

BIJLAGE F

Warmtetransmissie via de grond.

F.1 Specifieke nodige invoergegevens

F.1.1 Thermische karakteristieken van de grond

In het kader van de energieprestatieregelgeving wordt steeds met volgende vastgelegde hypothesen gerekend:

- warmtegeleidbaarheid van de bodem: $\lambda = 2,0 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
- het effect van grondwater wordt verwaarloosd, d.w.z. $G_w = 1$.

F.1.2 Karakteristieke vloerafmeting en equivalente dikte

De karakteristieke vloerafmeting (B' in m) wordt gedefinieerd als de verhouding van de totale vloeroppervlakte in contact met de grond (A in m^2) tot de halve perimeter (P in m):

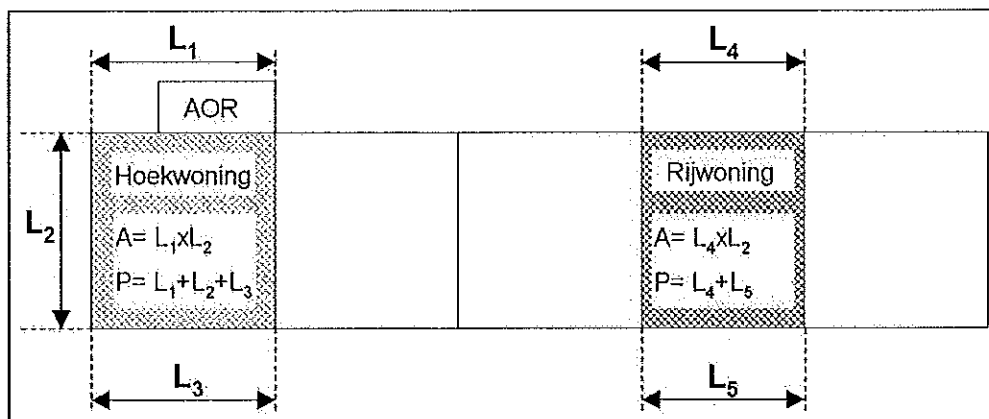
$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P} \quad (\text{m}) \quad (\text{F1})$$

De perimeter P (of grondomtrek) van de onderste vloer van een beschermd volume is de totale horizontaal gemeten lengte waarlangs de grondoppervlakte A voor deze vloer grenst aan de buitenomgeving of aan een AOR.

Verdere regels m.b.t. de bepaling van P en/of A zijn:

- voor een vrijstaand gebouw op volle grond is P gelijk aan de volledige gebouwomtrek en is A gelijk aan de totale vloeroppervlakte op de volle grond;
- voor een deel van een geheel van gebouwen (bv. een rijwoning), wordt P berekend als de totale lengte van de aan de buitenomgeving blootgestelde voor- en achtergevel (zijgevels grenzend aan naburige verwarmde gebouwen zijn dus niet meegeteld); A is opnieuw gelijk aan de volledige vloeroppervlakte op volle grond;
- bij de bepaling van P wordt een eventuele aanwezige AOR als niet bestaande beschouwd; de lengte van de grenslijn tussen het beschermd volume en de AOR wordt dus meegerekend bij de bepaling van P (zie figuur);
- bij de bepaling van P en A worden buitenafmetingen aangenomen.

NOTA Hoogten van een verticale vloerpeilverspringing in een onderste vloer worden niet in P meegerekend om de kenmerkende vloerafmeting te bepalen, maar zijn wel bijkomend bij P te beschouwen ter bepaling van randgebonden transmissie-warmteoverdracht van de vorm $P \cdot \Psi_g$.



Het concept van de “equivalente dikte” (d_t voor vloeren en d_g en d_w voor ingegraven muren) is een louter rekenkundig concept dat ingevoerd is om de diverse formules voor de U-waarde eenvoudiger te kunnen noteren.

Indien de dikte van de muren varieert, dient voor w de kleinste waarde genomen te worden.

F.2 Berekening van de U-waarde en de stationaire warmteoverdracht H_g

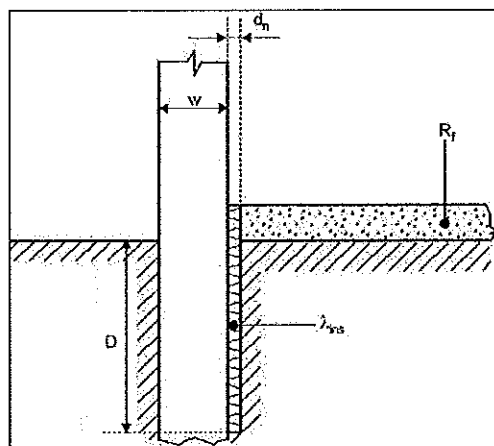
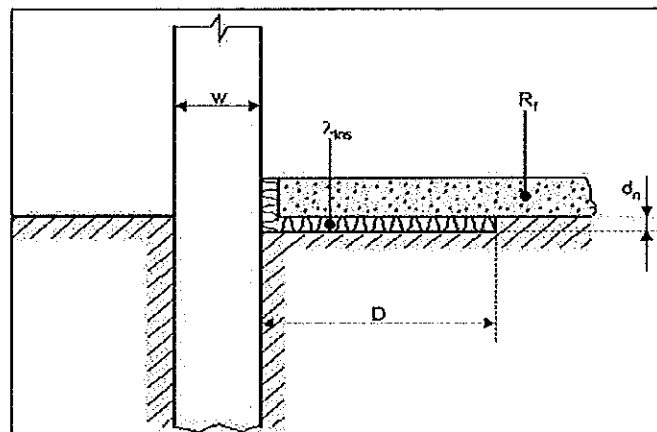
F.2.1 Algemeen

In de hierna volgende paragrafen wordt de gedetailleerde berekening van de U-waarde van de wanden in contact met de grond en van de stationaire warmteoverdrachtscoëfficiënt H_g gegeven voor de verschillende voorkomende wandtypes in contact met de grond, namelijk:

- vloeren op volle grond (zie F.2.2)
- vloeren boven kruipruimten (zie F.2.3)
- kelderwanden (zie F.2.4)

F.2.2 Vloeren op volle grond

Vloeren op volle grond bestaan uit een vloerplaat die over zijn volledige oppervlakte in contact is met de grond (ongeacht of de vloerplaat over zijn volledige oppervlakte ondersteund wordt door de grond), en die zich bevindt op dezelfde hoogte als of dichtbij het niveau van het maaiveld. De vloerplaat kan ongeïsoleerd zijn, gelijkmatig geïsoleerd zijn over de gehele oppervlakte of gedeeltelijk geïsoleerd zijn (bijvoorbeeld horizontale of verticale randisolatie).



Nodige invoergegevens:

- **grond:** λ -waarde (W/mK) en grondwaterfactor G_w (-) volgens F.1.1
- **buitenmuur:** totale dikte w (m)
- **vloer:** perimeter P (m), oppervlakte A (m²), $B' = 2.A/P$ en totale warmteweerstand van de vloer (van binnenoppervlak tot scheidingsvlak met de grond) R_f (m²K/W)
- **randisolatie:** breedte of diepte D (m), dikte d_n (m), λ_{ins} -waarde en warmteweerstand $R_n = d_n/\lambda_{ins}$ (m²K/W)

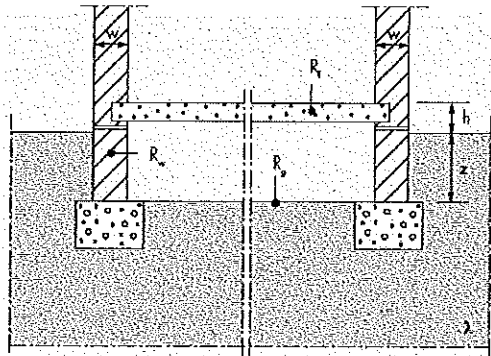
De rekenprocedure (U-waarde en stationaire warmteoverdracht) verloopt volgens de volgende procedure:

stap 1	Bereken d_t volgens: $d_t = w + \lambda (R_{si} + R_f + R_{se})$
stap 2	Bereken U_0 : $U_0 = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right)$ als $d_t < B'$ of $U_0 = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + d_t}$ als $d_t \geq B'$ (goed geïsoleerde vloer)
stap 3 (1)	Indien geen randisolatie: $U = U_0$ Indien wel randisolatie: $U = U_0 + 2 \Psi_e / B'$, met: <ul style="list-style-type: none"> • horizontale randisolatie: $\Psi_e = -\frac{\lambda}{\pi} \left[\ln \left(\frac{D}{d_t} + 1 \right) - \ln \left(\frac{D}{d_t + d'} + 1 \right) \right]$ • verticale randisolatie: $\Psi_e = -\frac{\lambda}{\pi} \left[\ln \left(\frac{2D}{d_t} + 1 \right) - \ln \left(\frac{2D}{d_t + d'} + 1 \right) \right]$ <p style="text-align: center;">waarin : $d' = R_n \cdot \lambda - d_n$</p> <p>Indien horizontale en verticale randisolatie gecombineerd zijn, weerhoud de Ψ_e-waarde met de grootste invloed (reductie) op U.</p>
stap 4	De stationaire warmteoverdracht wordt als volgt berekend : $H_g = G_w \cdot (A \cdot U + P \cdot \Psi)$ Ψ is de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van de aansluiting vloer-buitenmuur-fundering. Indien in deze Ψ -waarde ook het effect van de randisolatie meegenomen is, dan dient geen Ψ_e -waarde berekend te worden ($U = U_0$).

Voor de evaluatie van de U_{max} -eis volgens bijlage VII van het Energiebesluit wordt de waarde van U beschouwd.

F.2.3 Vloeren boven kruipruimten

Een vloer boven een kruipruimte heeft geen rechtstreeks contact met de grond, maar de warmtestroom vloeit via de kruipruimte rechtstreeks en via de grond naar de buitenomgeving. Een extra overdracht treedt op indien de onderliggende ruimte geventileerd is met buitenlucht. De rekenprocedure is hierna gegeven.



Nodige invoergegevens :

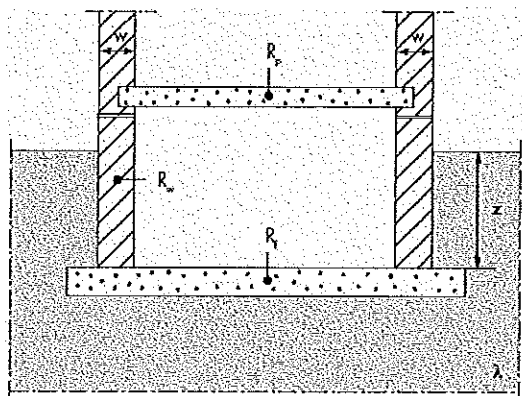
- **grond** : λ -waarde (W/mK) en grondwaterfactor G_w (-)
- **muur kruipruimte** : dikte ter hoogte van het maaiveld w (m), warmte-weerstand R_w (m^2K/W), gemiddelde diepte in grond z (m)
- **vloer boven kruipruimte** : perimeter P (m), oppervlakte A (m^2), $B' = 2.A/P$ (m), warmte-weerstand R_f (m^2K/W) en gemiddelde hoogte boven maaiveld h (m)
- **vloer kruipruimte** : warmte-weerstand R_g (m^2K/W)
- **ventilatie kruipruimte** : oppervlakte van de ventilatieopeningen gedeeld door de perimeter ε (m^2/m), windsnelheid v (m/s) en windbeschuttingsfactor f_w (-)

stap 1	Bereken U_f (vloer boven kruipruimte): $U_f = \frac{1}{R_{si} + R_f + R_{si}} \text{ (met } R_{si} = 0,17)$
stap 2	Bereken U_w (muurdeel boven het maaiveld): $U_w = \frac{1}{R_{si} + R_w + R_{se}} \text{ (met } R_{si} = 0,13)$
stap 3	Bereken d_g volgens : $d_g = w + \lambda (R_{si} + R_g + R_{se})$
stap 4	Bereken d_w volgens : $d_w = \lambda (R_{si} + R_w + R_{se})$
stap 5	Bereken U_g volgens : $U_g = G_w \cdot \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_g} \ln \left(\frac{\pi \cdot B' + d_g}{d_g} + 1 \right) \text{ (als } z \leq 0,5 \text{ m)}$ of : $U_g = G_w \cdot (U_{bf} + z \cdot P \cdot U_{bw}/A) \text{ (als } z > 0,5 \text{ m)}$ met : $U_{bf} = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_g + 0,5 \cdot z} \ln \left(\frac{\pi \cdot B' + d_g + 0,5 \cdot z}{d_g + 0,5 \cdot z} + 1 \right)$ en met : $U_{bw} = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot z} \left(1 + \frac{0,5 \cdot d_g}{d_g + z} \right) \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right)$
stap 6	Bereken U_x : $U_x = 2 \cdot h \cdot U_w / B' + 1450 \cdot \varepsilon \cdot v \cdot f_w / B' \text{ (geventileerde kruipruimte) (1)}$ of $U_x = 2 \cdot h \cdot U_w / B' \text{ (niet geventileerde kruipruimte)}$
stap 7	Bereken U volgens : $\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x}$
stap 8	Bereken de stationaire warmteoverdracht volgens : $H_g = A \cdot U + P \cdot \Psi$ waarin Ψ de lineaire warmteovergangscoefficiënt is van de aansluiting van de vloer (boven de kruipruimte) op de buitenmuur
(1)	Neem in het kader van de energieprestatieregeling de vaste waarden: $f_w = 0,05$ $v = 4 \text{ m/s}$ (gemiddelde windsnelheid)

Voor de evaluatie van de U_{max} -eis volgens bijlage VII van het Energiebesluit wordt voor de keldervloer de waarde van U beschouwd.

F.2.4 Schildelen van een kelder

Kelders zijn ruimten die geheel of gedeeltelijk onder het maaiveld liggen. De keldervloer ligt op een gemiddelde diepte z onder het maaiveld en de keldermuren kunnen verschillende isolatiegraden hebben. De rekenprocedure beschrijft de gemeenschappelijke warmteoverdracht H_g dat zowel door de keldervloer als door de keldermuren naar de buitenomgeving vloeit, aangezien de beide warmtestromen onderling van elkaar afhankelijk zijn.



Nodige invoergegevens :

- grond : λ -waarde (W/mK)
- vloer boven kelder : warmteweerstand R_p (m^2K/W) en gemiddelde hoogte boven maaiveld h (m)
- keldermuur : dikte ter hoogte van het maaiveld w (m), warmteweerstand R_w (m^2K/W), gemiddelde diepte in grond z (m)
- keldervloer : perimeter P (m), oppervlakte A (m^2), $B' = 2.A/P$ (m) en warmteweerstand R_f (m^2K/W)
- ventilatie kelder : ventilatievoud n (h^{-1}) en volume V (m^3)

stap 1	Bereken voor de <u>keldervloer</u> d_t volgens :	$d_t = w + \lambda (R_{sj} + R_f + R_{se})$
stap 2	Bereken voor de <u>keldervloer</u> U_{bf} volgens :	
	$U_{bf} = \frac{2.\lambda}{\pi.B' + d_t + 0,5.z} \ln \left(\frac{\pi.B'}{d_t + 0,5.z} + 1 \right)$	als $(d_t + 0,5.z) < B'$ (vloer weinig of niet geïsoleerd)
	$U_{bf} = \frac{\lambda}{0,457 . B' + d_t + 0,5 . z}$	als $(d_t + 0,5.z) \geq B'$ (goed geïsoleerde keldervloer)
stap 3	Bereken voor de <u>keldermuur</u> d_w volgens :	$d_w = \lambda (R_{sj} + R_w + R_{se})$
stap 4	Bereken voor de <u>keldermuur</u> vervolgens U_{bw} volgens :	
	$U_{bw} = \frac{2.\lambda}{\pi.z} \left(1 + \frac{0,5.d_t}{d_t + z} \right) \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right)$	als $d_w \geq d_t$
	$U_{bw} = \frac{2.\lambda}{\pi.z} \left(1 + \frac{0,5.d_w}{d_w + z} \right) \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right)$	als $d_w < d_t$
stap 5	In geval van een <u>verwarmde</u> kelder :	
	<ul style="list-style-type: none"> • bereken U' volgens : $U' = \frac{A.U_{bf} + z.P.U_{bw}}{A + z.P}$ • bereken transmissie warmteoverdracht volgens : $H_g = A.U_{bf} + z.P.U_{bw} + P.\Psi$ waarin Ψ de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt is van de aansluiting van de keldervloer op de keldermuur 	

(stap 6)	<p>In geval van een kelder buiten het beschermd volume:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bereken U_f (U-waarde van de vloer boven de kelder): $U_f = \frac{1}{R_{si} + R_p + R_{se}} \quad (\text{met } R_{si} = 0,17)$ • bereken U_w (U-waarde muurdeel boven maaiveld): $U_w = \frac{1}{R_{si} + R_w + R_{se}} \quad (\text{met } R_{si} = 0,13)$ • bereken U volgens $\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{A}{A.U_{bf} + z.P.U_{bn} + h.P.U_w + 0,33.n.V} \quad (1)$ • en transmissie warmteoverdracht : $H_g = A \cdot U + P \cdot \Psi$ waarin Ψ de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt is van de aansluiting van de keldervloer op de kelder muur
(1)	<p>Neem in het kader van de energieprestatieregelgeving voor het ventilatievoud n de vaste waarde van $0,3 \text{ h}^{-1}$.</p>

Voor de evaluatie van de U_{max} -eis volgens bijlage VII van het Energiebesluit wordt voor de keldervloer de waarde van U_{bf} beschouwd.