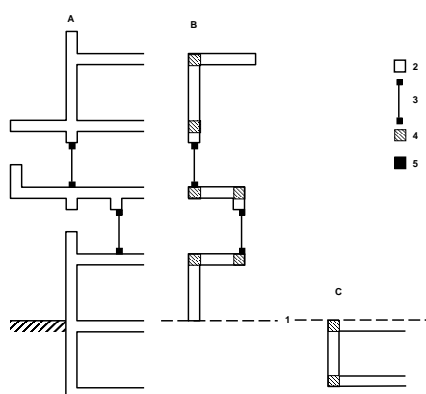


## 8 Transmissie

### 8.1 Modellerings van de gebouwmhulling

Modelleer de uitwendige gebouwmhulling tot een aaneengesloten systeem van ondoorschijnende elementen, ramen en deuren (inclusief kozijnen) en lineaire thermische bruggen, in vlakken en lijnen zoals aangegeven in figuur 8.1.

OPMERKING De modellering van de gebouwmhulling is volgens 4.2 van NEN-EN-ISO 13789.



#### Legenda

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| A werkelijke situatie              | 1 warmteverlies via de grond, zie 8.3                     |
| B modelbenadering NEN-EN-ISO 13789 | 2 vlakken, zie K.1.2                                      |
| C modelbenadering NEN-EN-ISO 13370 | 3 ramen, deuren, kozijnen, zie K.2                        |
|                                    | 4 lijnvormige elementen, zie K.1.4                        |
|                                    | 5 kozijnaansluitingen (als lijnvormig element), zie 8.2.3 |

**Figuur 8.1 — Verdeling van de uitwendige scheidingsconstructie in vlakken en lijnvormige elementen**

De grens tussen het deel van de uitwendige constructie boven de grond en het deel waardoor warmteverlies zowel naar de buitenlucht als naar de grond optreedt, wordt gevormd door:

- voor vloeren die op staal zijn gefundeerd, boven kruipruimten en onverwarmde kelders: het vlak dat samenvalt met het vlak van de bovenzijde van de vloer;
- voor gebouwen met een verwarmde ruimte onder het maaiveld: het vlak dat samenvalt met het aansluitende terrein.

## 8.2 Bepaling van de directe warmteverliescoëfficiënt tussen de verwarmde ruimte en de buitenlucht, $H_D$

### 8.2.1 Berekening van de directe warmteverliescoëfficiënt

De directe warmteverliescoëfficiënt tussen de verwarmde ruimte en de buitenlucht,  $H_D$ , in W/K, wordt berekend met:

$$H_D = \sum_i \left( A_{T,i} \cdot U_{C,i} \right) + \sum_k \left( \ell_k \cdot \psi_k \right) + \sum_j C_j \quad (8.1)$$

waarin:

$A_{T,i}$  is de geprojecteerde oppervlakte van het vlakke element  $i$  van de uitwendige scheidingsconstructie, bepaald volgens K.1.2, in m<sup>2</sup>;

$U_{C,i}$  is de warmtedoorgangcoëfficiënt, van het vlakke element  $i$  van de uitwendige scheidingsconstructie, berekend volgens 8.2.2, in W/(m<sup>2</sup>·K);

$\ell_k$  is de lengte van de lineaire thermische brug,  $k$ , bepaald volgens K.1.4, in m;

$\psi_k$  is de lineaire warmteverliescoëfficiënt van de thermische brug,  $k$ , bepaald volgens 8.2.3.1, in W/(m·K);

$C_j$  is de warmteverliescoëfficiënt van de puntvormige thermische brug,  $j$ , berekend volgens 8.2.4, in W/K.

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan 4.3 van NEN-EN-ISO 13789.

OPMERKING 2 Zie figuur 8.2 voor een toelichting op de oppervlakten en lineaire thermische bruggen die bij de berekening van  $H_D$  behoren te worden meegenomen.

OPMERKING 3 Voor drijvende bouwwerken wordt transmissie naar water als transmissie naar buitenlucht berekend. Constructies in contact met water worden daarom meegenomen in de directe warmteoverdrachtcoëfficiënt tussen de verwarmde ruimte en de buitenlucht.

OPMERKING 4 Alleen regelmatig voorkomende puntvormige thermische bruggen worden meegenomen in de berekening; incidentele puntvormige thermische bruggen worden buiten beschouwing gelaten. Bevestigingshulpmiddelen, zoals spouwankers, worden niet als puntvormige thermische brug in rekening gebracht. In plaats daarvan worden deze in rekening gebracht in 8.2.2.2.2.1. In deze gevallen geldt  $\chi = 0$  W/K.

OPMERKING 5 Wanneer sprake is van een grondpakket op een dak van een verblijfsruimte of een kelder moet de warmtedoorgangcoëfficiënt van het dak met grondpakket worden berekend conform paragraaf 8.2.

In verband met de berekening van  $TO_{\text{juil}}$  (volgens 5.7) wordt de directe warmteverliescoëfficiënt per oriëntatie bepaald. De directe warmteverliescoëfficiënt als gevolg van lineaire thermische bruggen ( $\ell_k \times \psi_k$ ) die deel uitmaakt van constructiedelen met verschillende oriëntaties, moet om die reden over de verschillende oriëntaties worden verdeeld. Het verlies als gevolg van deze thermische brug moet daarbij gelijk worden verdeeld over de oriëntaties.

In afwijking hiervan kan de directe warmteverliescoëfficiënt tussen de verwarmde ruimte en de buitenlucht ook worden berekend met een forfaitaire verrekening van de lineaire thermische bruggen.

In dat geval wordt de directe warmteverliescoëfficiënt tussen de verwarmde ruimte en de buitenlucht,  $H_{D}$ , in W/K, berekend met:

$$H_{Dfor} = \sum_i (A_{T,i} \times (U_{C,i} + \Delta U_{for})) \quad (8.2)$$

De forfaitaire verrekening van lineaire thermische bruggen mag alleen worden toegepast wanneer dit voor het gehele gebouw wordt gedaan; warmteverliescoëfficiënt-berekening met vermenging van forfaitaire en niet-forfaitaire rekenmethoden is niet toegelaten.

$\Delta U_{for}$  is de forfaitaire toeslag voor de verrekening van de lineaire thermische bruggen, in W/(m<sup>2</sup>·K), bepaald volgens:

$$\Delta U_{for} = \max \left[ 0; 0,1 - 0,25 \times \left( \frac{\sum_i (A_{T,ntr,i} \times U_{C,ntr,i})}{\sum_i A_{T,ntr,i}} - 0,4 \right) \right] \quad (8.3)$$

waarin:

$A_{T,ntr,i}$  is de geprojecteerde oppervlakte van het ondoorschijnende vlak  $i$ , niet zijnde een vloer boven een kruipruimte of direct op ondergrond of een paneel, bepaald volgens K.1.2, in m<sup>2</sup>;

$U_{C,ntr,i}$  is de warmtedoorgangcoëfficiënt van het ondoorschijnende vlak  $i$ , niet zijnde een vloer boven een kruipruimte of direct op ondergrond of een paneel, bepaald volgens 8.2.2.2, in W/(m<sup>2</sup>·K).

OPMERKING 7 Alle ondoorschijnende vlakken, niet zijnde een vloer boven een kruipruimte of direct op ondergrond of een paneel worden hierin meegerekend. De forfaitaire verrekening van de lineaire thermische bruggen voor vloeren is opgenomen in 8.3.3.1.

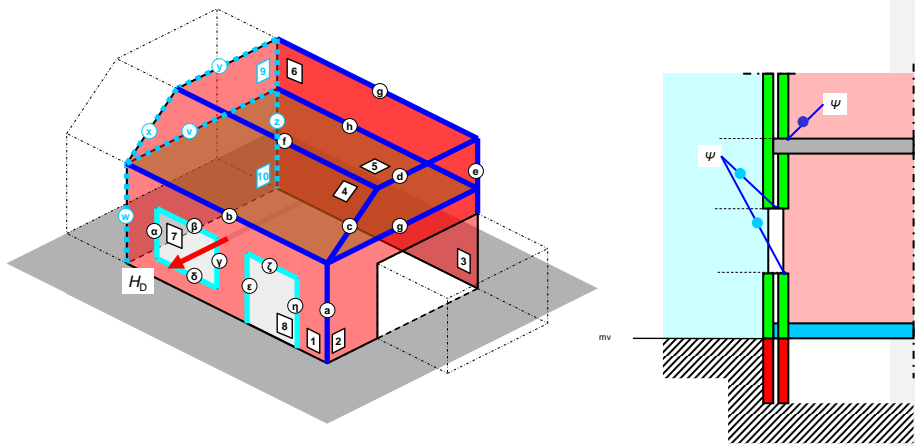
OPMERKING 8  $\Delta U_{for}$  wordt bepaald op basis van de eigenschappen van de ondoorschijnende delen van de scheidingsconstructie, maar is wel op alle delen van de scheidingsconstructie van toepassing.

OPMERKING 1 — De consequentie van deze formule (8.3) is dat bij goed geïsoleerde constructies (dus een lage  $U$ -waarde) een hoge toeslag wordt meegenomen. Dus hoe lager de warmtedoorgang (warmteverlies), hoe hoger de toeslag. Daarnaast kan de  $\Psi$ -waarde exact worden berekend conform dit hoofdstuk. In de bouwfysische tabellen van de SBR-referentiedetails zijn exact berekende waarden opgenomen. Voor kleine afwijkingen ten opzichte van de SBR-referentiedetails wordt een toeslag van 25 % op de  $\Psi$ -waarde gehanteerd. Kleine afwijkingen wil zeggen dat bijvoorbeeld het buitenspouwblad en het binnenspouwblad dikker of dunner worden uitgevoerd. De isolatielaag mag niet wijzigen.

OPMERKING 9 Zie voorbeeldgetallen in onderstaande tabel.

Tabel 8.1 — Voorbeeldgetallen forfaitaire toeslag voor verrekening van lineaire thermische bruggen

Gemiddelde $U$ -waarde van de niet-transparante uitwendige scheidingsconstructies, niet zijnde een vloer boven een kruipruimte of direct op de ondergrond of een paneel in een pui [ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ]	$\Delta U_{\text{for}}$ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$
0,8	0,0
0,6	0,05
0,4	0,1



Legenda

Vlakken

- 1  $A_{T,1}; U_1$
- 2  $A_{T,2}; U_2$
- 3  $A_{T,3}; U_3$
- 4  $A_{T,4}; U_4$
- 5  $A_{T,5}; U_5$
- 6  $A_{T,6}; U_6$
- 7  $A_{T,7}; U_7$
- 8  $A_{T,8}; U_8$
- 9  $A_{T,9}; U_9$
- 10  $A_{T,10}; U_{10}$

Thermische bruggen

- a  $\ell_a; \psi_a$
- b  $\ell_b; \psi_b$
- c  $\ell_c; \psi_c$
- d  $\ell_d; \psi_d$
- e  $\ell_e; \psi_e$
- f  $\ell_f; \psi_f$
- g  $\ell_g; \psi_g$
- h  $\ell_h; \psi_h$
- i  $\ell_i; \psi_i$
- $\alpha$   $\ell_\alpha; \psi_\alpha$
- $\beta$   $\ell_\beta; \psi_\beta$
- $\gamma$   $\ell_\gamma; \psi_\gamma$
- $\delta$   $\ell_\delta; \psi_\delta$
- $\epsilon$   $\ell_\epsilon; \psi_\epsilon$
- $\zeta$   $\ell_\zeta; \psi_\zeta$
- $\eta$   $\ell_\eta; \psi_\eta$
- v  $\ell_v; \psi_v$
- w  $\ell_w; \psi_w$
- x  $\ell_x; \psi_x$
- y  $\ell_y; \psi_y$
- z  $\ell_z; \psi_z$

Figuur 8.2— Visuele weergave van de parameters bepalend voor de berekening van  $H_D$

OPMERKING 10 Vlak 9 en 10 en de lineaire thermische bruggen v, w, x, y en z worden bij de berekening van  $H_D$  alleen meegenomen wanneer deze een scheidingsvlak vormen tussen de verwarmde ruimte en de buitenlucht. Zijn de vlakken 9 en 10 de scheiding met een aangrenzende verwarmde ruimte van een ander gebouw of

rekenzone, dan worden de (naar buiten gerichte) lineaire thermische bruggen  $w$ ,  $x$ ,  $y$  en  $z$  meegenomen (bij respectievelijk de vlakken 1, 4, 5 en 3 en 6) voor het aandeel dat aan de beschouwde woning is toe te rekenen: de  $\psi$ -waarde wordt bepaald met behulp van een detail dat is geschematiseerd met een adiabatisch vlak ter plaatse van de hartlijn van de bouwmuur. Indien de  $\psi$ -waarde voor een geheel bouwmuurdetail is gegeven, behoort de helft van de opgegeven warmtestroom te worden genomen. Als een lineaire thermische brug de scheiding vormt tussen twee rekenzones of het vormt de scheiding tussen een rekenzone en een AOR/AOS, dan behoort de directe warmteverliescoëfficiënt als gevolg van lineaire thermische bruggen ( $\ell_k \times \psi_k$ ) gelijk te worden verdeeld over de rekenzones dan wel de rekenzone en de AOR/AOS.

OPMERKING 11 Bij de berekening van de  $H_D$  worden niet meegenomen:

- de scheidingsvlakken tussen de verwarmde ruimte en aangrenzende onverwarmde ruimten;
- de scheidingsvlakken tussen de verwarmde ruimte en aangrenzende verwarmde ruimten;
- lineaire thermische bruggen die een scheiding vormen tussen scheidingsvlakken en de grond (of water).

## 8.2.2 Bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt van een constructie, $U_c$

### 8.2.2.1 Onderverdeling naar verschillende typen scheidingsconstructies

Voor de berekening van de warmtedoorgangscoefficiënt worden scheidingsconstructies onderverdeeld in:

- a) doorschijnende constructieonderdelen, niet zijnde deuren of kozijn met vast paneel, zie 8.2.2.2;
- b) constructies met doorschijnende onderdelen (raam of deur (inclusief kozijn), kozijn met vast paneel), zie 8.2.2.3;

Onderdeel 8.2.2.3 beperkt zich wat betreft ramen en deuren tot een raam (of deur) tot 1 en 2-vleugelige beweegbare delen, met enkelvoudige ramen, voorzien van enkelvoudige of meervoudige beglazing.

De warmtedoorgangscoefficiënt van voorzetramen, achterzetramen en (in de thermische transmissie richting) gekoppelde ramen voor dubbele en gekoppelde ramen moet worden bepaald volgens 6.4.2.1.2, 6.4.2.1.3 en 6.4.2.2 van NEN-EN-ISO 10077-1.

- c) vliesgevels; de warmtedoorgangscoefficiënt van vliesgevels wordt bepaald volgens NEN-EN-ISO 12631;

OPMERKING NEN-EN-ISO 12631 vervangt NEN-EN 13947.

- d) industriële, bedrijfs- en garagedeuren; de warmtedoorgangscoefficiënt van bedrijfs- en garagedeuren moet worden bepaald volgens NEN-EN 12428.

De bepaling van de geometrische karakteristieken geschiedt volgens 6.3.1 van NEN-EN-ISO 10077-1.

Een berekende warmtedoorgangscoefficiënt van ondoorschijnende constructieonderdelen, die wordt gepresenteerd en/of gebruikt in 8.2.1, formule (8.1), moet rekenkundig op 2 decimalen worden afgerond.

Bij de berekening van de warmtedoorgangscoefficiënt worden tussenresultaten niet, of anders ten minste op vier decimalen, rekenkundig afgerond. Wanneer een warmtedoorgangscoefficiënt moet worden getoetst aan een met een bepaald aantal decimalen gegeven criterium, dan moet de aldus berekende  $U_c$ -waarde rekenkundig worden afgerond op het gewenste aantal decimalen, bijvoorbeeld met  $U_c = 1,2513$  en een gewenste weergave in 2 decimalen wordt  $U_c = 1,25$ .

Een berekende warmtedoorgangscoefficiënt van doorschijnende constructieonderdelen (de categorieën b) en c), die wordt gepresenteerd en/of gebruikt in 8.2.1, formule (8.1), moet voor

waarden groter dan 1,0 rekenkundig op 1 decimaal worden afgerond en voor waarden onder 1,0 op 2 decimalen.

OPMERKING 2 Deze regel is ontleend aan het voorschrift in 7.2.3 van NEN-EN-ISO 10077-1.

## 8.2.2.2 Ondoorschijnende constructiedelen

### 8.2.2.2.1 Bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt, $U_c$

De warmtedoorgangscoefficiënt,  $U_c$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , wordt berekend uit de thermische koppelingcoëfficiënt,  $L$ , en de geprojecteerde oppervlakte van de constructie volgens onderstaande formules. De toeslagfactor moet worden toegepast als deze meer dan 3 % van de berekende warmtedoorgangscoefficiënt,  $U_T$ , bedraagt. In andere gevallen bedraagt de toeslagfactor  $\Delta U$  0  $W/(m^2 \cdot K)$ .

$$U_c = \frac{U_T}{f_{\text{prac}}} + \Delta U \quad (8.4)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan bijlage F van NEN-EN-ISO 6946, waarbij de praktijk-prestatiefactor is toegevoegd.

waarin:

$\Delta U$  is de toeslagfactor voor eventuele convectie, bevestigingshulpmiddelen en omgekeerd dak, bepaald volgens 8.2.2.2.2, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$f_{\text{prac}}$  is de praktijk-prestatiefactor voor ondoorschijnende constructiedelen, waarvoor geldt  $f_{\text{prac}}=1$ ;

OPMERKING 2 De praktijk-prestatiefactor corrigeert voor het feit dat in de praktijk de prestaties teruglopen en/of de methode niet corrigeert voor typische Nederlandse omstandigheden of toepassingswijze. De praktijk-prestatiefactor is voor ondoorschijnende constructiedelen op 1 gesteld, omdat in de gedeclareerde lambda waarden al rekening is gehouden met veroudering.

$U_T$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van een totale constructie zonder correctie op de  $U$ -waarde, waarbij:

$$U_T = \frac{L_c}{A_{\text{con}}} \quad (8.5)$$

met:

$A_{\text{con}}$  is de geprojecteerde oppervlakte van het onderdeel, bepaald volgens K.1.3, in  $m^2$ ;

$L_c$  is de thermische koppelingcoëfficiënt van het onderdeel, bepaald volgens 8.6, in  $W/K$ .

OPMERKING 3 In de numerieke berekeningen volgens 8.6 is de invloed van bevestigingshulpmiddelen (fa) hetzij in de volledige 3D-modellering opgenomen dan wel verwerkt in de eigenschappen van de quasihomogene laag.

In afwijking hiervan mag  $U_T$  ook worden berekend met:

$$U_T = \frac{1}{R_T} \quad (8.6)$$

waarin:

$R_T$  is de warmteweerstand van de totale constructie, bepaald volgens C.1.2 in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ .

In afwijking van het voorgaande moet de warmtedoorgangscoefficiënt van schuin aflopende constructieonderdelen (zoals een dak met afschotisolatie) met een hellingshoek  $\leq 5\%$ , worden bepaald volgens C.4.4.

Voor ventilatieroosters en suskasten moet een  $U_c$ -waarde van  $6,2 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$  worden gehanteerd.

In afwijking van het voorgaande mag voor ventilatieroosters, leidingdoorvoeren en daarmee vergelijkbare doorvoeren door de scheidingsconstructies, voor zover de totale oppervlakte van deze doorvoeren niet meer bedraagt dan  $1\%$  van de gebruiksoppervlakte van alle verwarmde zones, de  $U_c$ -waarde worden gehanteerd van de constructies waarin deze ventilatieroosters en doorvoeren zijn opgenomen.

OPMERKING 4 In dat geval hoeft namelijk de desbetreffende oppervlakte niet apart te worden vastgesteld.

OPMERKING 5 Een vergelijkbare doorvoering is bijvoorbeeld wel de brievenbus, maar niet een (klein) raam of een luik.

Indien de opbouw en samenstelling van de constructie niet bekend is mag de warmtedoorgangscoefficiënt van de constructie,  $U_c$ , of de warmteweerstand van de constructie,  $R_c$ , niet bekend is, mag deze in afwijking van voorgaande worden bepaald volgens bijlage I.2.1.

OPMERKING 6 In bepaalde gevallen is het wenselijk om inzicht te hebben in de gemiddelde thermische kwaliteit van constructies. Voor het bepalen van de gemiddelde thermische kwaliteit moet gebruik worden

gemaakt van de volgende bepalingmethode: 
$$U_{c,gem} = \frac{U_{c,a} \times A_{T,a} + U_{c,b} \times A_{T,b} + \dots}{A_{T,a} + A_{T,b} + \dots}$$

Als de binnenovergangsweerstand ( $R_{si}$ ) en buitenovergangsweerstand ( $R_{se}$ ) van de verschillende constructies gelijk zijn, dan kan de gemiddelde warmteweerstand ( $R_{c,gem}$ ), analoog aan formule (C.1) als volgt worden

bepaald: 
$$R_{c,gem} = \frac{1}{U_{c,gem}} - R_{si} - R_{se}$$

Waarbij:

$U_{c,gem}$ : de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt van de constructies, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;

$R_{c,gem}$ : de gemiddelde warmteweerstand van de constructies, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ ;

$A_{T,1}, A_{T,2}, \dots$ : de geprojecteerde oppervlakte van het vlakke element 1, 2, ... van de uitwendige scheidingsconstructie, bepaald volgens K.1.2, in  $\text{m}^2$ ;

$U_{c,1}, U_{c,2}, \dots$ : de warmtedoorgangscoefficiënt van vlakke element 1, 2, ... van de uitwendige scheidingsconstructie, bepaald volgens 8.2.2.2.1, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;

$R_{si}$ : is de warmteovergangsweerstand aan het inwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ ;

$R_{se}$ : is de warmteovergangsweerstand aan het uitwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ .

De thermische isolatieprestatie wordt bepaald op componentniveau. De energieprestatie betreft de prestatie op gebouwniveau. Voor de bepaling van de energieprestatie op gebouwniveau moet bij de berekening dan ook de werkelijke warmteweerstand van de constructie (dus niet de gemiddelde waarde) worden gebruikt. De bepaling van de gemiddelde thermische kwaliteit heeft als doel te kunnen beoordelen of er aan een gestelde grenswaarde (warmteweerstandseis) wordt voldaan. Bij het bepalen van de energieprestatie-indicatoren van een gebouw moet gebruik worden gemaakt van de thermische kwaliteit van de individuele elementen.

Gewijzigde veldcode

Gewijzigde veldcode

#### 8.2.2.2.2 Bepaling van de toeslagfactor, $\Delta U$

##### 8.2.2.2.2.1 Algemeen

De toeslagfactor voor eventuele convectie, puntvormige bevestigingshulpmiddelen (ankers) en regenwater/drainage (omgekeerd dak), wordt berekend met:

$$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_{fa} + \Delta U_r \quad (8.8)$$

waarin:

$\Delta U_a$  is de toeslagfactor voor convectie ('air voids'), bepaald volgens 8.2.2.2.2.2, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$\Delta U_{fa}$  is de toeslagfactor voor bevestigingshulpmiddelen (ankers), bepaald volgens 8.2.2.2.2.3, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$\Delta U_r$  is de toeslagfactor voor een omgekeerd dak (indien van toepassing), bepaald volgens 8.2.2.2.2.4, in  $W/(m^2 \cdot K)$ .

**OPMERKING** Zoals toegelicht in 8.2.2.1 moet de toeslagfactor  $\Delta U$  uitsluitend worden toegepast als deze meer dan 3 % van de berekende warmtedoorgangscoefficiënt,  $U_T$ , bedraagt. In andere gevallen bedraagt de toeslagfactor  $\Delta U$  0  $W/(m^2 \cdot K)$ .

##### 8.2.2.2.2.2 Bepaling van de toeslagfactor voor convectie, $\Delta U_a$

De toeslagfactor voor convectie volgt uit:

$$\Delta U_a = \Delta U'' \times \left( \frac{R_1}{R_T} \right)^2 \quad (8.9)$$

**OPMERKING** Deze formule is ontleend aan D.2 van NEN-EN-ISO 6946, met dien verstande dat deze toeslagfactor in NEN-EN-ISO 6946 wordt aangeduid met  $\Delta U_g$ .

waarin:

$R_1$  is de warmteweerstand van de isolatielaag die luchtopeningen bevat, bepaald als  $R_{calc}$  volgens E.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_T$  is de warmteweerstand van de totale constructie, met verwaarlozing van eventuele thermische bruggen, bepaald volgens formule (C.3) in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$\Delta U''$  is de correctiefactor voor convectie, in  $W/(m^2 \cdot K)$ , te ontlelen aan tabel 8.2.

**Tabel 8.2 — Correctiefactor voor convectie**

Situatie		$\Delta U''$ $W/(m^2 \cdot K)$
0	<b>Geen convectie</b> Situatie waarbij de isolatie zo is aangebracht dat aan de warme zijde van de	0,00



	<p>isolatie geen luchtcirculatie mogelijk is en waarbij er geen luchtholten zijn die de gehele isolatielaag doorbreken.</p> <p>OPMERKING Het risico van het optreden van circulatie van lucht rondom de thermische isolatie kan worden uitgesloten in geval van:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) meerdere, niet-onderbroken isolatielagen met verspringende naden tussen de afzonderlijke isolatielagen, zonder onderbreking van de isolatielaag met constructie-elementen (regels, balken);</li> <li>b) meerdere isolatielagen, waarvan één isolatielaag doorlopend, zonder onderbreking van de isolatielaag met constructie-elementen (regels, balken);</li> <li>c) een enkele, niet-onderbroken isolatielaag met speciale uitvoering van de (tussen)naden van de isolatieplaten (diverse sponningsvormen, of naden voorzien van een afdichting, bijvoorbeeld met tape); of een isolatielaag van samendrukbaar isolatiemateriaal waarbij het materiaal ter plaatse van de naden stotend tegen elkaar is aangebracht;</li> <li>d) enkel- of meervoudige isolatielagen tussen constructie-elementen zoals balken, sporen of dergelijke, waarbij de isolatie overal goed tegen de constructie-elementen aansluit, hetzij door knellende plaatsing in geval van samendrukbare isolatie, hetzij door voegvulling of aftaping in geval van harde isolatie;</li> <li>e) een geprefabriceerd, luchtdicht isolatie-element, waarbij de thermische isolatie in het element niet is onderbroken door constructie-elementen en geheel sluitend (zonder luchtopeningen) in het element is opgesloten;</li> </ul> <p>en wanneer daarbij sprake is van een vlakke ondergrond over de gehele oppervlakte aan de 'warme' zijde van de thermische isolatie, waarbij de isolatie over de gehele oppervlakte nauw aansluit op de ondergrond. Van een vlakke ondergrond is sprake indien het risico van (plaatselijke) onregelmatigheden met een dikte 5 mm of meer, geheel kan worden uitgesloten.</p>	
1	<p><b>Zwakke convectie</b></p> <p>Situaties waarbij de isolatie zo is aangebracht dat luchtholten de isolatielaag kunnen doorbreken maar dat aan de warme zijde van de isolatie geen luchtcirculatie mogelijk is.</p> <p>OPMERKING Deze situatie is van toepassing in gevallen waarop situatie 0 en situatie 2 niet van toepassing zijn.</p>	0,01

2	<p><b>Sterke convectie</b></p> <p>Situaties waarbij de isolatie zo is aangebracht dat luchtholten de isolatielaag doorbreken en waarbij aan de warme zijde van de isolatie luchtcirculatie mogelijk is.</p> <p>OPMERKING Het risico van het optreden van circulatie van lucht rondom de thermische isolatie kan niet worden uitgesloten, zoals:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— wanneer een niet-samendrukbaar isolatiemateriaal, zonder luchtdichte afdichting van (tussen)naden, aansluit op een (gedeeltelijk) niet-vlakke ondergrond aan de ‘warme’ zijde van de thermische isolatie in combinatie met aanwezigheid van een luchtspouw (5 mm of meer) aan de koude zijde van de isolatie. Van een niet-vlakke ondergrond is sprake indien er een risico bestaat van (plaatselijke) onregelmatigheden met een dikte 5 mm of meer, waardoor de isolatieplaat gaat ‘schotelen’;</li> <li>— bij een luchtspouw (dikte 5 mm of meer) aanwezig is aan de ‘warme’ en ‘koude’ zijde van de thermische isolatie en de aanwezigheid van openingen ter plaatse van (tussen)naden van de thermische isolatie niet kunnen worden uitgesloten.</li> </ul>	0,04
---	--	------

### 8.2.2.2.2.3 Bepaling van de toeslagfactor voor bevestigingshulpmiddelen, $\Delta U_{fa}$

De toeslagfactor  $\Delta U_{fa}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , voor bevestigingshulpmiddelen (ankers of andere puntvormige doorvoeringen) volgt uit:

$$\Delta U_{fa} = n_{fa} \times \chi_{fa} \quad (8.10)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan F.3.1 van NEN-EN-ISO 6946.

waarin:

$n_{fa}$  is het aantal bevestigingshulpmiddelen per  $m^2$ , in  $m^{-2}$ ;

$\chi_{fa}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van de puntvormige thermische brug (het bevestigingshulpmiddel), bepaald volgens 8.2.4.2, in  $W/K$ .

De toeslagfactor  $\Delta U_{fa}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , voor bevestigingshulpmiddelen kan ook op een wijze vergelijkbaar aan berekening van de andere toeslagfactoren worden bepaald:

$$\Delta U_{fa} = \alpha_{fa} \times \left( \frac{R_1}{R_T} \right)^2 \quad (8.11)$$

OPMERKING 2 Deze formule is ontleend aan F.3.2 van NEN-EN-ISO 6946.

waarin:

$R_1$  is de warmteweerstand van de isolatielaag die wordt doorbroken door de bevestigingshulpmiddelen, bepaald, voor de isolatielaag zonder bevestigingshulpmiddelen, als  $R_{calc}$  volgens E.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_T$  is de warmteweerstand van de totale constructie, zonder correctie op de  $U$ -waarde, bepaald volgens formule (C.3) in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$\alpha_{fa}$  is de correctiefactor voor bevestigingshulpmiddelen, in  $W/(m^2 \cdot K)$ , waarbij:

— in geval van berekening van  $U_C$  vanuit de thermische koppelingscoëfficiënt  $L_C$ , volgens formule (8.4):

$$\alpha_{fa} = 0$$

OPMERKING 3 In  $L_c$  (zie formule (8.5)) zijn de effecten van bevestigingshulpmiddelen reeds meegenomen; de correctie voor ankers is reeds verdisconteerd in de quasihomogene laag; zie 8.6.3.

— in geval van berekening van  $U_c$  vanuit  $U_T$ , volgens formule (8.6):

$$\alpha_{fa} = \left( 0,8 \times \frac{d_{fa}}{d_{iso}} \right) \times \frac{(n_{fa} \times \lambda_{fa} \times A_{fa})}{d_{iso}} \quad (8.12)$$

waarin:

$\lambda_{fa}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de bevestigingshulpmiddelen, in  $W/(m \cdot K)$ ;

$A_{fa}$  is de netto-oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de puntvormige doorvoering van het bevestigingshulpmiddel, in  $m^2$ ;

$d_{iso}$  is de dikte van de isolatielaag, in m;

$d_{fa}$  is de indringingsdiepte van het bevestigingshulpmiddel in de isolatielaag, in m;

$n_{fa}$  is het aantal bevestigingsmiddelen per  $m^2$  in de isolatielaag.

#### 8.2.2.2.4 Bepaling van de toeslagfactor voor een omgekeerd dak, $\Delta U_r$

De toeslagfactor voor een omgekeerd dak waarbij de neerslag onder de isolatie over een waterdicht membraan wordt afgevoerd, volgt uit:

$$\Delta U_r = (p \times f \times x) \times \left( \frac{R_1}{R_T} \right)^2 \quad (8.13)$$

OPMERKING 1 De formule is ontleend aan F.6t van NEN-EN-ISO 6946.

waarin:

$R_1$  is de warmteweerstand van de isolatielaag van het omgekeerd dak, bepaald als  $R_{calc}$  volgens E.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_T$  is de warmteweerstand van de totale constructie, zonder correctie op de  $U$ -waarde, bepaald volgens formule (C.3), in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$p$  is de gemiddelde neerslaghoeveelheid per dag, te weten 2,105 mm/day;

OPMERKING 2 Dit is de gemiddelde neerslag per dag over de maanden oktober t/m april in het tijdvak 1971–2000, als gemiddelde van vijftien relevante Nederlandse weerstations, zoals geregistreerd door het KNMI.

$f \times x$  is de gecombineerde invloed van de mate van drainage van het omgekeerd daksysteem,  $f$ , in het warmteverlies door regenwater,  $x$ , dat tussen de isolatielaag en het waterdichte membraan stroomt, in  $(W \cdot day)/(m^2 \cdot K \cdot mm)$ .

Voor de gecombineerde factor  $f \times x$  gelden de volgende getalswaarden:

a) in geval van een isolatielaag van geëxtrudeerd polystyreenschuim (XPS):

— bij toepassing in een tuindak,  $f \times x = 0,02 (W \cdot day)/(m^2 \cdot K \cdot mm)$ ;

- voor platen voorzien van een randafwerking (bijvoorbeeld sponning of tand en groef),  $fx = 0,03 \text{ (W} \cdot \text{day)/(m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{mm)}$ ;
- voor platen zonder randafwerking (rechte kanten),  $fx = 0,04 \text{ (W} \cdot \text{day)/(m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{mm)}$ ;
- in geval van een omgekeerd dak waarbij de neerslag op gecontroleerde wijze door middel van een dampopen en waterdichte scheidingslaag over de isolatie wordt afgevoerd:  
 $fx = 0,01 \text{ (W} \cdot \text{day)/(m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{mm)}$ ;

b) in geval van een andere isolatielaag dan XPS,  $fx = 0,05 \text{ (W} \cdot \text{day)/(m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{mm)}$ .

### 8.2.2.3 Constructies met doorschijnende onderdelen

#### 8.2.2.3.1 Bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt van ramen en raamdeuren, $U_W$ , en glasdeuren, $U_D$

OPMERKING 1 Onder een glasdeur-raamdeur wordt verstaan een raam als deur, hierbij is het lichtdoorlatende deel rondom voorzien van een enkelvoudig kader, deur waarvan de oppervlakte van de lichtdoorlatende delen groter is dan of gelijk aan 65 % van de totale oppervlakte van de deur inclusief kozijn.

De warmtedoorgangscoefficiënt van een raam,  $U_W$ , of een glasdeur-raamdeur,  $U_D$ ,  $U_W$ , in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , volgt uit:

$$U_W = \frac{\sum A_{gl} \times \frac{U_{gl}}{f_{prac}} + \sum A_{fr} \times U_{fr} + \sum l_{gl} \times \psi_{gl}}{A_{gl} + A_{fr}} \quad (8.14)$$

OPMERKING 2 Deze formule is ontleend aan hoofdstuk 6 van NEN-EN-ISO 10077-1, waarbij de praktijkprestatiefactor is toegevoegd.

In afwijking hiervan mag de warmtedoorgangscoefficiënt van een raam of een glasdeur-raamdeur worden bepaald met:

$$U_W = \max(U_1; U_2) \\ U_W = U_D = \max(U_1; U_2) \quad (8.15)$$

waarin:

$$U_1 = 0,7 \times \frac{U_{gl}}{f_{prac}} + 0,3 \times U_{fr} + 2,5 \times \psi_{gl} \quad (8.16)$$

$$U_2 = 0,8 \times \frac{U_{gl}}{f_{prac}} + 0,2 \times U_{fr} + 2,5 \times \psi_{gl} \quad (8.17)$$

waarin:

$A_{gl}$  is de kleinste van de zichtbare oppervlakten van de beglazing, bepaald volgens K.2.1, in  $\text{m}^2$ ;

$U_{gl}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van de beglazing, bepaald volgens 8.2.2.3.5.1, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;

Gewijzigde veldcode

$f_{\text{prac}}$  is de praktijk-prestatiefactor ~~voor ondoorschijnende constructiedelen~~, waarvoor geldt  $f_{\text{prac}}=1$ ;

OPMERKING 3 De praktijk-prestatiefactor corrigeert voor het feit dat in de praktijk de prestaties teruglopen en/of de methode niet corrigeert voor typische Nederlandse omstandigheden of toepassingswijze. De praktijk-prestatiefactor is voor beglazing op 1 vastgesteld, omdat in de bepaling van de U-waarde al rekening wordt gehouden met teruglopende prestaties ten gevolge van gasuittreding en vochtindringing.

$A_{\text{fr}}$  is de geprojecteerde kozijnoppervlakte, bepaald volgens K.2.3, in  $\text{m}^2$ ;

$U_{\text{fr}}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van het kozijn, bepaald volgens 8.2.2.3.5.3, in  $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ;

~~$\Sigma(\ell_{\text{gl}})$~~  is de ~~som van de~~ zichtbare omtrekken van de beglazing, bepaald volgens K.2.2, in m;

$\psi_{\text{gl}}$  is de lineaire warmteverliescoëfficiënt als gevolg van de gecombineerde effecten van beglazing, afstandhouder en kozijn, bepaald volgens 8.2.3.2, in  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ;

en waarin voor een nadere uitleg van de geïndexeerde grootheden  $A$  en  $\ell$  wordt verwezen naar bijlage K.

Hierbij geldt dat voor alle ramen en ~~glasdeuren-raamdeuren~~ dezelfde keuze moet worden gemaakt; hetzij bepaling volgens formule (8.14), dan wel bepaling volgens formule (8.15).

De rekenwaarde voor de warmtedoorgangscoefficiënt van een raam, inclusief kozijn,  $U_{\text{W;calc}}$ , in  $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , mag ook worden ontleend aan tabel 8.3.

Tabel 8.3 — Warmtedoorgangscoefficienten ( $U_{W;calc}$ ) van ramen voor verschillende kozijntypen

$U_{gl}^a$ W/m <sup>2</sup> ·K	Kozijntype		
	A <sup>b</sup>	B <sup>c</sup>	C <sup>d</sup>
	$U_{W;calc}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)		
5,8	5,2	5,4	6,2
3,3	3,3	3,6	4,5
3,2	3,2	3,6	4,4
3,0	3,0	3,4	4,2
2,8	2,9	3,3	4,1
2,6	2,8	3,2	4,0
2,4	2,6	3,1	3,9
2,2	2,5	2,9	3,7
2,0	2,3	2,8	3,6
1,8	2,2	2,6	3,5
1,6	2,0	2,5	3,3
1,4	1,9	2,4	3,2
1,2	1,8	2,2	3,0
1,0	1,6	2,1	2,9
0,9	1,5	2,0	2,8
0,7	1,4	1,9	2,7
0,5	1,3	1,7	2,5
a Ontleen de waarde van $U_{gl}$ aan bijlage G.			
b Kozijntype A is een kozijn van hout of kunststof waarvoor een forfaitaire U-waarde van 2,4 W/(m <sup>2</sup> ·K) in rekening is gebracht.			
c Kozijntype B is een metalen kozijn met thermische onderbreking die voldoet aan de in bijlage C van deze NPR gegeven voorwaarden en waarvoor een forfaitaire U-waarde van 3,8 W/(m <sup>2</sup> ·K) in rekening is gebracht.			
d Kozijntype C is een metalen kozijn zonder (voldoende) thermische onderbreking en waarvoor een forfaitaire U-waarde van 7,0 W/(m <sup>2</sup> ·K) in rekening is gebracht.			

OPMERKING 1 Interpoleer rechtlijnig voor tussenliggende waarden.

OPMERKING 2 De warmtedoorgangscoefficient voor metalen kozijnen kan afhankelijk van de dikte van thermische onderbreking worden bepaald aan de hand van bijlage F.4.van NEN-EN-ISO 10077-1. Om de daarmee berekende waarden te kunnen gebruiken, moet worden voldaan aan de daar aangegeven randvoorwaarden.

OPMERKING 3 Voor beter isolerende beglazing zijn in Nederland de klasse-aanduidingen HR, HR+ en HR++ respectievelijk ZHR, ZHR+ en ZHR++ ingevoerd.

Voor HR gelden de volgende eisen:  
 $1,6 < U_{gl} \leq 2,0$  W/(m<sup>2</sup> K) en  
LTA-waarde  $\geq 70$  %;

Voor HR+ gelden de volgende eisen:  
 $1,2 < U_{gl} \leq 1,6$  W/(m<sup>2</sup> K) en  
LTA-waarde  $\geq 70$  %;

Voor HR++ gelden de volgende eisen:

$U_{gl} \leq 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  en

$LTA\text{-waarde} \geq 70 \%$ .

De lichttoetredingsfactor  $LTA$  is gedefinieerd als het quotiënt van de hoeveelheid van de doorgelaten zichtbare zonnestraling en die van de opvallende zichtbare zonnestraling per oppervlakte en per tijd bij loodrechte invalshoek.  $LTA$  wordt bepaald volgens ~~bijlage B van NEN-2057~~ NEN-ISO 9050. De  $LTA$  heet in deze norm  $\tau_v$ . Overigens is de lichttoetredingsfactor in de praktijk (andere invalshoeken) circa 10 % lager.

De kwalificaties ZHR, ~~ZKR~~ ZHR+ en ZHR++ gaan uit van overeenkomstige  $U$ -waarden, maar afwijkende  $LTA$ -waarden en een eis aan de  $g$ -waarde.

Indien de warmtedoorgangscoefficiënt van een raam of een raamdeur,  $U_w$ , ~~of een glasdeur~~,  $U_b$ , niet bekend is, mag deze in afwijking van voorgaande worden bepaald volgens bijlage I.2.2.

#### 8.2.2.3.2 Bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt van deuren met glas en panelen, $U_b$

De warmtedoorgangscoefficiënt van een deur met beglazing en panelen,  $U_b$ , in  $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ , volgt uit:

$$U_w \equiv U_b = \frac{\Sigma A_{gl} \cdot \frac{U_{gl}}{f_{prac}} + \Sigma A_p \cdot U_p + \Sigma A_{fr} \cdot U_{fr} + \Sigma \ell_{gl} \cdot \psi_{gl} + \Sigma \ell_p \cdot \psi_p}{A_{gl} + A_p + A_{fr}} \quad (8.18)$$

OPMERKING Berekening ontleend aan hoofdstuk 6 van NEN-EN-ISO 10077-1.

waarin:

$A_{gl}$  is de kleinste van de zichtbare oppervlakten van de beglazing, bepaald volgens K.2.1, in  $\text{m}^2$ ;

$U_{gl}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van de beglazing, bepaald volgens 8.2.2.3.5.1, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ;

$f_{prac}$  is de praktijk-prestatiefactor voor ondoorschijnende constructiedelen, waarvoor geldt  $f_{prac} = 1$ ;

$A_p$  is de kleinste van de zichtbare oppervlakten van het paneel, bepaald volgens K.2.1, in  $\text{m}^2$ ;

$U_p$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van het paneel of het deurblad, bepaald volgens 8.2.2.3.5.2, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ;

$A_{fr}$  is de geprojecteerde kozijnoppervlakte, bepaald volgens K.2.3, in  $\text{m}^2$ ;

$U_{fr}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van het kozijn, bepaald volgens 8.2.2.3.5.3, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ;

~~$\Sigma \ell_{gl}$~~  is de ~~som van de~~ zichtbare omtrekken van de beglazing, bepaald volgens K.2.2, in m;

$\psi_{gl}$  is de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt als gevolg van de gecombineerde effecten van beglazing, afstandhouder en kozijn, bepaald volgens 8.2.3.2, in  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ;

~~$\Sigma \ell_p$~~  is ~~de som van de~~ zichtbare omtrekken van het paneel, bepaald volgens K.2, in m;

$\psi_p$  is de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt als gevolg van de gecombineerde effecten van paneel en kozijn, bepaald volgens 8.2.3.3, in  $W/(m \cdot K)$ ;

en waarbij voor een nadere uitleg van de geïndexeerde grootheden  $A$  en  $\ell$  wordt verwezen naar bijlage K.

Indien de warmtedoorgangscoefficiënt van een deur met glas of paneel,  $U_D$ , niet bekend is, mag deze in afwijking van voorgaande worden bepaald volgens bijlage I.2.2.

### 8.2.2.3.3 Bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt van deuren en kozijnen zonder beglazing, $U_D$

De warmtedoorgangscoefficiënt van een deur zonder beglazing of een kozijn met vast paneel (niet zijnde glas) volgt uit (8.18) met  $A_{gl} = 0 \text{ m}^2$  en  $\ell_{gl} = 0 \text{ m}$ , zodat:

$$U_D = \frac{\Sigma A_p \cdot U_p + \Sigma A_{fr} \cdot U_{fr} + \Sigma \ell_p \cdot \psi_p}{A_p + A_{fr}}$$
$$U_D = \frac{A_p \times U_p + A_{fr} \times U_{fr} + \Sigma (\ell_p) \times \psi_p}{A_p + A_{fr}} \quad (8.19)$$

Gewijzigde veldcode

waarin:

$A_p$  is de kleinste van de zichtbare oppervlakten van het paneel, bepaald volgens K.2.1, in  $\text{m}^2$ ;

$U_p$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van het paneel of het deurblad, bepaald volgens 8.2.2.3.5.2, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$A_{fr}$  is de geprojecteerde kozijnoppervlakte, bepaald volgens K.2.3, in  $\text{m}^2$ ;

$U_{fr}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van het kozijn, bepaald volgens 8.2.2.3.5.3, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

~~$\Sigma (\ell_p)$~~  is ~~de som van~~ de zichtbare omtrekken van het paneel, bepaald volgens K.2, in m;

$\psi_p$  is de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt als gevolg van de gecombineerde effecten van paneel en kozijn, bepaald volgens 8.2.3.3, in  $W/(m \cdot K)$ .

Als rekenwaarde voor de warmtedoorgangscoefficiënt van een deur, inclusief houten kozijn,  $U_{D,calc}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , mag in afwijking van formule (8.19) het volgende worden gehanteerd:

— voor een deur zonder lichtdoorlatende delen bedraagt: inclusief houten kozijn

$$U_{D,calc} = 3,4 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad (8.20)$$

— voor een thermisch isolerende deur:

$$U_{D,calc} = 2,0 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad (8.21)$$

Een thermisch isolerende deur is een deur van hout of kunststof, zonder lichtdoorlatende delen, die over ten minste 65 % van de totale oppervlakte een ononderbroken isolatielaag bevat met een  $R_C$ -waarde, bepaald volgens C.1.2, van ten minste  $R_C = 0,4 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ .



Indien de warmtedoorgangscoefficiënt van een deur zonder beglazing of een kozijn met vast paneel,  $U_0$ , niet bekend is, mag deze in afwijking van voorgaande worden bepaald volgens bijlage I.2.2.

~~In afwijking van voorgaande mag voor de lichtdoorlatende delen de rekenwaarde voor een raam en voor het overige deel de rekenwaarde voor een deur zonder lichtdoorlatende delen worden aangehouden.~~

~~Indien de oppervlakte van de lichtdoorlatende delen groter is dan of gelijk aan 65 % van de totale oppervlakte van de deur inclusief kozijn dan dient de deur als een glasdeur beschouwd te worden en bepaald te worden volgens 8.2.2.3.1.~~

#### 8.2.2.3.4 Warmtedoorgangscoefficiënt van raam met luik, rolluik of zonwering, $U_{W+shut}$

Een luik, rolluik of zonwering zorgt voor een extra warmteweerstand, zowel door de luchtlaag tussen het raam en het luik, rolluik of zonwering als door het luik, rolluik of zonwering zelf, zie figuur 8.3.

De extra warmteweerstand van een luik, rolluik of zonwering mag in de volgende situaties worden meegerekend:

- Automatisch geregelde luiken, rolluiken of buitenzonwering wanneer in de automatische regeling is voorzien dat de luiken, rolluiken of buitenzonwering gedurende het stookseizoen minimaal 's nachts automatisch worden gesloten.
- Automatisch geregelde binnenzonwering wanneer deze een onlosmakelijk onderdeel uitmaakt van het klimatiseringssysteem van het gebouw en in de automatische regeling is voorzien dat de binnenzonwering gedurende het stookseizoen minimaal 's nachts automatisch wordt gesloten.
- Voor woonfuncties in geval van vanuit de woonfunctie bedienbare luiken of rolluiken.

Hierbij geldt als voorwaarde dat het luik, het rolluik of de buitenzonwering het volledige raam inclusief kozijn bedekt.

De effectieve warmtedoorgangscoefficiënt van een raam met een luik, rolluik of zonwering wordt berekend met de volgende formule:

$$U_w = (1 - f_{shut;with}) \cdot U_w + f_{shut;with} \cdot U_{w+shut} \quad (8.22)$$

waarin:

$U_w$	is de effectieve warmtedoorgangscoefficiënt van een raam met een luik, rolluik of zonwering;
$U_w$	is de warmtedoorgangscoefficiënt van het raam, wanneer het luik, het rolluik of de zonwering niet in gebruik is, bepaald volgens 8.2.2.3, in $W/(m^2 \cdot K)$ ;
$U_{w+shut}$	is de warmtedoorgangscoefficiënt van het raam in combinatie met het luik, het rolluik of de zonwering, wanneer het luik, het rolluik of de zonwering in gebruik is, zoals hieronder bepaald, in $W/(m^2 \cdot K)$ ;
$f_{shut;with}$	is de gewogen fractie van de tijd dat het luik, het rolluik of de zonwering in gebruik is, waarvoor de volgende getalswaarde geldt: $f_{shut;with} = 0,5$ .

**OPMERKING** Het is hierbij van belang dat door het sluiten van luiken, rolluiken of zonwering noodzakelijke ventilatievoorzieningen niet worden belemmerd.

De warmtedoorgangscoefficiënt van een raam met gesloten luik, rolluik of zonwering,  $U_{W+shut}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , wordt bepaald met:

$$U_{W+shut} = \frac{1}{\left(\frac{1}{U_W} + \Delta R\right)}$$

(8.23)

waarin:

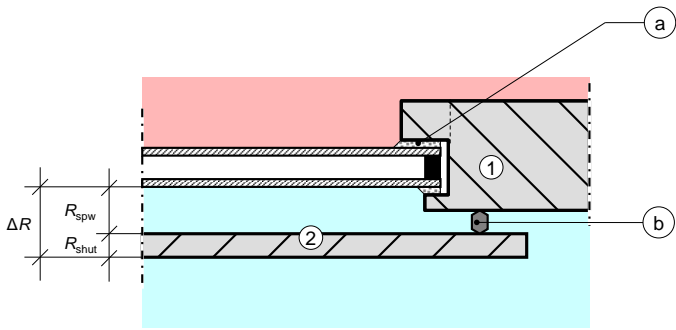
$U_W$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van het raam zonder luik, rolluik of zonwering, bepaald volgens 8.2.2.3.1, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$\Delta R$  is de additionele warmteweerstand van het luik, het rolluik of de zonwering, in  $(m^2 \cdot K)/W$ , voor luiken, rolluiken en buitenzonwering bepaald volgens NEN-EN 13125, voor binnenzonwering bepaald volgens onderstaande tabel.

Tabel 8.4 — Default waarden voor de additionele warmteweerstand van een binnenzonwering

Type	$\Delta R$ ( $m^2 \cdot K$ )/ $W$
Binnenzonwering met gemetalliseerde laag	0,15
Binnenzonwering zonder gemetalliseerde laag	0,05

OPMERKING  $\Delta R$  hangt af van de warmtetransmissie-eigenschappen van het luik, het rolluik of de zonwering en van de luchtdoorlatendheid.



Legenda

- 1 kozijn met beglazing

2 luik, rolluik of zonwering
- a) kitrand/beglazingsrubber

b) afsluiting tussen raam en luik, rolluik of zonwering

Figuur 8.3 — Raam met luik, rolluik of zonwering aan de buitenzijde

### 8.2.2.3.5 Bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt van beglazing, panelen of kozijn

#### 8.2.2.3.5.1 Bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt van beglazing, $U_{gl}$

Voor de warmtedoorgangscoefficiënt van enkele beglazing,  $U_{gl}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , geldt:

$$U_{gl} = 5,8 W/(m^2 \cdot K). \quad (8.24)$$

De warmtedoorgangscoefficiënt van meervoudige beglazing,  $U_{gl}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , wordt bepaald volgens hoofdstuk 4 van NEN-EN 674.

In afwijking hiervan kan de warmtedoorgangscoefficiënt van meervoudige beglazing ook worden ontleend aan:

- hoofdstuk 5 van NEN-EN 673;
- hoofdstuk 4 van NEN-EN 675, of
- bijlage G van deze NTA.

#### 8.2.2.3.5.2 Bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt van panelen en deurborden, $U_p$

De warmtedoorgangscoefficiënt van panelen en deurborden, ~~van~~  $U_p$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , wordt bepaald volgens 8.2.2.2.

Voor de bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt van deurborden mag, in plaats van de numerieke berekening in 8.2.2.2, ook gebruik worden gemaakt van de handberekening volgens C.1.2 onder voorwaarde dat de verhouding van de warmtegeleidingscoëfficiënt van twee verschillende materialen in het deurbord (schroeven, spijkers enzovoort zijn uitgesloten) niet groter is dan 1:5.

OPMERKING de genoemde voorwaarde is afkomstig uit 6.3.2.4 van NEN EN ISO 10077-1

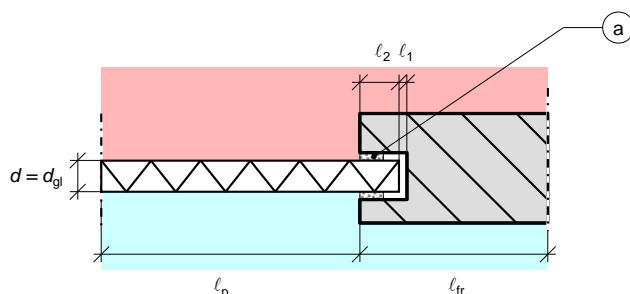
#### 8.2.2.3.5.3 Bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt van een kozijn, $U_{fr}$

De berekening van de warmtedoorgangscoefficiënt van een kozijn,  $U_{fr}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , geschiedt volgens F.1 van NEN-EN-ISO 10077-2.

Voor de bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt van een kozijn,  $U_{fr}$ , wordt de doorsnede van het rekendetail in die zin aangepast dat de beglazing wordt vervangen door een homogeen paneel van een materiaal met een warmtegeleidingscoëfficiënt van  $\lambda = 0,035 W/(m \cdot K)$ . Daarbij mag de ruimte  $\ell_1$  tussen het paneel en het kozijn niet groter zijn dan 5 mm, waarbij de overlap  $\ell_2$  van het paneel en het kozijn gelijk is aan die van de vervangen beglazing.

De zichtbare lengte van het paneel is  $\ell_p = 190$  mm, de dikte  $d$  moet gelijk zijn aan de dikte  $d_{gl}$  van de beglazing (zie figuur 8.4) indien het kozijn voor een specifieke beglazing is bestemd. Indien het kozijn voor meerdere soorten beglazing met variërende dikten kan worden gebruikt, moet voor de dikte van het paneel worden aangehouden:

- dubbel glas:  $d_{gl} = 24$  mm;
- drievoudig glas:  $d_{gl} = 36$  mm.



#### Legenda

- $l_1$  ruimte tussen kozijn en paneel;  $l_1 \geq 5$  mm
  - $l_2$  overlap paneel en kozijn
  - $l_p$  lengte/breedte van het paneel;  $l_p \geq 190$  mm
  - $l_{fr}$  lengte/breedte van het frame
  - $d_{gl}$  dikte van het paneel met  $\lambda = 0,035$  W/(m·K)
- a kitrand/beglazingsrubber

**Figuur 8.4 — Kozijn met glasvervangend paneel**

De warmtedoorgangscoefficiënt van het kozijn,  $U_{fr}$ , in W/(m<sup>2</sup>·K), volgt dan uit:

$$U_{fr} = \frac{(L^{2D} - U_p \times l_p)}{l_{fr}} \quad (8.25)$$

waarin:

$l_{fr}$  is de geprojecteerde breedte van de kozijndoorsnede, bepaald volgens bijlage K, in m;

$l_p$  is de zichtbare lengte van het paneel, bepaald volgens bijlage K, in m;

$L^{2D}$  is de 2D-thermische koppelingcoëfficiënt van het in figuur 8.4 geschetste rekendetail, bepaald volgens 8.6.2.1, in W/(m·K);

$U_p$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van het paneel, bepaald volgens formule (8.6),

waarbij  $R_T = R_p = \frac{d_p}{\lambda_p}$ , met  $\lambda_p = 0,035$  W/(m·K).

Bij bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt van ramen volgens formule (8.16) en formule (8.17) moet de oppervlakte gewogen warmtedoorgangscoefficiënt van het kozijn ( $U_{fr}$ ) worden bepaald op basis van een kozijnoppervlak van 1,23 x 1,48 m. Als er sprake is van draaiende delen moet voor de oppervlakte gewogen warmtedoorgangscoefficiënt het gehele kozijn als raamkozijn met een oppervlak van 1,23 x 1,48 worden beschouwd.

Bij bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt van raamdeuren volgens formule (8.16) en formule (8.17) moet de oppervlakte gewogen warmtedoorgangscoefficiënt van het kozijn ( $U_{fr}$ ) worden bepaald op basis van een kozijnoppervlak van 1,23 x 2,18 m.

OPMERKING In de praktijk heeft een raam veelal verschillende kozijndetailleringen (bovendorpel, onderdorpel, (tussen-)stijlen en kalven) met verschillende  $U_{fr}$ -waarden als gevolg. Omdat in formule (8.16) en

formule (8.17) gerekend wordt met een  $U_{fr}$ -waarde wordt de oppervlakte gewogen gemiddelde  $U_{fr}$ -waarde bepaald.

### 8.2.3 Bepaling lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van thermische bruggen, $\psi$

#### 8.2.3.1 Lineaire warmtedoorgangscoefficiënt

De waarde van de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt,  $\psi$ , in  $W/(m \cdot K)$ , van een onderlinge aansluiting tussen (constructie)onderdelen wordt berekend met:

$$\psi = L^{2D} - \sum_i (\ell_i \times U_{T,i}) \quad (8.26)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan 11.2 van NEN-EN-ISO 10211.

OPMERKING 2 Lineaire thermische bruggen die vallen binnen de in bijlage K gedefinieerde geprojecteerde oppervlakte van de (constructie)onderdelen zijn reeds in rekening gebracht bij de bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënten volgens 8.2.2.

waarin:

$L^{2D}$  is de thermische koppelingcoëfficiënt van het 2D-rekendetail, bepaald volgens 8.6.1.2, in  $W/(m \cdot K)$ ;

$\ell_i$  is de breedte van het in het rekenalgoritme als flankerend element opgenomen deel van het (constructie)onderdeel  $i$ , in m;

$U_{T,i}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van (constructie)onderdeel  $i$ , als bedoeld in formule (8.5) dan wel (8.6), in  $W/(m^2 \cdot K)$ .

In afwijking hiervan mag de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt,  $\psi_{tot}$ , in  $W/(m \cdot K)$ , ook worden ontleend aan bijlage I.

OPMERKING 3 Het lineaire warmteverlies van de onderlinge aansluitingen kan worden afgeleid van  $\Psi$  waarden van reeds berekende details volgens 8.2.3.1, waaronder bijvoorbeeld de ISSO Referentiedetails. Voor kleine afwijkingen op deze details wordt een toeslag van 25% op de  $\Psi$  waarde berekend volgens 8.2.3.1 gehanteerd. Onder kleine afwijkingen wordt verstaan:  
- Het binnenspouwblad of buitenspouwblad mag dikker of dunner uitgevoerd worden.  
- De  $R_{calc}$  van de isolatielagen bepaalt volgens bijlage E.2 bedraagt tenminste 85% van de  $R_{calc}$  van de isolatielagen van het numeriek berekende detail.

#### 8.2.3.2 Lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van de beglazingsrand in een kozijn, $\psi_{gl}$

De waarde van de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van de glasrand,  $\psi_{gl}$ , in  $W/(m \cdot K)$ , volgt uit:

$$\psi_{gl} = L^{2D} - U_{fr} \times \ell_{fr} - U_{gl} \times \ell'_{gl} \quad (8.27)$$

waarin:

$L^{2D}$  is de 2D-thermische koppelingscoëfficiënt van het rekendetail, bepaald volgens 8.6.1.2, in  $W/(m \cdot K)$ ;

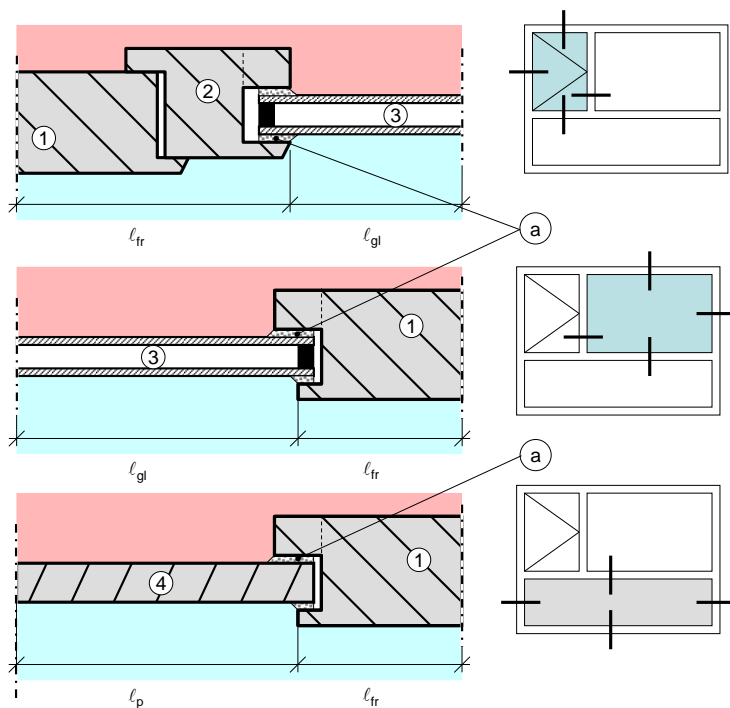
$U_{fr}$  is de warmtedoorgangcoëfficiënt van de kozijndoorsnede, bepaald volgens 8.2.2.3.5.3, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$\ell_{fr}$  is de geprojecteerde breedte van de kozijndoorsnede, bepaald volgens bijlage K, in m;

$U_{gl}$  is de warmtedoorgangcoëfficiënt van de beglazing, bepaald volgens 8.2.2.3.5.1, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$\ell'_{gl}$  is de zichtbare lengte van het deel van de bij de berekening meegenomen beglazing, bepaald volgens bijlage K, in m.

De afmetingen van de in rekening te brengen aftrekposten voor kozijnen en glas of paneel van de 2D-thermische koppelingscoëfficiënt van rekendetails van een kozijn, beglazing en afstandhouder is schematisch weergegeven in figuur 8.5.



#### Legenda

- $\ell_{fr}$  geprojecteerde lengte/breedte van de kozijndoorsnede  
 $\ell_{gl}$  lengte/breedte van het deel van de bij de berekening meegenomen beglazing  
 $\ell_p$  lengte/breedte van het deel van het bij de berekening meegenomen paneel  
1 kozijn, vast  
2 kozijn, beweegbaar  
3 beglazing  
4 paneel  
a kitrand/beglazingsrubber

**Figuur 8.5 — Rekendetail van kozijn, beglazing/paneel en afstandhouder**

In afwijking van de bepaling van de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van de glasrand,  $\psi_{gl}$ , in  $W/(m \cdot K)$ , mag de waarde ook worden ontleend aan bijlage I.

#### 8.2.3.3 Lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van een paneelrand in een kozijn, $\psi_p$

De berekening van de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van de paneelrand geschiedt analoog aan 8.2.3.2, met dien verstande dat de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt,  $\psi_p$ , in  $W/(m \cdot K)$ , wordt bepaald met:

$$\psi_p = L^{2D} - U_{fr} \times \ell_{fr} - U_p \times \ell'_p \quad (8.28)$$

waarin:

$L^{2D}$  is de 2D-thermische koppelingscoëfficiënt van het rekendetail, bepaald volgens 8.6.1.2, in  $W/(m \cdot K)$ ;

$U_{fr}$  is de warmtedoorgangcoëfficiënt van de kozijndoorsnede, bepaald volgens 8.2.2.3.5.3, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$\ell_{fr}$  is de geprojecteerde breedte van de kozijndoorsnede, bepaald volgens bijlage K, in m;

$U_p$  is de warmtedoorgangcoëfficiënt van het paneel, bepaald volgens 8.2.2.3.5.2, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$\ell_p'$  is de zichtbare lengte van het deel van het bij de berekening meegenomen paneel, bepaald volgens bijlage K, in m.

## 8.2.4 Bepaling van de warmtedoorgangcoëfficiënt van puntvormige thermische bruggen, $\chi$

### 8.2.4.1 Algemeen

Naast alle bevestigingshulpmiddelen zoals behandeld in 8.2.2.2.3 moeten ook alle andere constructieve verankeringen en (hulp)constructies die kunnen worden beschouwd als regelmatig voorkomende puntvormige thermische bruggen worden meegenomen in de berekening. Hierbij gelden de volgende voorwaarden:

- Onder regelmatig voorkomend wordt verstaan dat de thermische brug tenminste één keer per  $20 \text{ m}^2$  oppervlakte van de niet doorschijnende scheidingsconstructie, waar deze puntvormige thermisch brug zich in bevindt, voorkomt.
- Regelmatig voorkomende puntvormige thermische bruggen worden alleen in rekening gebracht indien de scheidingsconstructie waar deze puntvormige thermisch brug zich in bevindt een  $R_c$ -waarde heeft die groter of gelijk is aan  $3,5 \text{ m}^2K/W$ .
- Regelmatig voorkomende puntvormige thermische bruggen worden alleen in rekening gebracht wanneer de oppervlakte of doorsnede van de puntvormige thermische brug groter is dan de waarden die in onderstaande tabel voor verschillende materialen worden gegeven.

**Tabel 8.5 — Vereiste minimale oppervlakten en doorsneden van regelmatig voorkomende thermische bruggen voor verschillende materialen**

Materiaal doorbreking	Min. oppervlakte	Min. doorsnede $\varnothing$
Beton	$0,040 \text{ m}^2$	226 mm
RVS	$0,006 \text{ m}^2$	87 mm
Staal	$0,002 \text{ m}^2$	50 mm
Aluminium	$0,0006 \text{ m}^2$	28 mm

Incidentele puntvormige thermische bruggen worden buiten beschouwing gelaten. In deze gevallen geldt  $\chi = 0 \text{ W/K}$ .



#### 8.2.4.2 Berekening

De waarde van de puntvormige warmtedoorgangscoefficiënt,  $\chi$ , in W/K, van een puntvormige aansluiting tussen (constructie)onderdelen wordt berekend met:

$$\chi = L^{3D} - \sum_i (A_{i,fa} \times U_{T,i}) - \sum_j (\ell_j \times \psi_j) \quad (8.29)$$

OPMERKING 2 Deze formule is ontleend aan 9.2 van NEN-EN-ISO 10211.

waarin:

$L^{3D}$  is de thermische koppelingcoëfficiënt van het 3D-rekendetail, bepaald volgens 8.6.1.1, in W/K;

$A_{i,fa}$  is de oppervlakte van het in het rekenal detail opgenomen en voor de puntvormige thermische brug representatieve (constructie)onderdeel  $i$ , in m<sup>2</sup>;

$U_{T,i}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van (constructie)onderdeel  $i$ , als bedoeld in formule (8.5), in W/(m<sup>2</sup>·K);

$\ell_j$  is de breedte van het in het rekenal detail als flankerend element opgenomen deel van het (constructie)onderdeel  $j$ , in m;

$\psi_j$  is de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van de lineaire thermische brug  $j$ , bepaald volgens 8.2.3, in W/(m·K).

### 8.3 Bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt via de grond, $H_g$

#### 8.3.1 Inleiding

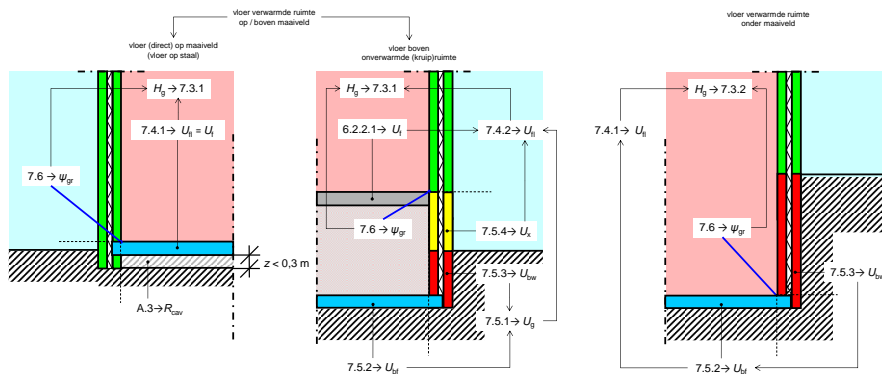
De bepalingmethode voor de warmteoverdracht via de grond is volgens NEN-EN-ISO 13370. De maandelijkse warmteverliescoëfficiënt via de grond wordt bepaald volgens bijlage D op basis van de in dit hoofdstuk bepaalde jaargemiddelde (stationaire) warmteovergangscoefficiënt naar de grond op basis van de warmtedoorgangscoefficiënt van de vloerconstructie en de eventuele onderliggende lagen in combinatie met de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van de thermische bruggen van de vloerrand (volgens 8.2.3).

OPMERKING 1 In hoofdstuk 4 van NEN-EN-ISO 13370:2007 worden vier alternatieve methoden voor de bepaling van de stationaire warmteverliescoëfficiënt gegeven:

- a) een volledige numerieke 3D-berekening;
- b) een numerieke 2D-berekening voor een vloer met een 'oneindige' lengte en een breedte gelijk aan de karakteristieke breedte van de vloer,  $B'_f$ ;
- c) een aan de oppervlakte gerelateerde warmtetransmissie volgens hoofdstuk 9 van die norm, waarbij een aan de vloerrand gerelateerd lineair warmteverlies, bepaald op grond van een numerieke berekening, wordt opgeteld;  
deze numerieke berekening kan een 2D-berekening zijn met een uniforme doorsnede van de vloerrand waarbij zo nodig voor door 'nokken' onderbroken lagen op grond van een 3D-berekening van een afzonderlijke nok een quasihomogene laag wordt aangehouden, dan wel, in geval van een niet-uniforme doorsnede een 3D-berekening waaruit het 'overall' effect per m vloerrand wordt bepaald;
- d) een aan de oppervlakte gerelateerde warmtetransmissie volgens hoofdstuk 9 van die norm, waarbij een aan de vloerrand gerelateerd lineair warmteverlies, ontleend aan voorberekende waarden, bijvoorbeeld van tabellen volgens NEN-EN-ISO 14683, wordt opgeteld.

OPMERKING 2 In hoofdstuk 8 wordt gebruikgemaakt van methode c).

De (stationaire) warmteovergangscoefficiënt naar de grond,  $H_g$ , wordt bepaald volgens onderstaand schema:



**Figuur 8.6 — Stroomschema bepaling van de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt naar de grond**

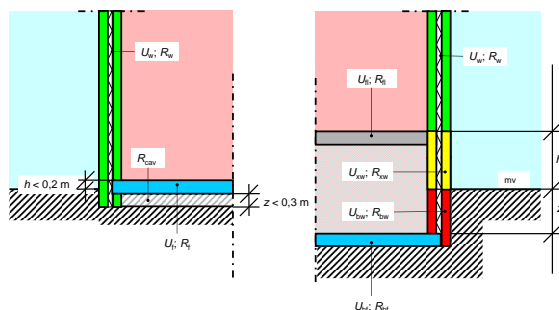
Bijlage D beschrijft de bepalingsmethode voor het bepalen van de maandelijkse warmtestromen via de grond, waarbij in de bepaling van de maandelijkse warmteverliescoëfficiënt rekening wordt gehouden met de faseverschuiving van het verloop van de buitentemperatuur met het verloop van de verliezen via de grond.

Indien de opbouw van de vloerconstructie niet bekend is, mag de warmteovergangscoefficiënt naar de grond,  $H_g$ , in afwijking van voorgaande worden bepaald volgens bijlage I.2.3.

### 8.3.2 Parameters voor de berekening van de warmtedoorgangscoefficiënt van een vloer

#### 8.3.2.1 Schematisch overzicht van de positie van de in de berekening onderscheiden vlakken

Figuur 8.7 geeft een schematisch overzicht van de verschillende parameters die bepalend zijn voor de bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt naar de grond.



### Legenda

$h$	hoogte vloer (f) boven het maaiveld
mv	maaiveld
$U_{bf}, R_{bf}$	warmtedoorgangscoefficiënt; warmteweerstand van de vloer direct op de grond (bf)
$U_{s,T}; R_{bw}$	warmtedoorgangscoefficiënt; warmteweerstand van de kelder- of kruipruimtemwand (bw) onder het maaiveld
$U_{w,i}, R_{w,i}$	warmtedoorgangscoefficiënt; warmteweerstand van de buitenwand (w) boven de vloer (f)
$U_{f,i}, R_{f,i}$	warmtedoorgangscoefficiënt; warmteweerstand van de vloerconstructie boven de kruipruimte of boven de (on)verwarmde ruimte waarvan de vloer onder het maaiveld is gelegen (f)
$U_{f,i}, R_{f,i}$	warmtedoorgangscoefficiënt; warmteweerstand van de vrijdragende vloer (f)
$U_{xw,i}, R_{xw,i}$	warmtedoorgangscoefficiënt; warmteweerstand van de buitenwand (xw) boven het maaiveld onder de vloer (f)
$R_{cav}$	warmteweerstand van de (eventuele) luchtlaag (spouw) onder de vloer
$z$	diepte onder het maaiveld van kelder- of kruipruimtevloer (bf)

**Figuur 8.7 — Schematische weergave van de diverse parameters voor de bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt naar de grond**

### 8.3.2.2 Karakteristieke breedte van de vloer

De karakteristieke breedte,  $B'_f$ , in m, is gedefinieerd als de oppervlakte van de vloer gedeeld door de halve perimeter:

$$B'_f = \frac{A_f}{\left(\frac{1}{2} \times P\right)} \quad (8.30)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan 6.7.1 van NEN-EN-ISO 13370.

OPMERKING 2 De perimeter wordt alleen betrokken op de randen van vloerdelen die grenzen aan de buitenlucht of aan een onverwarmde ruimte buiten de thermische schil.

OPMERKING 3 Voor een 'oneindig' lange vloer is  $B'_f$  de breedte van de vloer; voor een vierkante vloer is  $B'_f$  de halve lengte van één zijde.

waarin:

$A_f$  is de totale oppervlakte van de beganegrondvloer, in m<sup>2</sup>;

$P$  is de perimeter, zijnde de som van de lengtes ( $\ell$ ) van de randen van de vloerdelen ( $f$ ) die grenzen aan de buitenlucht of aan een onverwarmde ruimte buiten de thermische schil, in m, waarbij:

$$P = \sum_j \ell_j \quad (8.31)$$

waarin:

$\ell_j$  is de lengte van de rand van vloerdeel ( $j$ ) dat grenst aan de buitenlucht of aan een onverwarmde ruimte buiten de thermische schil, in m.

Voor kelders wordt  $B'_f$  berekend uit de oppervlakte en de perimeter van de vloer van de kelder, exclusief de kelderwanden; de warmtestroom vanuit de kelder omvat een extra term gerelateerd aan de perimeter en de diepte van de keldervloer onder het maaiveld.

Bij de berekening van de transmissie van een gebouwdeel (bijvoorbeeld voor een afzonderlijke energiezone met beganegrondvloeroppervlakte  $A_f$ ), omvat  $P$  uitsluitend de lengten van de uitwendige scheidingsconstructies die de energiezone begrenzen en niet het deel van de perimeter grenzend aan de inwendige scheidingsconstructies.

Onverwarmde ruimten buiten de thermische schil (zoals garages en berghokken) blijven bij de bepaling van de perimeter  $P$  en de vloeroppervlakte  $A$  buiten beschouwing. De transmissie naar de grond wordt dan bepaald alsof de aangrenzende onverwarmde ruimten niet aanwezig zijn. Wel wordt de lengte van de constructie tussen de verwarmde zone en de onverwarmde ruimte betrokken in de perimeter  $P$ .

### 8.3.2.3 Equivalente dikte van vloer en wanden grenzend aan het grondpakket

OPMERKING 1 Om de formules voor de berekening van de transmissie via de grond te vereenvoudigen, wordt gebruikgemaakt van de 'equivalente dikte van het grondpakket'; de warmteweerstand wordt gekenmerkt door een equivalente dikte van een grondpakket met dezelfde warmteweerstand. De berekende stationaire warmtetransmissiecoëfficiënten zijn gerelateerd aan de verhouding van de equivalente dikte tot de karakteristieke vloerbreedte.

OPMERKING 2 De in bijlage D bepaalde periodieke warmtetransmissiecoëfficiënten naar de grond zijn gerelateerd aan de verhouding van de equivalente dikte tot de periodieke penetratiediepte.

De totale equivalente dikte van de vloer grenzend aan het grondpakket,  $d_{f,eq}$  en/of  $d_{bf,eq}$ , in m, resp. de totale equivalente dikte van een aan de grond grenzende wand,  $d_{bw,eq}$ , in m, worden bepaald volgens:

$$d_{f,eq} = d_{bw} + \lambda_{gr} \times (R_{si} + R_f + R_{se}) \quad (8.32)$$

$$d_{bf,eq} = d_{bw} + \lambda_{gr} \times (R_{si} + R_{bf} + R_{se}) \quad (8.33)$$

OPMERKING 3 Deze formules zijn ontleend aan 7.1, 7.2, resp. 7.3.2 van NEN-EN-ISO 13370.

$$d_{bw,eq} = \lambda_{gr} \times (R_{si} + R_{bw} + R_{se}) \quad (8.34)$$

OPMERKING 4 Deze formule is ontleend aan 7.3.3 van NEN-EN-ISO 13370.

waarin:

$d_{bw}$  is de volledige dikte van de wanden, bepaald als de grootste voorkomende wanddikte gerekend vanaf de binnenzijde van de wand die wordt bepaald als de grens van  $A_T$  van de vloer, in m, waarvoor de waarde 0,5 m wordt aangehouden;

$\lambda_{gr}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de grond, ontleend aan 8.3.2.4.1, in  $W/(m \cdot K)$ ;

$R_{si}$  is de warmteovergangsweerstand aan het inwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_f$  is de warmteweerstand van de vloerconstructie op de grond of boven een kruipruimte of onverwarmde kelder, bepaald als  $R_c$  volgens C.1, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_{se}$  is de warmteovergangsweerstand aan de uitwendige oppervlakte (buitenlucht), bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_{bf}$  is de warmteweerstand van de vloerconstructie van een kruipruimte of onverwarmde kelder, bepaald als  $R_c$  volgens C.1, in  $(m^2 \cdot K)/W$ , waarbij in geval van een ongeïsoleerde vloer de waarde  $R_{bf} = 0$   $(m^2 \cdot K)/W$  wordt aangehouden;

$R_{bw}$  is de warmteweerstand van de aan de grond grenzende kruipruimte- of kelderwand, waarvoor de warmteweerstand van de boven de vloer liggende gevel wordt aangehouden, bepaald als  $R_c$  volgens C.1, in  $(m^2 \cdot K)/W$ .

OPMERKING 5 De warmteweerstand van een werkvloer wordt niet opgenomen in  $R_c$ .

OPMERKING 6 Verondersteld wordt dat een werkvloer onder de vloerconstructie dezelfde warmtegeleidingscoëfficiënt heeft als de grond.

OPMERKING 7 De hier bepaalde  $d_{f,eq}$  geldt voor een vloer direct op de ondergrond (vloer op staal) en  $d_{bf,eq}$  voor de vloer van een kruipruimte en onverwarmde kelder, waarvoor in NEN-EN-ISO 13370 de symbolen  $d_f$  respectievelijk  $d_g$  worden gebruikt.

OPMERKING 8 Voor  $R_{se}$  van een constructie die grenst aan grond moet de waarde die hoort bij een begrenzing aan buitenlucht worden gehanteerd ( $0,04$   $(m^2 \cdot K)/W$ ). De warmteweerstand wordt immers omgezet in een aan grond equivalente constructie die bij het maaiveld grenst aan buitenlucht.

OPMERKING 9 Uitgangspunt voor de in rekening te brengen wanddikten is de dikte van de dichte wanden. De keuze is min of meer arbitrair omdat de maatverschillen uiteindelijk in de psi-waarde worden gecorrigeerd, zie ook OPMERKING 1 in 8.3.6.

OPMERKING 10 Wanneer sprake is van een grondpakket op een dak van een verblijfsruimte of een kelder moet de warmtedoorgangscoefficiënt van het dak met grondpakket worden berekend conform paragraaf 8.2.

### 8.3.2.4 Rekenwaarden warmtegeleidingscoëfficiënt ~~en warmteovergangsweerstand~~

#### 8.3.2.4.1 Warmtegeleidingscoëfficiënt van de ondergrond, $\lambda_{gr}$

Voor de warmtegeleidingscoëfficiënt van de ondergrond,  $\lambda_{gr}$ , in  $W/(m \cdot K)$ , wordt gehanteerd:

$$\lambda_{gr} = 2,0 \text{ W}/(m \cdot K) \quad (8.35)$$

#### 8.3.2.4.2 Warmtegeleidingscoëfficiënt van materialen en luchtlagen

De warmtegeleidingscoëfficiënten van materialen in constructieonderdelen en de equivalente warmtegeleidingscoëfficiënten van de lucht in de in die onderdelen opgenomen holten moeten worden ontleend aan bijlage C, respectievelijk bijlage F.

### 8.3.3 Stationair warmteverlies via de grond

#### 8.3.3.1 Verwarmde ruimte met vloer op of boven het maaiveld

De stationaire warmteverliescoëfficiënt via de grond,  $H_g$ , in W/K, van:

- a) vloeren direct op de grond;
- b) vloeren boven kruipruimten, of onverwarmde kelders, wordt berekend met:

$$H_g = A_{\text{fl}} \times U_{\text{fl}} + \sum_j (\ell_j \times \psi_{\text{gr},j}) \quad (8.36)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan hoofdstuk 5 van NEN-EN-ISO 13370.

waarin:

- $A_{\text{fl}}$  is de binnenwerkse oppervlakte van de vloer direct op de grond, boven een kruipruimte, of boven een onverwarmde ruimte, in m<sup>2</sup>;
- $U_{\text{fl}}$  is de warmtedoorgangcoëfficiënt van de vloer direct op de grond, boven een kruipruimte, of boven een onverwarmde ruimte, in W/(m<sup>2</sup>·K), bepaald, in geval van:
- een vloer direct op de grond (f of bf), volgens 8.3.4.1;
  - een vloer boven een kruipruimte of onverwarmde kelder (fl), volgens 8.3.4.2;
- $\ell_j$  is de lengte van deel  $j$  van de (binnenwerkse) vloeromtrek voor zover dat deel grenst aan een uitwendige scheidingsconstructie met de lineaire warmtedoorgangcoëfficiënt,  $\psi_{\text{gr},j}$ , in m;
- $\psi_{\text{gr},j}$  is de lineaire warmtedoorgangcoëfficiënt van deel  $j$  van de (binnenwerkse) vloeromtrek naar de grond, bepaald volgens 8.3.6, in W/(m·K).

In afwijking hiervan kan de stationaire warmteverliescoëfficiënt via de grond van vloeren direct op de grond en boven kruipruimte of onverwarmde kelder ook worden berekend met een forfaitaire verrekening van de lineaire thermische bruggen. In dat geval wordt de stationaire warmteverliescoëfficiënt via de grond,  $H_{g,\text{for}}$ , in W/K, berekend met:

- in geval van een vloer op of boven het maaiveld (zie 8.3.3.1)

$$H_{g,\text{for}} = A_{\text{T,fl}} \times U_{\text{fl}} + 0,5 \times P \quad (8.37)$$

- in geval van een vloer onder het maaiveld (zie 8.3.3.2)

$$H_{g,\text{for}} = A_{\text{T,fl}} \times U_{\text{fl}} + 0,5 \times P + \Sigma A_{\text{T,bw}} \times (U_{\text{bw},j} + \Delta U_{\text{for}}) \quad (8.38)$$

OPMERKING 1 — De consequentie van deze formule is dat bij goed geïsoleerde constructies (dus een lage  $U$ -waarde) een hoge toeslag wordt meegenomen. Dus hoe lager de warmtedoorgang (warmteverlies), hoe hoger de toeslag. Daarnaast kan de  $U$ -waarde exact worden berekend conform dit hoofdstuk. In de bouwtechnische tabellen van de SBR-referentiedetails zijn exact berekende waarden opgenomen. Voor kleine afwijkingen ten opzichte van de SBR-referentiedetails wordt een toeslag van 25 % op de  $U$ -waarde gehanteerd. Kleine afwijkingen wil zeggen dat bijvoorbeeld het buitenspouwblad en het binnenspouwblad dikker of dunner worden uitgevoerd. De isolatielaag mag niet wijzigen.

Indien er enkele  $U$ -waarden ontbreken, dan kunnen de forfaitaire waarden uit bijlage I worden gebruikt.

OPMERKING 2 In verband met het niet altijd verticaal staan van wanden en horizontaal zijn van vloeren, geldt dat er sprake is van  $U_{\text{fl}}$  voor constructiedelen waarvan de loodlijn op het constructievlak maximaal  $30^\circ$  afwijkt van een verticaal vlak en van  $U_{\text{bw},j}$  voor alle overige constructiedelen.

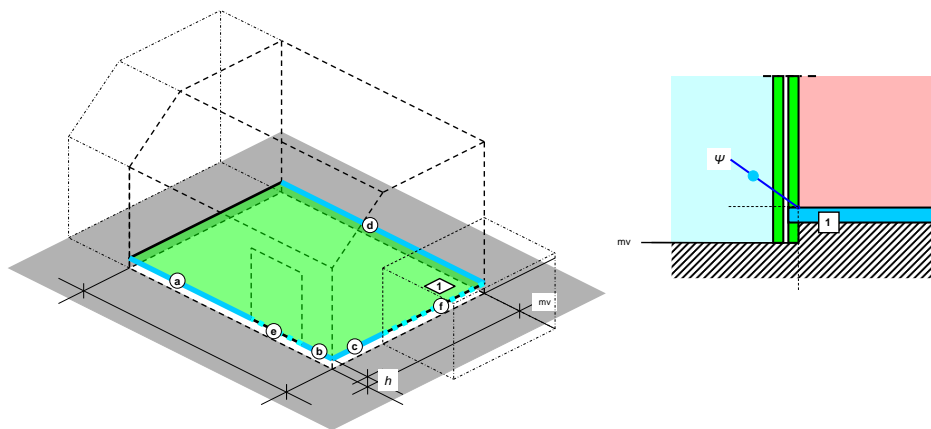
OPMERKING 3 Indien een vloer deels, bijv. een dijkwoning met kruipruimte, onder het maaiveld ligt, wordt deze, voor de berekening, verdeeld in twee delen die worden gescheiden door de lijn die de punten op de perimeter waar het maaiveld het niveau van de vloer kruist, verbindt. Van elk afzonderlijk deel van de vloer wordt vervolgens  $H_g$  berekend.

waarin:

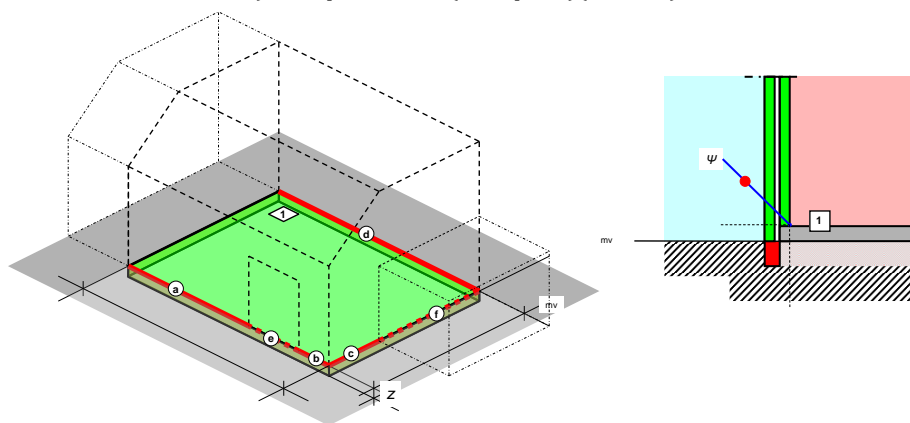
- $A_{\text{T,fl}}$  is de geprojecteerde oppervlakte van de vloer, bepaald volgens K.1.2, in  $\text{m}^2$ ;
- $U_{\text{fl}}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van de vloer, bepaald volgens 8.3.4, in  $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ;
- $\Delta U_{\text{for}}$  is de forfaitaire toeslag voor de verrekening van de lineaire thermische bruggen, in  $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , bepaald volgens 8.2.1;
- $P$  is de lengte van de perimeter, bepaald als in 8.3.2.2, in m;
- $\sum A_{\text{T,bw}}$  is de totale geprojecteerde oppervlakte van de kelderwanden, bepaald volgens K.1.2, in  $\text{m}^2$ ;
- $U_{\text{bw},j}$  is de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt van het onder het maaiveld gelegen wanddeel  $j$ , bepaald volgens 8.3.5.3, in  $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

De forfaitaire verrekening van lineaire thermische bruggen mag alleen worden toegepast wanneer dit voor het gehele gebouw wordt gedaan; warmteverliescoëfficiëntberekening met vermenging van forfaitaire en niet-forfaitaire rekenmethoden is niet toegelaten.

OPMERKING 3 Zie figuren 8.8a) en 8.8b) en 8.9 voor een toelichting op de vlakken en lineaire thermische bruggen die bij de berekening van  $H_g$  behoren te worden meegenomen.



a) Vloer op het maaiveld (vloer op staal) ( $h \leq 0,20$  m)



b) Vloer boven een luchtlaag ( $z \leq 0,30$  m)

#### Legenda

mv maaiveld

z diepte onder het maaiveld van de kruipruimtevloer

Vlakken

1  $A_{T,i}; U_i$

Thermische bruggen

a  $\ell_a; \psi_a$

b  $\ell_b; \psi_b$

c  $\ell_c; \psi_c$

d  $\ell_d; \psi_d$

e  $\ell_e; \psi_e$

f  $\ell_f; \psi_f$

**Figuur 8.8 — Vloer direct op grond of boven luchtlaag (spouw) met hoogte  $z \leq 0,30$  m**

#### 8.3.3.2 Verwarmde ruimte met vloer onder het maaiveld

De stationaire warmteverliescoëfficiënt via de grond,  $H_g$ , in W/K, van vloeren van verwarmde ruimten waarvan de vloer is gelegen onder het maaiveld wordt berekend met:

$$H_g = A_{bf} \times U_{fl} + \sum_j (\ell_j \times \psi_{gr,j}) + (\sum_j (z_j \times \ell_j \times U_{bw,j})) \quad (8.39)$$



OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan 7.3.4 van NEN-EN-ISO 13370.

waarin:

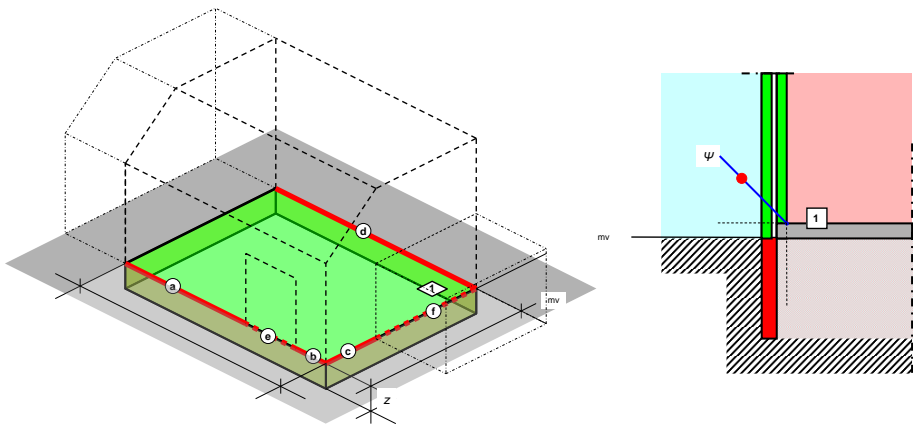
$A_{bf}$  is de binnenwerkse oppervlakte van de onder het maaiveld gelegen vloer van de ruimte (bf), in m<sup>2</sup>;

$U_{fl}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van de vloer, bepaald volgens 8.3.4, in W/(m<sup>2</sup>·K);

$\ell_j$  is de lengte van deel  $j$  van de (binnenwerkse) vloeromtrek voor zover dat deel grenst aan een uitwendige scheidingsconstructie met de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt,  $\psi_{gr,j}$ , en/of met de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{bw,j}$ , in m;

$\psi_{gr,j}$  is de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van deel  $j$  van de (binnenwerkse) vloeromtrek naar de grond, bepaald volgens 8.3.6, in W/(m·K).

OPMERKING 2 Zie figuur 8.9 voor een toelichting op de vlakken en lineaire thermische bruggen die bij de berekening van  $H_g$  behoren te worden meegenomen.



vloer boven kruipruimte ( $z > 0,30$  m)

**Legenda**

mv maaiveld  
z diepte van de kruipruimtevloer onder het maaiveld

Vlakken	Thermische bruggen	
1 $A_T; U_I$	a $\ell_a; \psi_a$	e $\ell_e; \psi_e$
	b $\ell_b; \psi_b$	f $\ell_f; \psi_f$
	c $\ell_c; \psi_c$	
	d $\ell_d; \psi_d$	

**Figuur 8.9— Vloer boven onverwarmde ruimte (kruipruimte of kelder)**

$z_j$  is de verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de kruipruimte- of keldervloer van kelderwanddeel  $j$  met de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{bw,j}$ , in m, waarvoor de volgende drie klassen worden aangehouden:

— bij een vloer van een verwarmde ruimte is de hoogte de werkelijke afstand, in m;

- bij een vloer op zand is de verticale afstand 0 m;
- in alle andere gevallen is de verticale afstand 0,5 m.

$U_{bwj}$  is de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt van het onder het maaiveld gelegen wanddeel  $j$ , bepaald volgens 8.3.5.3, in  $W/(m^2 \cdot K)$ .

### 8.3.4 Stationaire warmtedoorgangscoefficiënt via de vloer, $U_n$

#### 8.3.4.1 Vloer direct op ondergrond

Vloeren direct op de ondergrond omvatten elke vloer die bestaat uit een vloerconstructie die over de hele oppervlakte in contact is met de grond, al dan niet dragend over de hele oppervlakte op de grond en waarvan de bovenkant van de vloer is gelegen op maaiveldniveau of tot ten hoogste  $h = 0,2$  m daarboven (zie figuur 8.8a)); onder vloeren direct op ondergrond worden ook vloeren boven een luchtlaag met een hoogte  $z_{cav} \leq 0,3$  m gerekend.

Voor de stationaire warmteverliesdoorgangscoefficiënt via de vloer,  $U_n$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , voor een vloer direct op de ondergrond (vloer op staal) geldt:

$$U_n = U_f$$

waarin:

$U_f$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van de vloer, in  $W/(m^2 \cdot K)$ , bepaald volgens formule (8.40), dan wel formule (8.41), en waarbij voor de waarde voor  $z$ , de verticale afstand tussen de bovenzijde van de vloer en het maaiveld, de waarde  $z = 0$  m moet worden aangehouden en voor de berekening van  $d_{f,eq}$  moet worden aangehouden:

- voor een vloer direct op de grond (zie figuur 8.8a),  $h \leq 0,20$  m):  $R_f = R_f$ ;
- voor een vloer boven een luchtspouw (zie figuur 8.8b),  $z_{cav} < 0,3$  m):  $R_f = R_f + R_{cav}$ , waarbij  $R_{cav}$  de warmteweerstand van de luchtspouw is, bepaald volgens C.3.

De warmtedoorgangscoefficiënt voor een vloer direct op ondergrond,  $U_n$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , volgt uit:

a) voor een ongeïsoleerde of matig geïsoleerde vloer ( $(d_{f,eq} + 0,5 \cdot z) < B'_f$ )

$$U_f = \frac{2 \times \lambda_{gr}}{\pi \times B'_f + d_{f,eq} + 0,5 \times z} \times \ln \left( \frac{\pi \times B'_f}{d_{f,eq} + 0,5 \times z} + 1 \right) \quad (8.40)$$

b) voor een goed geïsoleerde vloer ( $(d_{f,eq} + 0,5 \times z) \geq B'_f$ )

$$U_f = \frac{\lambda_{gr}}{0,457 \times B'_f + d_{f,eq} + 0,5 \times z} \quad (8.41)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan 7.3.2 van NEN-EN-ISO 13370.

OPMERKING 2 De formules (8.40) en (8.41) gelden ook indien geen sprake is van een vloer direct op de ondergrond. In dat geval is  $z \neq 0$  en wordt ook formule (8.42) toegepast.

waarin:

$B'_f$  is de karakteristieke breedte van de vloer, bepaald volgens 8.3.2.2, in m;

$d_{f,eq}$  is de totale equivalente dikte van de vloer bepaald volgens 8.3.2.3, in m;

OPMERKING 3 De equivalente dikte van de vloer,  $d_{f,eq}$ , wordt in NEN-EN-ISO 13370 aangeduid met  $d_e$ .

$\lambda_{gr}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de grond, ontleend aan 8.3.2.4.1, in W/(m·K);

$z$  is de (gemiddelde) verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de kruipruimte- of keldervloer, in m, waarbij

$$z = \frac{\sum_j (\ell_j \times z_j)}{\sum_j \ell_j} \quad (8.42)$$

waarin:

$z_j$  is de verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de kruipruimte- of keldervloer van kelderwanddeel  $j$  met de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{bwj}$ , in m, waarvoor de volgende drie klassen worden aangehouden:

- bij een vloer van een verwarmde ruimte is de hoogte de werkelijke afstand, in m;
- bij een vloer op zand is de verticale afstand 0 m;
- in alle andere gevallen is de verticale afstand 0,5 m.

$\ell_j$  is de lengte van de kruipruimte- of kelderwand  $j$ , in m;

OPMERKING 4 De vloer kan zijn ongeïsoleerd, of gelijkmatig geïsoleerd (boven, onder of in de constructie) over de hele oppervlakte. Als de vloerisolatie niet gelijkmatig over de hele vloer is aangebracht kan de transmissie worden gecorrigeerd volgens de procedure in bijlage G van NEN-EN-ISO 13370.

#### 8.3.4.2 Vloer boven onverwarmde ruimte

De stationaire warmtedoorgangscoefficiënt via de vloer,  $U_n$ , in W/(m<sup>2</sup>·K), voor een vloer boven een onverwarmde ruimte waarvan de vloer onder het maaiveld is gelegen (zie figuur 8.10) wordt bepaald met:

$$U_n = \left[ \frac{1}{U_f} + \frac{1}{(U_g + U_s)} \right]^{-1} \quad (8.43)$$

OPMERKING Deze formule is ontleend aan 9.2 van NEN-EN-ISO 13370.

waarin:

$U_f$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van de vloerconstructie boven de kruipruimte of boven de (on)verwarmde ruimte waarvan de vloer onder het maaiveld is gelegen, bepaald volgens 8.2.2.2.1, in W/(m<sup>2</sup>·K);

$U_g$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van de kruipruimte- of keldervloer en/of de kelderwand grenzend aan de grond, bepaald volgens 8.3.5.1, in W/(m<sup>2</sup>·K);

$U_x$  is een equivalente transmissiecoëfficiënt tussen de kruipruimte of de (on)verwarmde kelder en de buitenlucht, waarin de warmtestroom van de boven het maaiveld gelegen (delen van) wanden en de ventilatie is verrekend, bepaald volgens 8.3.5.4, in  $W/(m^2 \cdot K)$ .

### 8.3.5 Stationaire warmtedoorgangscoefficiënt van onder het maaiveld gelegen constructiedelen

#### 8.3.5.1 Stationaire warmtedoorgangscoefficiënt naar de grond, $U_g$

De stationaire warmtedoorgangscoefficiënt van constructies grenzend aan de grond  $U_g$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , wordt bepaald als de som van de warmtedoorgangscoefficiënt via de kruipruimte- of keldervloer en de warmtedoorgangscoefficiënt via de onder het maaiveld gelegen delen van de kruipruimte- of kelderwanden:

$$U_g = U_{bf} + \frac{\sum_j (z_j \times \ell_j \times U_{bwj})}{A_{bf}} \quad (8.44)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan G.1 van NEN-EN-ISO 13370.

waarin:

$A_{bf}$  is de oppervlakte van de vloer waarvan de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt wordt bepaald, in  $m^2$ ;

$U_{bf}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van de vloer van de kruipruimte of van de onverwarmde kelder, bepaald volgens 8.3.5.2, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$\ell_j$  is de lengte van deel  $j$  van de (binnenwerkse) vloeromtrek voor zover dat deel grenst aan een uitwendige scheidingsconstructie met de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt,  $\psi_{gj}$ , en/of met de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{bwj}$ , in m;

OPMERKING 2 Zie figuur 8.10 voor een toelichting op de vlakken en lineaire thermische bruggen die bij de berekening van  $H_g$  behoren te worden meegenomen.

$z_j$  is de verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de kruipruimte- of keldervloer van kelderwanddeel  $j$  met de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{bwj}$ , in m, waarvoor de volgende drie klassen worden aangehouden:

— bij een vloer van een verwarmde ruimte is de hoogte de werkelijke afstand, in m; bij een vloer op zand is de verticale afstand 0 m;

— in alle andere gevallen is de verticale afstand 0,5 m.

$U_{bwj}$  is de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt van het onder het maaiveld gelegen wanddeel  $j$ , bepaald volgens 8.3.5.3, in  $W/(m^2 \cdot K)$ .

#### 8.3.5.2 Warmtedoorgangscoefficiënt van een onder het maaiveld gelegen vloer, $U_{bf}$

De stationaire warmtedoorgangscoefficiënt via de grond,  $U_{bf}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , wordt bepaald als  $U_i$ , volgens formule (8.40) dan wel (8.41), waarbij voor  $d_{f,eq}$  moet worden gelezen  $d_{bf,eq}$ .

Bij een vloer direct op de ondergrond (vloer op staal) geldt:  $U_{bf} = 0 W/(m^2 \cdot K)$ .

### 8.3.5.3 Warmtedoorgangscoefficiënt van een onder het maaiveld gelegen wanddeel, $U_{bw,j}$

De warmtedoorgangscoefficiënt van de aan de grond grenzende wand  $j$  van de kruipruimte, de verwarmde kelder of de onverwarmde kelder,  $U_{bw,j}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , volgt uit:

$$U_{bw,j} = \frac{2 \times \lambda_{gr}}{\pi \times z_j} \times \left( 1 + \frac{0,5 \times d_1}{d_1 + z_j} \right) \times \ln \left( \frac{z_j}{d_{bw,eq,j}} + 1 \right) \quad (8.45)$$

OPMERKING 1 Deze formule is gebaseerd op 7.3.3 van NEN-EN-ISO 13370.

waarin:

$\lambda_{gr}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de grond, ontleend aan 8.3.2.4.1, in  $W/(m \cdot K)$ ;

$d_{bw,eq,i,j}$  is de equivalente dikte van de kruipruimte- of kelderwand  $j$ , bepaald volgens 8.3.2.3, in m;

$d_1$  is de equivalente dikte van de kelderwanden, in m, waarbij, indien:

—  $d_{bw,eq,i} \geq d_{bf,eq,i}$  geldt  $d_1 = d_{bf,eq,i}$ ;

—  $d_{bw,eq,i} < d_{bf,eq,i}$  geldt  $d_1 = d_{bw,eq,i}$ .

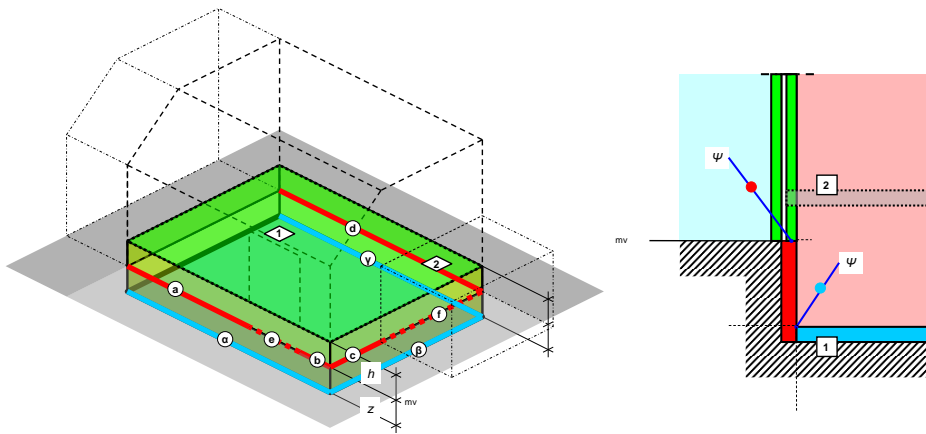
$z_j$  is de verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de kruipruimte- of keldervloer van kelderwanddeel  $j$  met de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{bw,j}$ , in m, waarvoor de volgende drie klassen worden aangehouden:

— bij een vloer met een verwarmde ruimte is de hoogte de werkelijke afstand, in m;

— bij een vloer op zand is de verticale afstand 0 m;

— in alle andere gevallen is de verticale afstand 0,5 m.

Onderstaande figuur geeft een schematisch beeld van een wand en vloer van een onder het maaiveld gelegen ruimte.



#### Legenda

mv maaiveld  
 h hoogte boven het maaiveld bovenzijde vloer  
 z diepte van de vloer van de verwarmde ruimte onder het maaiveld

Vlakken	Thermische bruggen			
1 $A_{T,i}; U_1$	a $\ell_a; \psi_a$	e $\ell_e; \psi_e$	$\alpha$ $\ell_\alpha; \psi_\alpha$	
2 n.v.t.	b $\ell_b; \psi_b$	f $\ell_f; \psi_f$	$\beta$ $\ell_\beta; \psi_\beta$	
	c $\ell_c; \psi_c$		$\gamma$ $\ell_\gamma; \psi_\gamma$	
	d $\ell_d; \psi_d$			

Figuur 8.10 — Vloer verwarmde ruimte onder het maaiveld

### 8.3.5.4 Warmtedoorgangscoefficiënt naar buitenlucht via boven het maaiveld gelegen delen van kruipruimte- of kelderwand en via kruipruimteventilatie of ventilatie van de onverwarmde kelder, $U_x$

#### 8.3.5.4.1 Warmtedoorgangscoefficiënt bovengrondse delen kruipruimte- of kelderwand

De boven maaiveld gelegen begrenzing van een kruipruimte en van een onverwarmde kelder draagt door transmissieverliezen bij aan de warmtedoorgangscoefficiënt van de beganegrandvloer. Ook de ventilatie van een onverwarmde kelder en de ventilatie van de kruipruimte dragen daar aan bij. In deze paragraaf worden beide elementen omgezet in een equivalente warmtedoorgangscoefficiënt voor de bovenliggende vloer,  $U_x$ , waarvan de invloed wordt verrekend in 8.3.4.2.

$$U_x = U_{x,T} + U_{x,V} \quad (8.46)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan 7.2 van NEN-EN-ISO 13370.

waarin:

$U_{x,T}$  is de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt van de vloer ten gevolge van transmissie door een onder de vloer, maar boven het maaiveld gelegen scheidingsconstructie met de buitenlucht van de kruipruimte of de onverwarmde kelder, bepaald volgens 8.3.5.4.2, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$U_{x,V}$  is de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt van de vloer ten gevolge van kruipruimteventilatie of ventilatie van de onverwarmde kelder bepaald volgens 8.3.5.4.3, in  $W/(m^2 \cdot K)$ .

OPMERKING 2 Indien deze formule wordt ingevuld met de in 8.3.5.4.2 en 8.3.5.4.3 gegeven formules voor een kruipruimte ontstaat formule (11) van NEN-EN-ISO 13370.

#### 8.3.5.4.2 Equivalente warmtedoorgangscoefficiënt door directe transmissie naar de buitenlucht, $U_{x,T}$

De equivalente warmtedoorgangscoefficiënt van de vloer ten gevolge van transmissie door een onder de vloer, maar boven het maaiveld gelegen scheidingsconstructie met de buitenlucht van de kruipruimte of de onverwarmde kelder,  $U_{x,T}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , volgt uit:

$$U_{x,T} = \frac{2 \times \sum_j (\ell_j \times h_j \times U_{xw,j})}{B_f \times \sum_j \ell_j} \quad (8.47)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan 7.2 van NEN-EN-ISO 13370.

OPMERKING 2 Indien de hoogte  $h$  niet constant is over de omtrek van het vloerveld, ga dan uit van de gemiddelde waarde.

waarin:

$B_f$  is de karakteristieke breedte van de vloer, bepaald volgens 8.3.2.2, in m;

$h_j$  is de hoogte van wanddeel  $j$  met de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{xw,j}$ , boven het maaiveld tot de bovenkant van de beganegrondvloer, in m;

$\ell_j$  is de lengte van wand  $j$  met de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{xw,j}$ , in m;

$U_{xw,j}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van het wanddeel  $j$  van de kruipruimte of van de onverwarmde kelder, voor zover gelegen boven het maaiveld, bepaald volgens 8.2.2.2, in  $W/(m^2 \cdot K)$ .

OPMERKING 3 In de praktijk is de warmtedoorgangscoefficiënt van de wand van de kruipruimte of van de onverwarmde kelder gelijk aan de warmtedoorgangscoefficiënt van de daarboven aanwezige gevel. Voor  $U_{xw,j}$  mag daarom ook de  $U_c$  van de daarboven aanwezige gevel worden aangehouden.

Voor een vloer boven een kruipruimte of onverwarmde kelder, waarbij de vloer onder maaiveld is gelegen, geldt:  $U_{x,T} = 0 W/(m^2 \cdot K)$ .

OPMERKING 4  $U_{x,T}$  kan ook worden beschreven met:  $U_{x,T} = \frac{P \times h \times U_{xw}}{A}$ , waarmee deze term overeenkomt met de voorlaatste term onder de deelstreep van formule (19) van NEN-EN-ISO 13370.

#### 8.3.5.4.3 Equivalente warmtedoorgangscoefficiënt door ventilatie naar de buitenlucht, $U_{x,V}$

De equivalente warmtedoorgangscoefficiënt van de vloer ten gevolge van ventilatie met buitenlucht,  $U_{x,V}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , wordt bepaald met, voor:

a) kruipruimteventilatie:

$$U_{xV} = \frac{1450 \times \varepsilon \times u_{10} \times f_u}{B_f} \quad (8.48)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan 7.2 van NEN-EN-ISO 13370.

waarin:

$B_f$  is de karakteristieke breedte van de vloer, bepaald volgens 8.3.2.2, in m;

$f_u$  de dimensieloze windafschermingsfactor, waarvoor  $f_u = 0,05$  moet worden aangehouden;

$u_{10}$  is de gemiddelde windsnelheid op 10 m hoogte, in m/s, waarvoor 5 m/s moet worden aangehouden;

$\varepsilon$  is de oppervlakte van de ventilatieopeningen per m omtrek lengte van de kruipruimte, in m<sup>2</sup>; indien de werkelijke oppervlakte niet bekend is, geldt  $\varepsilon = 0,0012$  m<sup>2</sup>;

b) ventilatie van een onverwarmde kelder:

$$U_{xV} = \frac{(\rho_a \times c_a) \times n \times V}{3600 \times A_{bf}} \quad (8.49)$$

waarin:

$A_{bf}$  is de oppervlakte van de vloer waarvan de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt wordt bepaald, in m<sup>2</sup>;

$(\rho_a \cdot c_a)$  is het product van de soortelijke massa en de warmtecapaciteit van lucht, in J/(m<sup>3</sup>·K);  
 $\rho_a \cdot c_a = 1,205 \text{ kg/m}^3 \cdot 1005 \text{ J/(kg·K)} = 1211 \text{ J/(m}^3\text{·K)}$ ;

$n$  is het ventilatievoud, in ventilatiewisselingen per h van de onverwarmde kelder; forfaitair mag voor  $n$  de waarde 0,3 worden gebruikt;

OPMERKING 3 Dit kan alleen bij onverwarmde ruimten.

$V$  is het volume van de onverwarmde kelder(s), in m<sup>3</sup>.

OPMERKING 4  $U_{xV}$  kan ook worden beschreven met:  $U_{xV} = 0,33 \times \frac{n \times V}{A}$ , waarmee deze term overeenkomt met de laatste term onder de deelstreep van formule (17) van NEN-EN-ISO 13370:2007.

### 8.3.6 Lineaire warmtedoorgangscoefficiënt naar de grond, $\psi_{gr}$

De lineaire warmtedoorgangscoefficiënt naar de grond wordt uitsluitend bepaald voor aan de uitwendige scheidingsconstructies grenzende lineaire thermische bruggen.

De lineaire warmtedoorgangscoefficiënt naar de grond van thermische brug  $j$ ,  $\psi_{gr,j}$ , in W/(m·K), wordt bepaald met:

In geval van een vloer op of boven het maaiveld:

$$\psi_{gr,j} = L_{gr}^{2D} - h_{xw} \times U_{xw} - 4 \times U_{fl,8} \quad (8.50)$$



In geval van een vloer onder het maaiveld:

$$\psi_{gr,j} = L_{gr}^{2D} - (h_{xw} - z_j) \times U_{xw} - z_j \times U_{x,T;j} - 4 \times U_{n;8} \quad (8.51)$$

waarin:

$h_{xw}$  is de hoogte van het in het rekenmodel opgenomen deel van de gevel, in m;

$z_j$  is de verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de kruipruimte- of keldervloer van kelderwanddeel  $j$  met de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{x,T;j}$ , in m, waarvoor de volgende drie klassen worden aangehouden:

- Bij een vloer van een verwarmde ruimte is de hoogte de werkelijke afstand, in m;
- bij een vloer op zand is de verticale afstand 0 m;
- in alle andere gevallen is de verticale afstand 0,5 m.

$L_{gr}^{2D}$  is de lineaire koppelingcoëfficiënt van het model, bepaald volgens 8.6.1.2, in  $W/(m \cdot K)$ ;

$U_{n;8}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van het samenstel van vloerconstructie, kruipruimte en ondergrond voor een karakteristieke breedte van de vloer,  $B_f'$ , van 8 m, bepaald volgens 8.3.4, in  $W/(m^2 \cdot K)$ , waarbij de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt ten gevolge van ventilatie van de kruipruimte of onverwarmde kelder,  $U_{x,V}$  voor deze bepaling van  $\psi_{gr}$  op nul moet worden gesteld;

$U_{xw}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van deel  $i$  van de boven de vloer liggende gevel, bepaald als  $U_T$  volgens formule (8.6), in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$U_{x,T;j}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van de onder het maaiveld gelegen wand van de kruipruimte of van de onverwarmde kelder van het onder het maaiveld gelegen wanddeel  $j$ , bepaald volgens 8.3.5.3, in  $W/(m^2 \cdot K)$ .

~~In afwijking hiervan mag de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt naar de grond, indien er enkele  $\psi_{gr}$ -waarden ontbreken, dan kunnen de forfaitaire waarden uit bijlage I worden gebruikt ook worden ontleend aan bijlage I.~~

OPMERKING 1 In bepaalde situaties kan het onduidelijk zijn waar de grens tussen twee aansluitende constructieonderdelen moet worden getrokken. Hierbij is het van belang om te weten dat de keuze van de grens geen of slechts een zeer geringe invloed heeft op de berekende waarde van het transmissiewarmteverlies. Dit is een gevolg van het feit dat bij een andere keuze van de grens ook een andere waarde van de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt geldt.

OPMERKING 2 Het getal '4' is de halve karakteristieke breedte van de vloer  $B_f'$ , welke waarde in NEN-EN-ISO 10211 is opgelegd voor een model voor het bepalen van de  $\psi_{gr}$ .

## 8.4 Bepaling warmteverliescoëfficiënt via een onverwarmde ruimte, $H_U$

### 8.4.1 Warmteverlies via een onverwarmde ruimte

De warmteverliescoëfficiënt via onverwarmde ruimten aan de buitenzijde van het gebouw,  $H_U$ , in  $W/K$ , wordt berekend met:

$$H_u = H_{zi,j;ztu} \times b_U \quad (8.52)$$

$$b_U = \frac{H_{ue}}{(H_{ue} + H_{zi,j;ztu})} \quad (8.53)$$

waarin:

$$H_{ue} = H_{D;ue} + H_{V;ue} \quad (8.54)$$

$$H_{zi,j;ztu} = H_{D;zi,j;ztu} + H_{V;zi,j;ztu} \quad (8.55)$$

OPMERKING 1 Dit is niet van toepassing op een onverwarmde kelder; de warmteoverdracht via een onverwarmde kelder wordt meegenomen in  $H_g$  (zie 8.3).

OPMERKING 2 Zie figuur 8.11 voor een toelichting op de onderscheiden 'sub'-verliescoëfficiënten. Deze formules zijn ontleend aan 7.5 van NEN-EN-ISO 13789. In de berekening van  $H_{ue}$  wordt het warmteverlies naar de grond niet meegenomen bij de berekening van  $H_{ue}$ .

waarin:

$b_U$  is een dimensieloze reductiefactor;

OPMERKING 3 De dimensieloze reductiefactor  $b_U$  maakt het mogelijk temperatuurverschillen tussen de buitenlucht en de temperatuur in de onverwarmde ruimte te verdisconteren. Zie bijlage C van NEN-EN-ISO 13789.

$H_{zi,j;ztu}$  is de warmteverliescoëfficiënt van de verwarmde ruimte naar de onverwarmde ruimte, in W/K;

$H_{ue}$  is de warmteverliescoëfficiënt van de onverwarmde ruimte naar de buitenomgeving, in W/K;

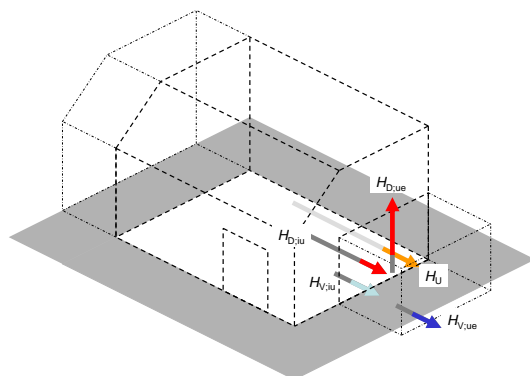
$H_{D;zi,j;ztu}$  is de warmteverliescoëfficiënt door transmissie van de verwarmde ruimte naar de onverwarmde ruimte, berekend als  $H_D$  volgens 8.2, in W/K;

$H_{D;ue}$  is de warmteverliescoëfficiënt door transmissie van de onverwarmde ruimte naar de buitenomgeving, berekend als  $H_D$  volgens 8.2, in W/K;

OPMERKING 4 Zie figuren 8.11 en 8.12 voor een toelichting op de vlakken en lineaire thermische bruggen die bij de berekening van  $H_{D;zi,j;ztu}$  en  $H_{D;ue}$  behoren te worden meegenomen.

$H_{V;zi,j;ztu}$  is de warmteverliescoëfficiënt door ventilatie en infiltratie van de verwarmde ruimte naar de onverwarmde ruimte, bepaald volgens 8.4.3, in W/K;

$H_{V;ue}$  is de warmteverliescoëfficiënt door ventilatie en infiltratie van de onverwarmde ruimte naar de buitenomgeving, bepaald volgens 8.4.3, in W/K.



#### Legenda

$H_U$  warmteverliescoëfficiënt via onverwarmde ruimte  
 $H_{D,zij,ztu}$  warmteverliescoëfficiënt verwarmd – onverwarmd  
 $H_{D,ue}$  warmteverliescoëfficiënt onverwarmd – buiten  
 $H_{V,ue}$  warmteverliescoëfficiënt ventilatie verwarmd – onverwarmd  
 $H_{V,zij,ztu}$  warmteverliescoëfficiënt ventilatie onverwarmd – buiten

**Figuur 8.11 — Warmteverliescoëfficiënten via onverwarmde ruimte**

In afwijking hiervan kan de warmteverliescoëfficiënt via onverwarmde ruimten ook worden berekend met een forfaitaire verrekening van de lineaire thermische bruggen. In dat geval wordt de warmteverliescoëfficiënt via onverwarmde ruimten aan de buitenzijde van het gebouw,  $H_U$  in W/K, berekend met:

$$H_{U,for} = 0$$

OPMERKING 5 Bij de forfaitaire verrekening van het warmteverlies via aangrenzende onverwarmde ruimten worden deze ruimten geacht niet aanwezig te zijn, maar te zijn vervangen door buitenlucht. Scheidingsconstructies tussen verwarmde ruimten en aangrenzende onverwarmde ruimten behoren dan dus te worden beschouwd als uitwendige scheidingsconstructies. In dat geval wordt de desbetreffende scheidingsconstructie meegenomen in de berekening van  $H_{D,for}$  en wordt de equivalente warmtedoorgangcoëfficiënt van die scheidingsconstructie  $U_{iw,eqi}$ , in W/(m<sup>2</sup>·K), bepaald volgens C.1.3.

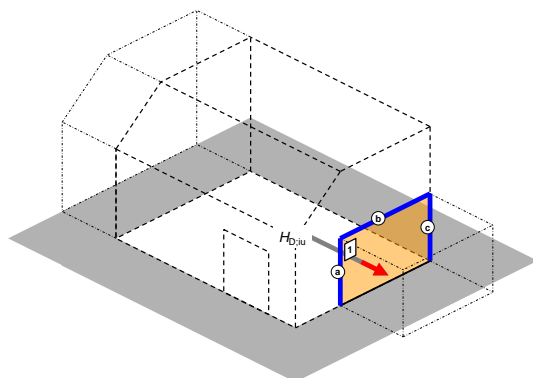
Indien voor de berekening van de warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie van de rekenzone(s) in 8.2 en 8.3 gebruik wordt gemaakt van de forfaitaire  $R_c$ - en  $U$ -waarden in bijlage I.2.1, I.2.2 en I.2.3, mag de warmteverliescoëfficiënt via aangrenzende onverwarmde ruimten,  $H_{U,adj}$ , worden bepaald volgens bijlage H.2.4.

### 8.4.2 Warmteverliescoëfficiënt door transmissie via een onverwarmde ruimte

#### 8.4.2.1 Warmteverliescoëfficiënt door transmissie naar een onverwarmde ruimte, $H_{D,zij,ztu}$

De warmteverliescoëfficiënt door transmissie van de verwarmde ruimte naar de onverwarmde ruimte,  $H_{D,zij,ztu}$ , in W/K, wordt berekend als  $H_D$ , volgens 8.2.1, waarbij de warmteovergangswaarde  $R_{se}$  wordt vervangen door de op de onverwarmde ruimte van toepassing zijnde  $R_{si}$ .

OPMERKING 1 Zie figuur 8.12 voor een toelichting op de vlakken en lineaire thermische bruggen die bij de berekening van  $H_{D,zij,ztu}$  behoren te worden meegenomen.



#### Legenda

1	$A_{T,i}; U_i$	a	$\ell_a; \psi_a$
		b	$\ell_b; \psi_b$
		c	$\ell_c; \psi_c$

**Figuur 8.12 — Visuele weergave van de parameters bepalend voor de berekening van  $H_{D,zi,jztu}$  ( $H_{D,iu}$ )**

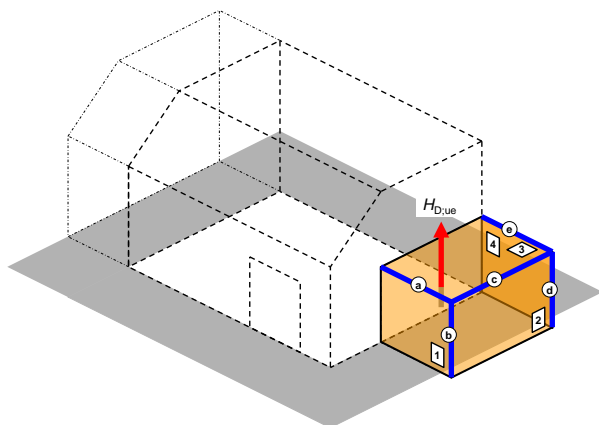
OPMERKING 2 Bij de berekening van de  $H_{D,zi,jztu}$  (in de figuur staat de alternatieve benaming  $H_{D,iu}$ ) worden niet meegenomen:

- lineaire thermische bruggen die een scheiding vormen tussen scheidingsvlakken van de verwarmde ruimte
- aangrenzende onverwarmde ruimten en de grond.

#### 8.4.2.2 Warmteverliescoëfficiënt door transmissie naar een onverwarmde ruimte, $H_{D,ue}$

De warmteverliescoëfficiënt door transmissie van de onverwarmde ruimte naar de buitenomgeving,  $H_{D,uey}$  in W/K, wordt berekend als  $H_D$  volgens 8.2.1.

OPMERKING 1 Zie figuur 8.13 voor een toelichting op de vlakken en lineaire thermische bruggen die bij de berekening van  $H_{D,ue}$  behoren te worden meegenomen.



#### Legenda

1	$A_{T;1}; U_1$	a	$\ell_a; \psi_a$
2	$A_{T;2}; U_2$	b	$\ell_b; \psi_b$
3	$A_{T;3}; U_3$	c	$\ell_c; \psi_c$
4	$A_{T;4}; U_4$	d	$\ell_d; \psi_d$
		e	$\ell_e; \psi_e$

**Figuur 8.13 — Visuele weergave van de parameters bepalend voor de berekening van,  $H_{D;ue}$**

OPMERKING 2 Bij de berekening van de  $H_{D;ue}$  worden niet meegenomen:

- de scheidingsvlakken tussen de verwarmde ruimte en aangrenzende onverwarmde ruimten;
- lineaire thermische bruggen die een scheiding vormen tussen scheidingsvlakken van de aangrenzende onverwarmde ruimte en de grond.

#### 8.4.3 Warmteverliescoëfficiënt door ventilatie en infiltratie, $H_v$

De warmteverliescoëfficiënten door ventilatie en infiltratie  $H_{V;zlj;ztu}$  en  $H_{V;ue}$ , in W/K, worden bepaald met, respectievelijk:

$$H_{V;iu} = \frac{(\rho_a \times c_a) \times \dot{V}_{iu}}{3600} \quad (8.56)$$

waarin:

$$\dot{V}_{iu} = 0$$

OPMERKING Om onderschatting van de warmteverliescoëfficiënt via de onverwarmde ruimte te voorkomen, wordt in NEN-EN-ISO 13789  $H_{V;iu} = 0$  gesteld.

en:

$$H_{V;ue} = \frac{(\rho_a \times c_a) \times \dot{V}_{ue}}{3600} \quad (8.57)$$

waarin:

$\dot{V}_{iu}$  is de luchtvolumestroom tussen de verwarmde en onverwarmde ruimte, in m<sup>3</sup>/h;

$\dot{V}_{ue}$  is de luchtvolumestroom door ventilatie en exfiltratie tussen de onverwarmde ruimte en buiten, in m<sup>3</sup>/h;

$(\rho_a \times c_a)$  is het product van de soortelijke massa en de warmtecapaciteit van lucht, in J/(m<sup>3</sup>·K);  
 $\rho_a \times c_a = 1,205 \text{ kg/m}^3 \times 1\,005 \text{ J/(kg·K)} = 1\,211 \text{ J/(m}^3 \cdot \text{K)}$ .

De luchtvolumestroom door ventilatie en exfiltratie,  $\dot{V}_{ue}$ , in m<sup>3</sup>/h, wordt in NEN-EN-ISO 13789 bepaald op basis van het ventilatievoud, waarbij het ventilatievoud feitelijk wordt bepaald door de ex- en infiltratie (zie hiervoor ook hoofdstuk 11).

In afwijking van formule (8.57) mag  $H_{V,ue}$  ook worden bepaald met

$$H_{V,ue} \approx 0,5 \times H_{D,ue} \quad (8.58)$$

Met  $H_{V,iu} = 0$  volgt dan:

$$b_U \approx \frac{1,5 \times H_{D,ue}}{1,5 \times H_{D,ue} + \sum_j H_{D,ji}; \text{ zi, j; ztu}} \quad (8.59)$$

## 8.5 Bepaling warmteverliescoëfficiënt via aangrenzende verwarmde ruimten, $H_A$

Voor berekeningen op basis van dit hoofdstuk wordt het warmtetransport,  $H_A$ , in W/K, van of naar een andere verwarmde rekenzone met een van de beschouwde rekenzone afwijkende temperatuur verwaarloosd:

$$H_{A,mi} = 0$$

OPMERKING 1 In 7.6 van NEN-EN-ISO 13789 wordt de warmteverliescoëfficiënt via aangrenzende ruimten,  $H_A$ , in W/K, berekend met:

$$H_{A,mi} = H_{D,ia} \times b_{A,mi} \quad (8.60)$$

$$b_{A,mi} = \frac{(\theta_i - \theta_a)}{(\theta_i - \theta_{e,mi})} \quad (8.61)$$

waarin:

$b_{A,mi}$  is een dimensieloze reductiefactor in kalendermaand  $mi$ ;

$H_{D,ia}$  is de directe warmteverliescoëfficiënt tussen de verwarmde ruimte en de aangrenzende ruimte, bepaald als  $H_D$ , volgens 8.2.1, in W/K;

OPMERKING 2 Zie figuur 8.14 voor een toelichting op de vlakken en lineaire thermische bruggen die bij de berekening van  $H_{D,ia}$  behoren te worden meegenomen.

$\theta_{e,mi}$  is de buitenlucht temperatuur in kalendermaand  $mi$ , ontleend aan A.1 van NEN 5060, in °C;

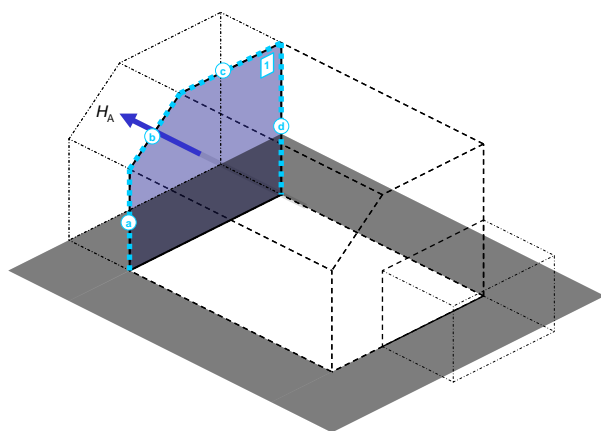
$\theta_a$  is de binnentemperatuur van de aangrenzende verwarmde ruimte, in °C;

$\theta_i$  is de binnentemperatuur van de desbetreffende verwarmde ruimte, in °C.

Voor de binnentemperatuur van verwarmde ruimten,  $\theta_a$  en  $\theta_i$ , worden in het kader van berekeningen de volgende temperaturen gehanteerd:

a) woningen  $\theta = 20$  °C;

b) utiliteitsgebouwen: volgens  $\theta_{\text{int;set,H;stc;zi}}$  voor de desbetreffende gebruiksfunctie uit tabel 7.11.



#### Legenda

1	$A_{T,i}; U_I$	a	$\ell_a; \psi_a$
		b	$\ell_b; \psi_b$
		c	$\ell_c; \psi_c$
		d	$\ell_d; \psi_d$

**Figuur 8.14 — Visuele weergave van de parameters bepalend voor de berekening van  $H_{D,ia}$**

OPMERKING 3 Bij de berekening van de  $H_A (H_{D,ia})$  worden niet meegenomen: lineaire thermische bruggen die een scheiding vormen tussen scheidingsvlakken van de verwarmde ruimte met de aangrenzende verwarmde ruimte en de grond (zie ook opmerking 8 onder figuur 8.2).

## 8.6 Bepaling van de thermische koppelingscoëfficiënt, $L$

### 8.6.1 Numerieke rekenmethoden

#### 8.6.1.1 Bepaling van de thermische koppelingscoëfficiënt voor vlakken, $L$

De thermische koppelingscoëfficiënten worden bepaald met een numerieke rekenmethode die voldoet aan de criteria in bijlage C van NEN-EN-ISO 10211 (thermische bruggen) en aan de criteria in bijlage I van NEN-EN-ISO 10077-2 (ramen, deuren en luiken).

Daarbij worden de waarden van de warmtegeleidingscoëfficiënten,  $\lambda$ , van de in het onderdeel toegepaste materialen ontleend aan bijlage E en de equivalente warmtegeleidingscoëfficiënten van eventueel in het onderdeel voorkomende holten ontleend aan bijlage F.

OPMERKING NEN-EN-ISO 10077-2 geeft een overzicht van warmtegeleidingscoëfficiënten (-waarden) van materialen, toegepast in ramen en kozijnen.

De thermische koppelingscoëfficiënt,  $L$ , in W/K van het rekenmodel van een ondoorschijnende oppervlakte wordt, bij  $\Delta T = 1$  K, bepaald volgens:

$$L = \frac{(\Phi_i + \Phi_e)}{2 \times \Delta T} = \frac{(\Phi_i + \Phi_e)}{2} \quad (8.62)$$

waarin:

$\Phi_i$  is de totale ingaande warmtestroom bepaald door het stelsel van vergelijkingen, bepaald volgens 8.6.2 voor een temperatuurverschil van  $\Delta T = 1$  K, in W;

$\Phi_e$  is de totale uitgaande warmtestroom bepaald door het stelsel van vergelijkingen bepaald volgens 8.6.2 voor een temperatuurverschil van  $\Delta T = 1$  K, in W.

#### 8.6.1.2 Bepaling van de lineaire thermische koppelingscoëfficiënt voor lijnvormige aansluitingen, $L^{2D}$

De 2D-thermische koppelingscoëfficiënt moet worden bepaald met een numerieke rekenmethode die voldoet aan de criteria in bijlage C van NEN-EN-ISO 10211 (thermische bruggen) en aan de criteria in bijlage I van NEN-EN-ISO 10077-2 (ramen, deuren en luiken).

In het rekenmodel moet, bij  $\Delta T = 1$  K, de lineaire 2D-thermische koppelingscoëfficiënt worden bepaald, voor de aansluiting tussen verschillende constructieonderdelen niet grenzend aan de grond,  $L^{2D}$ , in W/(m×K), volgens:

$$L^{2D} = \frac{(\Phi_i + \Phi_e)}{(2 \times \ell) \times \Delta T} = \frac{(\Phi_i + \Phi_e)}{(2 \times \ell)} \quad (8.63)$$

waarin:

$\Phi_i$  is de totale ingaande warmtestroom bepaald door het stelsel van vergelijkingen bepaald volgens 8.6.2 voor een temperatuurverschil van  $\Delta T = 1$  K, in W;

$\Phi_e$  is de totale uitgaande warmtestroom bepaald door het stelsel van vergelijkingen bepaald volgens 8.6.2 voor een temperatuurverschil van  $\Delta T = 1$  K, in W;

$\ell$  is de lengte waarover de doorsnede van het rekenmodel homogeen of quasihomogeen blijft, in m;

### 8.6.2 Rekenprocedure

#### 8.6.2.1 Modelleren van het constructieonderdeel

Voor de berekening van de warmtestromen  $\Phi_i$  en  $\Phi_e$  in een constructieonderdeel wordt met een numerieke rekenmethode de temperatuurverdeling in dat constructieonderdeel berekend. Daarvoor wordt volgens de in 8.6.2.2 geschetste procedure elk bouwkundig detail in een meerdimensionaal geometrisch model omgezet. Een gemodelleerd detail wordt vervolgens verdeeld in een aantal aan elkaar grenzende materiaalcellen, elk met een homogene warmtegeleidingscoëfficiënt.



Over de knooppunten van het netwerk (van aan elkaar grenzende materiaalcellen) wordt de temperatuurverdeling bepaald waaruit vervolgens de warmtestromen door de materiaalcellen worden berekend.

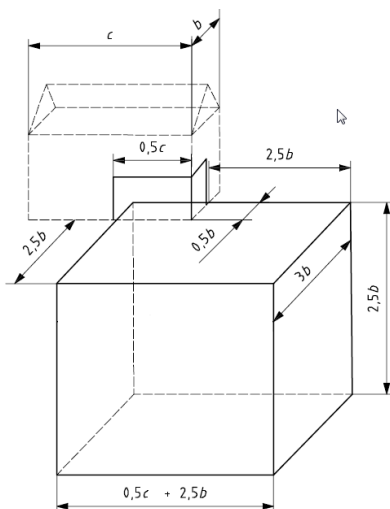
OPMERKING De hierboven aangeduide rekenmethoden staan bekend onder de namen 'eindige-elementenmethode' of 'eindige-differentiemethode'.

### 8.6.2.2 Regels voor het modelleren

#### 8.6.2.2.1 Afsnijvlakken van het geometrisch model

Het is meestal niet doenlijk om een compleet gebouw met één enkel geometrisch model te modelleren. In de meeste gevallen mag het gebouw met afsnijvlakken worden onderverdeeld in verschillende stukken (inclusief de ondergrond indien van toepassing). Deze onderverdeling moet zo worden uitgevoerd dat verschillen in berekeningsresultaat tussen het opgedeelde gebouw en het als één geheel behandelde gebouw worden vermeden. Deze verdeling in verscheidene geometrische modellen wordt bereikt door de keuze van geschikte afsnijvlakken.

In een gedetailleerd model worden voor de bepaling van het warmteverlies naar de grond de afsnijvlakken in de grond gekozen volgens figuur 8.15. Wanneer hierbij een ruimte met een vloer onder het maaiveld moet worden opgenomen, worden de afsnijvlakken bepaald volgens 8.6.2.2.4.



#### Legenda

- $b$  breedte van de vloer
- $c$  lengte van de vloer ( $c > b$ )

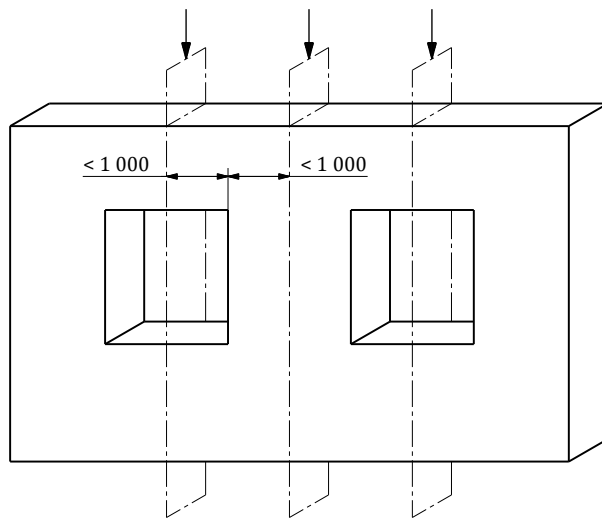
**Figuur 8.15 — Afmetingen grondlichaam voor de berekening van de stationaire warmteverliescoëfficiënt  $H_g$**

OPMERKING Figuur 8.15 is overeenkomstig met figuur 9 van NEN-EN-ISO 10211.

#### 8.6.2.2.2 Afsnijvlakken bij vlakvormige elementen

Voor de bepaling van  $U_c$ -waarden worden constructieonderdelen die geen raam, geen deur (inclusief kozijn) of geen kozijn met vast paneel zijn, worden gemodelleerd volgens K.1.3, met dien verstande dat:

- in plaats van de gehele constructie te modelleren mag ook een gedeelte van het constructieonderdeel worden gemodelleerd, indien wegens symmetrie de warmtestroomdichtheid van het desbetreffende gedeelte gelijk is aan de warmtestroomdichtheid van het gehele constructieonderdeel;
- ter plaatse van een symmetrievlak, indien dit zich op minder dan  $d_{\min} = 1$  m van het centrale element bevindt (zie figuur 8.16);



afmetingen in mm

**Figuur 8.16 — Symmetrievlakken die als afsnijvlakken kunnen worden gebruikt**

#### 8.6.2.2.3 Afsnijvlakken bij lijnvormige elementen

Voor de bepaling van  $\psi$ -waarden worden afsnijvlakken als volgt gekozen:

- in de ondergrond onder een vloerconstructie, ongeacht of deze boven een kruipruimte of direct op de ondergrond is gelegen:
  - een verticaal afsnijvlak binnen het gebouw op een afstand  $b_{\text{in}} = 2,5 \cdot B'_f$ , doch ten hoogste  $b_{\text{in}} = 4$  m vanaf de binnenwerkse rand van de vloer; in het geval het afsnijvlak is gekozen op een afstand  $b_{\text{in}} = 4$  m vanaf de binnenwerkse rand van de vloer mag de onder die condities bepaalde  $\psi$ -waarde ook worden gebruikt voor vloeren met grotere afmeting ( $B'_f > 8$  m);
  - een verticaal afsnijvlak buiten het gebouw op een afstand  $b_{\text{gr}} = 2,5 \cdot B'_f$ , doch ten hoogste  $b_{\text{gr}} = 20$  m, vanaf de binnenwerkse rand van de vloer;

— een horizontaal afsnijvlak op een diepte  $d_{gr} = 2,5 \cdot B'_f$ , doch ten hoogste  $d_{gr} = 20$  m, onder het maaiveld (zie ook figuur 8.17);

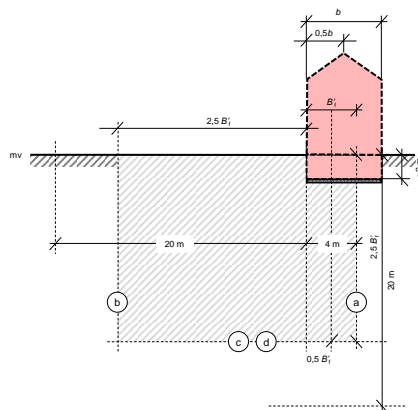
#### 8.6.2.2.4 Afsnijvlakken in geval van lijnvormige elementen van een (gedeeltelijk) onder het maaiveld gelegen (on)verwarmde ruimte

In geval van een gedeeltelijk onder het maaiveld gelegen (on)verwarmde ruimte worden afsnijvlakken als volgt geplaatst:

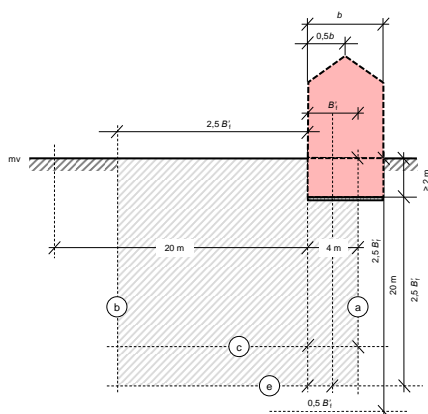
- een verticaal afsnijvlak binnen de verwarmde ruimte op afstand  $b_n = 4$  m vanaf de binnenwerkse omtrek van de verwarmde ruimte;
- een verticaal afsnijvlak buiten het gebouw op een afstand  $b_{gr} = 2,5 \cdot B'_f$ , doch ten hoogste  $b_{gr} = 20$  m, vanaf de binnenwerkse omtrek van de verwarmde ruimte;
- een horizontaal afsnijvlak door de wanden ter hoogte van het maaiveld; afstand van  $d_{gr} = 2,5 \cdot B'_f$ ;
- indien de keldervloer minder dan 2 m onder het maaiveld is gelegen, een horizontaal afsnijvlak in de ondergrond op een diepte van  $d_{gr} = 2,5 \cdot B'_f$ , doch ten hoogste  $d_{gr} = 20$  m, onder het maaiveld, of, als dat minder is, op een afstand van  $2,5 \cdot B'_f$  onder het maaiveld;
- indien de keldervloer op een diepte van 2 m of meer onder het maaiveld is gelegen, een horizontaal afsnijvlak in de ondergrond op een diepte van  $d_{gr} = 2,5 \cdot B'_f$ , doch ten hoogste  $d_{gr} = 20$  m, onder de bovenkant van de laagst gelegen vloer.

OPMERKING 1 Zie 8.3.2.2 voor de berekening van  $B'_f$ .

Zie ook figuren 8.17a) en 8.17b).



a) bovenzijde laagst gelegen vloer op minder dan 2 m onder maaiveld



b) bovenzijde laagst gelegen vloer op 2 m of meer onder maaiveld

#### Legenda

mv maaiveld  
 $b$  gebouw breedte  
 $B_f$  karakteristieke breedte (zie 8.3.2.2)  
a-e afsnijvlakken als bedoeld in 8.6.2.2.4

**Figuur 8.17— Afmetingen grondlichaam voor de berekening van de lineaire koppelingscoëfficiënt in geval van verwarmde ruimten waarvan de vloer onder het maaiveld is gelegen**

OPMERKING 2 Figuur 8.17 is een bewerking van figuur 10 van NEN-EN-ISO 10211.

### 8.6.2.3 Aanpassingen van dimensies

#### 8.6.2.3.1 Algemeen

Aanpassingen van de dimensies van het geometrisch model ten opzichte van de werkelijke geometrie van het constructieonderdeel zijn toegelaten zolang zij geen significante invloed op het berekeningsresultaat hebben. Dit laatste mag worden aangenomen wanneer aan de onderstaande voorwaarden is voldaan, onverminderd het feit dat rekenresultaten van het werkelijke model altijd voorrang hebben, met name waar het gaat om het voldoen aan bepaalde eisen.

##### a) Warmtegeleidingscoëfficiënt

Van elk materiaal moet de warmtegeleidingscoëfficiënt worden ontleend aan bijlage E. Aanpassing van dimensies mag alleen plaatsvinden bij materialen met een warmtegeleidingscoëfficiënt lager dan  $3,0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

##### b) Ligging van binnen- of buitenoppervlak van een materiaalblok

Een oppervlak dat in werkelijkheid niet vlak is, mag in het model worden vervangen door een vlak oppervlak dat gelegen is op de gemiddelde positie van het werkelijke oppervlak, zolang voor de afwijking tussen gemiddelde en werkelijke positie op elke plaats geldt (zie figuur 8.18):

$$d_{\text{corr}} \leq R_{\text{corr}} \times \lambda \quad (8.64)$$

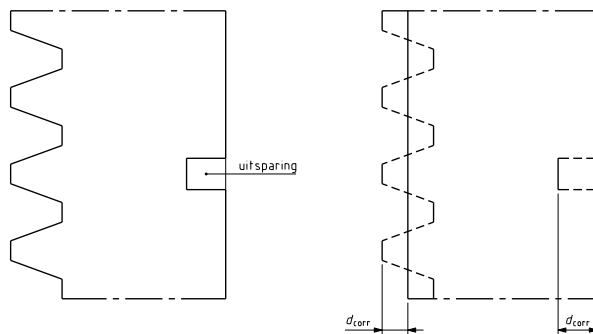
waarin:

$d_{\text{corr}}$  is de plaatselijke aanpassing loodrecht op de gemiddelde positie van het binnen- of buitenoppervlak;

$R_{\text{corr}}$  is gelijk aan 0,03 (m<sup>2</sup>·K)/W;

$\lambda$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van het desbetreffende materiaal.

OPMERKING Voorbeelden zijn: hellende oppervlakken, afgeronde hoeken en geprofileerde oppervlakken zoals dakpannen.



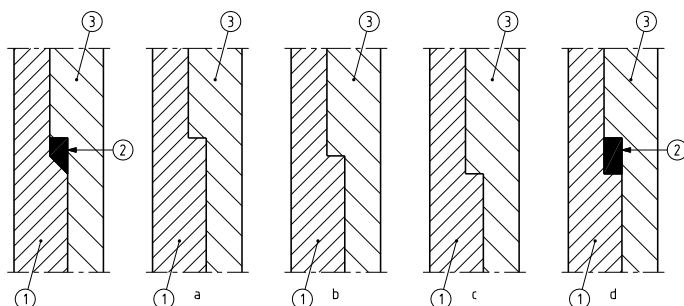
**Figuur 8.18 — Verandering van de ligging van het binnen- of buitenoppervlak**

c) Verandering van het scheidingsvlak tussen twee verschillende materialen

De verplaatsing van het scheidingsvlak moet plaatsvinden in de richting loodrecht op het binnenoppervlak.

De verplaatsing van het scheidingsvlak moet zo zijn dat het materiaal met de lagere warmtegeleidingscoëfficiënt wordt vervangen door het materiaal met de hogere warmtegeleidingscoëfficiënt (zie figuur 8.19).

OPMERKING Voorbeelden zijn: verzonken afdichtingsstroken, kitvoegen, correctieblokjes, wandcontactdozen, hellende oppervlakken en andere verbindingdetails.



#### Legenda

Materiaalblok	Warmtegeleiding s-coëfficiënt	Vereenvoudiging			
		a	b	c	d
1	$\lambda_1$	$\lambda_1 > \lambda_2$	$\lambda_1 > \lambda_3$	$\lambda_1 < \lambda_3$	$\lambda_1 < \lambda_2$
2	$\lambda_2$				
3	$\lambda_3$		$\lambda_3 > \lambda_2$	$\lambda_3 > \lambda_2$	$\lambda_3 < \lambda_2$

**Figuur 8.19— Vier mogelijkheden voor de verplaatsing van het grensvlak tussen drie materiaalblokken, afhankelijk van de verhouding van hun warmtegeleidingscoëfficiënten**

#### d) Verwaarlozing van dunne lagen

Lagen die niet van metaal zijn met een dikte van niet meer dan 1 mm mogen worden genegeerd.

**OPMERKING** Voorbeelden zijn dunne folies die het transport van vrij vocht, waterdamp of lucht onder invloed van wind tegengaan.

Dunne metaallagen mogen worden genegeerd als kan worden vastgesteld dat deze een verwaarloosbaar effect op de warmtetransmissie hebben.

#### e) Verwaarlozing van appendages bevestigd aan het buitenoppervlak.

Gebouwelementen die tegen het buitenoppervlak zijn bevestigd (d.w.z. bevestigd op afzonderlijke plaatsen) mogen worden genegeerd.

**OPMERKING** Voorbeelden zijn dakgoten en afvoerpijpen.

### 8.6.3 Quasihomogene lagen

#### 8.6.3.1 Quasihomogene lagen in vlakke constructie-elementen

**OPMERKING 1** Een isolatielaag in een constructie-element die op regelmatige afstanden wordt doorboord door bevestigingshulpmiddelen (zoals ankers) kan als quasihomogene laag worden beschouwd; incidentele thermische bruggen worden evenwel buiten beschouwing gelaten.

Wanneer aan de volgende, in 7.3.3.1 van NEN-EN-ISO 10211 gestelde, voorwaarden wordt voldaan:

- de desbetreffende materiaallagen zijn gesitueerd in een deel van de constructie dat, na vereenvoudiging, een flankerend element wordt;

— de warmtegeleidingscoëfficiënt van de quasihomogene laag is, na vereenvoudiging, niet groter dan 1,5 maal de laagste warmtegeleidingscoëfficiënt van de materialen in de niet-vereenvoudigde laag,

kan de equivalente warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda'$ , W/(m·K) worden berekend volgens 7.3.3.2 van NEN-EN-ISO 10211, met:

$$\lambda' = \frac{d}{\frac{A}{L^{3D}} - R_{si} - R_{se} - \sum_j \left( \frac{d_j}{\lambda_j} \right)} \quad (8.65)$$

of

$$\lambda' = \frac{d}{\frac{\ell}{L^{2D}} - R_{si} - R_{se} - \sum_j \left( \frac{d_j}{\lambda_j} \right)} \quad (8.66)$$

waarin:

$d$  is de dikte van de thermisch inhomogene laag, in m;

$A$  is de oppervlakte van het constructie-element, in m<sup>2</sup>;

$\ell$  is de lengte van de lineaire thermische brug, in m;

$L^{2D}$  is de lineaire thermische koppelingscoëfficiënt van het constructie-element bepaald op basis van een 2D-berekening, in W/(m·K);

$L^{3D}$  is de lineaire thermische koppelingscoëfficiënt van het constructie-element bepaald op basis van een 3D-berekening, in W/K;

$R_{si}$  is de warmteovergangsweerstand aan de zijde van de ingaande warmtestroom, bepaald volgens C.2, in (m<sup>2</sup>·K)/W;

$R_{se}$  is de warmteovergangsweerstand aan de zijde van de uitgaande warmtestroom, bepaald volgens C.2, in (m<sup>2</sup>·K)/W.

$d_j$  is de dikte van een homogene laag  $j$  binnen het constructie-element, in m;

$\lambda_j$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de homogene laag  $j$ , in W/(m·K).

**OPMERKING 2** Formules (8.65) en (8.66) kunnen worden gebruikt wanneer er diverse identieke, kleine thermische bruggen in de constructie aanwezig zijn (zoals muurankers en voegen in metselwerk, holle ruimten enz.). De berekening van de thermische koppelingscoëfficiënt kan worden beperkt tot een basisoppervlakte die representatief is voor de inhomogene laag, bijvoorbeeld een spouw met vier muurankers per m<sup>2</sup> kan worden benaderd met een basisoppervlakte van 0,25 m<sup>2</sup> met één muuranker.

### 8.6.3.2 Quasihomogene lagen in een quasihomogene thermische brug

Een laag in een lineaire thermische brug, die wordt doorbroken door een constructieve verbinding mag, in afwijking van de nauwkeuriger complete 3D-modellering, onder voorwaarden als quasihomogeen worden beschouwd.

Ook een isolatielaag als onderdeel van een constructieonderdeel dat (na vereenvoudiging) een flankerend element wordt, die voor mechanische bevestiging van de isolatielaag wordt doorbroken door bevestigingshulpmiddelen (ankers, stiften, (dak)schroeven e.d.) mag, in afwijking van de nauwkeuriger complete 3D-modellering, als quasihomogeen worden beschouwd, wanneer aan de hieronder gegeven, in 7.3.3.3 van NEN-EN-ISO 10211 gestelde, voorwaarden wordt voldaan:

- de thermische bruggen in de desbetreffende materiaallaag staan (nagenoeg) loodrecht op het uit- of inwendig oppervlak van het constructie-element en doorboren de materiaallaag over de volledige dikte;
- de warmteweerstand van het totale constructie-element, na vereenvoudiging, is ten minste  $1,5 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ ;
- aan de in tabel 8.6 gegeven condities is voldaan;

OPMERKING 1 Tabel 8.6 is ontleend aan tabel 6 van NEN-EN-ISO 10211.

kan voor een dergelijke laag de warmtegeleidingscoëfficiënt ( $\lambda'$ ) in het 2D-model worden bepaald volgens:

$$\lambda' = \frac{(\lambda_{\text{laag}} \times A_{\text{laag}} + \lambda_{\text{fa}} \times A_{\text{fa}})}{(A_{\text{laag}} + A_{\text{fa}})} \quad (8.67)$$

waarin:

$\lambda_{\text{laag}}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van het materiaal, in  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ;

$\lambda_{\text{fa}}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de doorbrekende constructieve verbindingen, in  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ;

OPMERKING 2 De warmtegeleidingscoëfficiënt van ankers, stiften of schroeven kan worden ontleend aan NEN-EN-ISO 10456; voor staal (RVS) bedraagt  $\lambda_{\text{fa}} = 17 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ; voor bevestigingshulpmiddelen van kunststof worden in NEN-EN-ISO 10456 voor de in dit verband gangbare kunststoffen,  $\lambda$ -waarden tussen  $\lambda_{\text{fa}} = 0,35 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  en  $\lambda_{\text{fa}} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  genoemd (zie ook bijlage H).

$A_{\text{laag}}$  is de (netto-)oppervlakte van de laag, in  $\text{m}^2$ ;

$A_{\text{fa}}$  is de (totale) doorsnedeoppervlakte van de doorbrekende constructieve verbindingen, in  $\text{m}^2$ .

In geval van doorbreking van een isolatielaag, behoort voor  $A_{\text{laag}}$  en  $\lambda_{\text{laag}}$  te worden gehanteerd resp.  $A_{\text{iso}}$  en  $\lambda_{\text{iso}}$ , waarbij de warmtegeleidingscoëfficiënt van het isolatiemateriaal  $\lambda_{\text{iso}}$ , in  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , wordt bepaald volgens E.1.

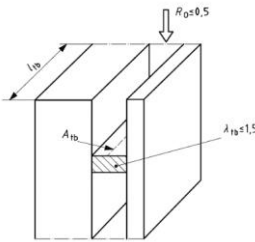
De invloed van de doorbrekende constructieve verbindingen op de warmtegeleidingscoëfficiënt van het beton of metselwerk waarin zij zijn opgenomen mag buiten beschouwing worden gelaten.

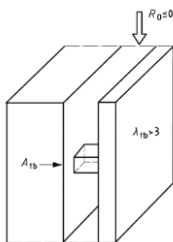
Voor de toepassing van formule (8.67) doet het niet ter zake of de doorbrekingen gelijkmatig over de lengte van de lineaire thermische brug zijn verdeeld. Hierbij moet bijvoorbeeld worden gedacht aan de mechanische bevestiging van dakisolatieplaten waarbij, afhankelijk van de van toepassing zijnde winddrukzone, een verschillend aantal dakschroeven per  $\text{m}^2$  nodig is.

Indien verwacht wordt dat toepassing van formule (8.67) een te ongunstige uitkomst zal opleveren, mogen de doorbrekingen als aparte elementen in het rekenmodel worden ingevoerd.

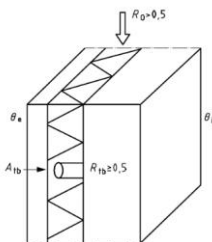


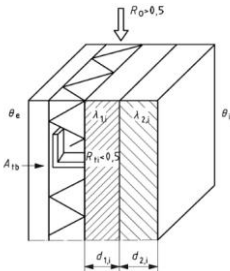
**Tabel 8.6 — Specifieke condities voor opneming van lineaire en/of puntvormige thermische bruggen in een quasihomogene laag**

1	Groep 1 omvat lineaire thermische bruggen, bijvoorbeeld voegen in metselwerk, houten latten in spouwen of in geïsoleerde holten van geringe dikte		$\lambda_{tb}$ W/(m·K)	$A_{tb}$ m <sup>2</sup>	$R_0$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$R_{T,i}$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$\lambda_i$ W/(m·K)	$d_i$ m
			≤ 1,5	≤ 0,05 × $l_{tb}$	≤ 0,5	–	–	–

2	Groep 2 omvat onderdelen zoals muurankers, voor zover deze zijn gemonteerd in het metselwerk of beton of zijn geplaatst in een spouw, evenals bevestigingshulpmiddelen (ankers, stiften, (dak)schroeven e.d.) met de aangegeven, maximale warmteweerstand.		$\lambda_{tb}$ W/(m·K)	$A_{tb}$ m <sup>2</sup>	$R_0$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$R_{T,i}$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$\lambda_i$ W/(m·K)	$d_i$ m
			> 3	≤ 30 × 10 <sup>-6</sup>	≤ 0,5	–	–	–

Groepen 3 en 4 omvatten onderdelen als spouwankers, voor zover deze doordringen in een isolatielaag met een hogere warmteweerstand dan aangegeven voor groep 2. Daartoe moet het binnenoppervlak thermische eigenschappen hebben die de invloed van de thermische bruggen op de binnenoppervlaktetemperatuur beperken, bijvoorbeeld wanneer de warmteweerstand van het binnenoppervlak afdoende is (groep 3) of wanneer de warmtedoorgangscoëfficiënt van het binnenoppervlak dusdanig is dat de warmtestroom door de spouwankers afdoende is verdeeld over het binnenoppervlak; de meeste binnenmuren van metselwerk of beton zijn voorbeelden uit groep 4.

3		$\lambda_{tb}$ W/(m·K)	$A_{tb}$ m <sup>2</sup>	$R_0$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$R_{T,i}$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$\lambda_i$ W/(m·K)	$d_i$ m
		> 3	≤ 30 × 10 <sup>-6</sup>	> 0,5	≥ 0,5	–	–

4		$\lambda_{tb}$ W/(m·K)	$A_{tb}$ m <sup>2</sup>	$R_0$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$R_{T,i}$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$\lambda_i$ W/(m·K)	$d_i$ m
		> 3	≤ 30×10 <sup>-6</sup>	> 0,5	< 0,5	≥ 0,5	≥ 0,1

$\lambda_{tb}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de in de quasihomogene laag op te nemen lineaire thermische brug, in W/(m·K);  
 $A_{tb}$  is de oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de lineaire thermische brug, in m<sup>2</sup>;  
 $\ell_{tb}$  is lengte van de lineaire thermische brug, in m;  
 $R_0$  is de warmteweerstand van de laag met uitsluiting van puntvormige thermische bruggen, in (m<sup>2</sup>·K)/W;  
 $R_{T,i}$  is de totale warmteweerstand van de lagen tussen de beschouwde quasihomogene laag en de binnenoppervlakte, in W/(m·K);  
 $\lambda_i$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van het materiaal met de hoogste waarde voor  $\lambda_i$  in  $d_i$ , tussen de beschouwde quasihomogene laag en de binnenoppervlakte, in W/(m·K);  
 $d_i$  is de dikte van het desbetreffende materiaal, in m.

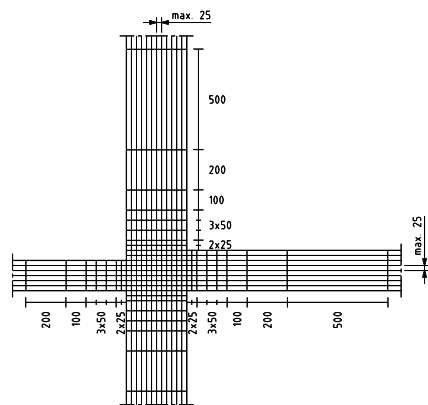
#### 8.6.4 Verdeling in materiaalcellen

De verdeling van het model in materiaalcellen moet zo zijn dat een halvering van de grootte van de cellen een afwijking van minder dan 1 % van het berekeningsresultaat oplevert.

**OPMERKING** Een aan dit criterium voldoende onderverdeling van het geometrische model wordt in het algemeen verkregen door de fijnste onderverdeling in het centrale element aan te brengen en geleidelijk de afmetingen van de onderverdeling in de flankerende elementen naar de afsnijvlakken te vergroten. Om te voldoen aan deze eis geldt doorgaans dat de afstanden tussen naast elkaar liggende parallelle vlakken de volgende waarden niet behoren te overschrijden (zie figuur 8.20):

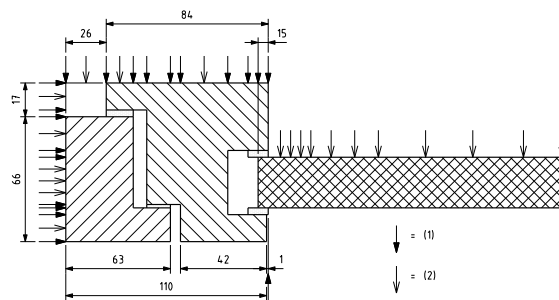
- binnen het centrale element: 25 mm;
- binnen de flankerende elementen, gemeten vanaf het constructievlak dat het centrale element afscheidt van het flankerende element: 25 mm, 25 mm, 50 mm, 50 mm, 50 mm, 100 mm, 200 mm, 500 mm, 1 000 mm, 2 000 mm en 4 000 mm.

Voor constructieonderdelen met profileringen van kleine afmetingen (bijvoorbeeld raamprofielen) zal een fijnmaziger onderverdeling noodzakelijk zijn (zie figuur 8.21).



afmetingen in mm

**Figuur 8.20 — Voorbeeld van constructievlakken aangevuld met hulpvlakken**



afmetingen in mm

#### Legenda

- (1) constructievlak
- (2) hulpvlak

**Figuur 8.21 — Voorbeeld van constructievlakken en hulpvlakken in het geometrisch 2D-model van een raamkozijn**

#### 8.6.5 Equivalente warmtegeleiding van luchtlagen, $\lambda_{\text{equi;cav}}$

Ontleen de warmteweerstand van een sterk geventileerde luchtlaag aan C.3.3.

Een niet of zwak geventileerde luchtlaag of -spouw moet worden beschouwd als een homogeen geleidend materiaal met een warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda_{\text{equi}}$ . Indien de warmteweerstand van een luchtlaag of spouw bekend is, wordt de equivalente warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_{\text{equi}}$ , bepaald met:

$$\lambda_{\text{eq}} = \frac{d_{\text{cav}}}{R_{\text{cav}}} \quad (8.68)$$

waarin:

$d_{\text{cav}}$  is de dikte van de luchtlag, in m;

$R_{\text{cav}}$  is de warmteweerstand van de luchtlag in de hoofdrichting van de warmtestroom, te ontlezen aan C.3, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ .

Warmteweerstanden van luchtlagen en spouwen, begrensd door niet-transparante materialen, moeten zijn bepaald volgens bijlage F. Voor de warmteweerstand van luchtlagen in meervoudige beglazing zie NEN-EN 673. Informatie over de behandeling van spouwen in kozijnen wordt gegeven in NEN-EN-ISO 10077-2.

OPMERKING Luchtsponwen met afmetingen groter dan 0,3 m langs elk van de orthogonale assen behoren te worden behandeld als (aangrenzend) onverwarmde ruimten, zie 8.4.

### 8.6.6 Rekenregels

#### 8.6.6.1 Warmtestromen tussen materiaalcellen onderling

De wet van behoud van energie (zie formule (8.70)) en de wet van Fourier (zie formule (8.71)) worden, met inachtneming van de randvoorwaarden, toegepast op het rekenmodel dat verdeeld is in een aantal materiaalcellen. Hiermee wordt een stelsel vergelijkingen verkregen die functies zijn van de temperaturen op specifieke punten (knoopen). De temperatuur op de knooppunten volgt uit de oplossing van dit stelsel vergelijkingen; het stelsel vergelijkingen wordt opgelost met hetzij een directe oplossingsmethode dan wel met een iteratieve methode. De temperatuur tussen de knooppunten kan worden verkregen door vrijwel lineaire interpolatie. Door de wet van Fourier toe te passen kunnen tevens de warmtestromen worden berekend uit de temperatuurverdeling.

Tussen de knooppunten van twee aangrenzende materiaalcellen  $j$  en  $k$  met de knooppunttemperaturen  $\theta_j$  en  $\theta_k$  vloeit een warmtestroom:

$$\Phi_{j,k} = c_{j,k} \times (\theta_j - \theta_k) \quad (8.69)$$

De constante  $c_{j,k}$  moet worden berekend onder de voorwaarden:

$$\text{div } q = 0 \quad (8.70)$$

$$q = -\lambda \times \text{grad } \theta \quad (8.71)$$

waarin:

$q$  is de warmtestroomdichtheid, in  $\text{W}/\text{m}^2$ ;

$\theta$  is de temperatuur, in  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\lambda$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt, in  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ .

OPMERKING 1 Formule (8.70) is de wiskundige uitdrukking van een thermisch stationaire conditie, die met de rekenmethode met de gestelde maximaal toelaatbare rekenonnauwkeurigheid wordt benaderd.

OPMERKING 2 Hierbij wordt uitgegaan van:

- een onsamendrukbaar materiaal;
- geen warmteproductie binnen de materiaalcel;
- een isotrope warmtegeleidingscoëfficiënt, die onafhankelijk is van de temperatuur.

#### 8.6.6.2 Warmtestromen tussen materiaalcellen en aangrenzende lucht

De warmtestroomdichtheid loodrecht op het grensvlak tussen een materiaalcel en de aangrenzende lucht voldoet aan:

$$q = \frac{(\theta_i - \theta_s)}{R_{si}} \quad (8.72)$$

bij een ingaande warmtestroom en aan:

$$q = \frac{(\theta_s - \theta_e)}{R_{se}} \quad (8.73)$$

voor een uitgaande warmtestroom,

waarin:

$q$  is de warmtestroomdichtheid, in  $W/m^2$ ;

$\theta_i$  is de temperatuur van de aangrenzende lucht aan de zijde van de ingaande warmtestroom, in  $^{\circ}C$ ;

$\theta_e$  is de temperatuur van de aangrenzende lucht aan de zijde van de uitgaande warmtestroom, in  $^{\circ}C$ ;

$\theta_s$  is de oppervlaktetemperatuur in het grensvlak, in  $^{\circ}C$ ;

$R_{si}$  is de warmteovergangswaerstand aan het inwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_{se}$  is de warmteovergangswaerstand aan het uitwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ .

#### 8.6.6.3 Warmtestromen tussen materiaalcellen en aangrenzende, niet tot het rekendetail behorende materialen

De warmtestroomdichtheid  $q$ , in  $W/m^2$ , loodrecht op de grensvlakken, die het rekendetail scheiden van niet tot dat rekendetail behorende constructieonderdelen moet voldoen aan:

$$q = 0$$

#### 8.6.6.4 Oplossing van de vergelijkingen

Bepaal op grond van de in 8.6.6.1 t/m 8.6.6.3 vermelde rekenregels de evenwichtsvergelijkingen voor de warmtestromen in elk hoekpunt van de materiaalcellen aan het oppervlak. Los het stelsel van vergelijkingen op voor een temperatuurverschil van 1 K en bepaal de totale ingaande ( $\Phi_i$ ) en uitgaande warmtestroom ( $\Phi_e$ ). Het onderlinge verschil tussen  $\Phi_i$  en  $\Phi_e$  mag niet meer bedragen dan 1 % van de laagste waarde van  $\Phi_i$  en  $\Phi_e$ .