3,64  | 3,30        |
| 88,9   | 3,08   | 2,62        | 3,39  | 3,08        |
| 114,3  | 2,72   | 2,31        | 3,00  | 2,72        |
| 139,7  | 2,45   | 2,08        | 2,72  | 2,45        |
| 168,3  | 2,22   | 1,87        | 2,47  | 2,22        |
| 219,1  | 1,92   | 1,61        | 2,14  | 1,92        |
| 273  | 1,68   | 1,40        | 1,88  | 1,68        |
| 323,9  | 1,52   | 1,26        | 1,70  | 1,52        |
| 355,6  | 1,43   | 1,18        | 1,61  | 1,43        |

|         |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|
| ≥ 406,4 | 1,31 | 1,08 | 1,48 | 1,31 |
|---------|------|------|------|------|

Tabel 4 - Minimaal toegelaten warmteweerstand voor leidingen voor verwarming en warm tapwater.

De lineaire warmteweerstand  $R_l$  van de leiding wordt bepaald volgens bijlage E.3 van Bijlage V van het Energiebesluit. Bij de berekening van  $R_l$  moet worden gerekend met warmteoverdrachtscoëfficiënt  $h_{se,j}=25$  W/m<sup>2</sup>K voor leidingen in omgeving I en warmteoverdrachtscoëfficiënt  $h_{se,j}=8$  W/m<sup>2</sup>K voor leidingen in omgeving II.

De thermische isolatie mag niet worden onderbroken aan de bevestigingspunten van de leidingen.

De leidingsegmenten die door de muren, vloeren of plafonds van het gebouw gaan, ongeacht de oriëntatie ervan, moeten thermisch worden geïsoleerd volgens de volgende voorschriften:

- doorgangen van 50 cm of langer worden beschouwd als behorende tot omgeving II;
- voor doorgangen langer dan 1 cm, maar korter dan 50 cm moet het leidingsegment over de lengte van de doorgang thermisch worden geïsoleerd met een minimale dikte van 10 mm (ongeacht het isolatiemateriaal), voor zover er een verplichting tot thermische isolatie is voor minstens een van de twee segmenten aan beide kanten van de muur waar de leiding doorheen gaat.

### Thermische isolatie van koelwaterleidingen

De lineaire warmteweerstand  $R_l$  van een koelwaterleiding moet groter zijn dan de minimale warmteweerstand  $R_{l,min}$ . De waarde van  $R_{l,min}$  hangt af van:

- het temperatuurstelsel van de leiding;
- de buitendiameter van de leiding.

De getalwaarde ervan is bepaald in Tabel 5:

| Buitendiameter d (mm)<br>van de ongeïsoleerde<br>leiding. | $R_{l,min}$ (mK/W)                                 |   |
|---|--|---|
|   | Regime I<br>Ontwerpvertrek-<br>temperatuur < 14 °C | Regime II<br>Ontwerpvertrek-<br>temperatuur ≥ 14 °C |
| 17,2  | 3,44   | 3,37  |
| 21,3  | 3,13   | 2,98  |
| 26,9  | 2,84   | 2,48  |
| 33,7  | 2,58   | 2,15  |
| 42,4  | 2,33   | 1,83  |
| 48,3  | 2,20   | 1,67  |
| 60,3  | 1,96   | 1,41  |
| 76,1  | 1,73   | 1,15  |
| 88,9  | 1,61   | 1,03  |
| 114,3   | 1,40   | 0,85  |
| 139,7   | 1,24   | 0,72  |
| 168,3   | 1,10   | 0,62  |
| 219,1   | 0,93   | 0,50  |
| 273   | 0,80   | 0,43  |
| 323,9   | 0,71   | 0,37  |
| 355,6   | 0,67   | 0,34  |
| ≥ 406,4   | 0,60   | 0,31  |

Tabel 5 - Minimaal toegelaten warmteweerstand voor koelwaterleidingen.

De lineaire warmteweerstand  $R_l$  van de leiding wordt bepaald volgens bijlage E.3 van Bijlage V van het Energiebesluit.

### Thermische isolatie van accessoires van leidingen

Zodra men verplicht is de leidingen thermisch te isoleren, moeten de accessoires, met inbegrip van de flenzen, die aangesloten zijn op leidingen met een buitendiameter van meer dan 50 mm, thermisch worden geïsoleerd. De accessoires moeten geïsoleerd worden volgens norm NBN D 30-041 of minstens even goed geïsoleerd worden als de dikste leiding waarop ze aangesloten zijn.

### Thermische isolatie van luchtkanalen

De warmteweerstand  $R$  van een luchtkanaal moet groter zijn dan de minimaal toegelaten warmteweerstand  $R_{min}$ . De waarde van  $R_{min}$  hangt af van:

- de temperatuur van de lucht in het kanaal;
- de omgeving van het kanaal;
- het type van de luchtstroom zoals bepaald in de norm EN 13779: 2004 (zie Figuur 1);
- de aanwezigheid van eventuele warmteterugwinapparaten en voorzieningen voor recirculatie.

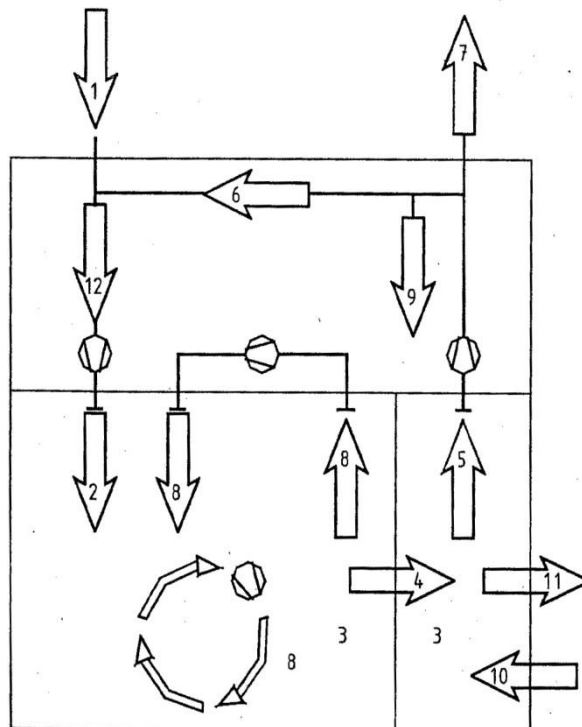
De getalwaarde ervan is bepaald in Tabel 6:

| Type lucht volgens EN 13779 |   | Omgeving van het kanaal  | Bijkomende voorwaarde  | Minimale thermische weerstand $R_{min}$ |
|-----------------------------|---|--|--|---|
| n°                          | naam  |  |  | in m <sup>2</sup> .K/W                  |
| 1                           | Buitenlucht                                 | - In de grond<br>- In een gekoeld lokaal   | - Uitgezonderd een bodem-lucht warmtewisselaar   | 0,5                                     |
| 2, 8 en 12                  | Toevoerlucht, herbruikte lucht en menglucht | In het gebouw (binnen of buiten het beschermd volume) behalve alle zichtbare delen in een ruimte waar de lucht toegevoerd wordt. | Verwarmde lucht met een temperatuur >25°C of gekoelde lucht (2) met een temperatuur <18°C (3)                | 0,65                                    |
|                             |   | - In de grond<br>- In een gekoeld lokaal   |  | 1,5 (1)                                 |
|                             |   | In de buitenomgeving   |  | 1,5                                     |
| 4                           | Doorstroomlucht                             | - In de grond<br>- In een gekoeld lokaal<br>- In de buitenomgeving   |  | 0,5 (1)                                 |
| 5 en 6                      | Extractielucht en recirculatielucht         | In het gebouw (binnen of buiten het beschermd volume) behalve alle zichtbare delen in verwarmde ruimtes.                         | Aanwezigheid van een stroomafwaarts geplaatst warmteterugwinapparaat en/of een voorziening voor recirculatie | 0,65                                    |

|  |             |  |  |         |
|--|-------------|--|--|---------|
|  |             | - In de grond<br>- In een gekoeld lokaal<br>- In de buitenomgeving |  | 1,5 (1) |
| 7  | afvoerlucht | Binnen het beschermd volume  | Voor delen stroomafwaarts van het warmteterugwinapparaat | 0,5 (1) |
| (1): de isolatie moet uitgevoerd worden met anticonderenserende materialen     |             |  |  |         |
| (2): met inbegrip van lucht verwarmd of gekoeld met een warmteterugwinapparaat |             |  |  |         |
| (3): ingestelde temperatuur van de luchtbehandeling onder nominale voorwaarden |             |  |  |         |

Tabel 6 - Minimaal vereiste warmteweerstand van luchtkanalen.

Het type vervoerde lucht volgens de norm NEN 13779: 2004 wordt geïllustreerd in Figuur 1:



Figuur 1 - Illustratie van de luchttypes volgens NEN 13779: 2004.

De warmteweerstand  $R$  van het kanaal wordt vereenvoudigd bepaald door de dikte van het isolatiemateriaal te delen door de warmtegeleidbaarheid van het isolatiemateriaal.

### Bescherming van de thermische isolatie

De thermische isolatie moet voorzien zijn van een bekleding als bescherming tegen:

- de blootstelling aan UV-stralen en aan de weersomstandigheden;
- aanvallen van allerlei dieren;
- mechanische beschadiging in doorgangzones.