

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

ENERGIE: BASISPRINCIPES

LENTE 2025

Hoe een gebouw isoleren?

Warmtegeleidend vermogen en bouwknopen



- ▶ Wijzen op de invloed van de transmissieverliezen van de gebouwschil op de globale energiebalans van een gebouw
- ▶ Meegeven van de technische woordenschat met betrekking tot transmissieverliezen
- ▶ De definities, eenheden en grootteordes toelichten
- ▶ Uitleggen wat bouwknopen zijn, hoe ze te lokaliseren en de goede praktijkregels toelichten



INLEIDING

SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

- ▶ Opake scheidingsconstructies
- ▶ Transparante scheidingsconstructies

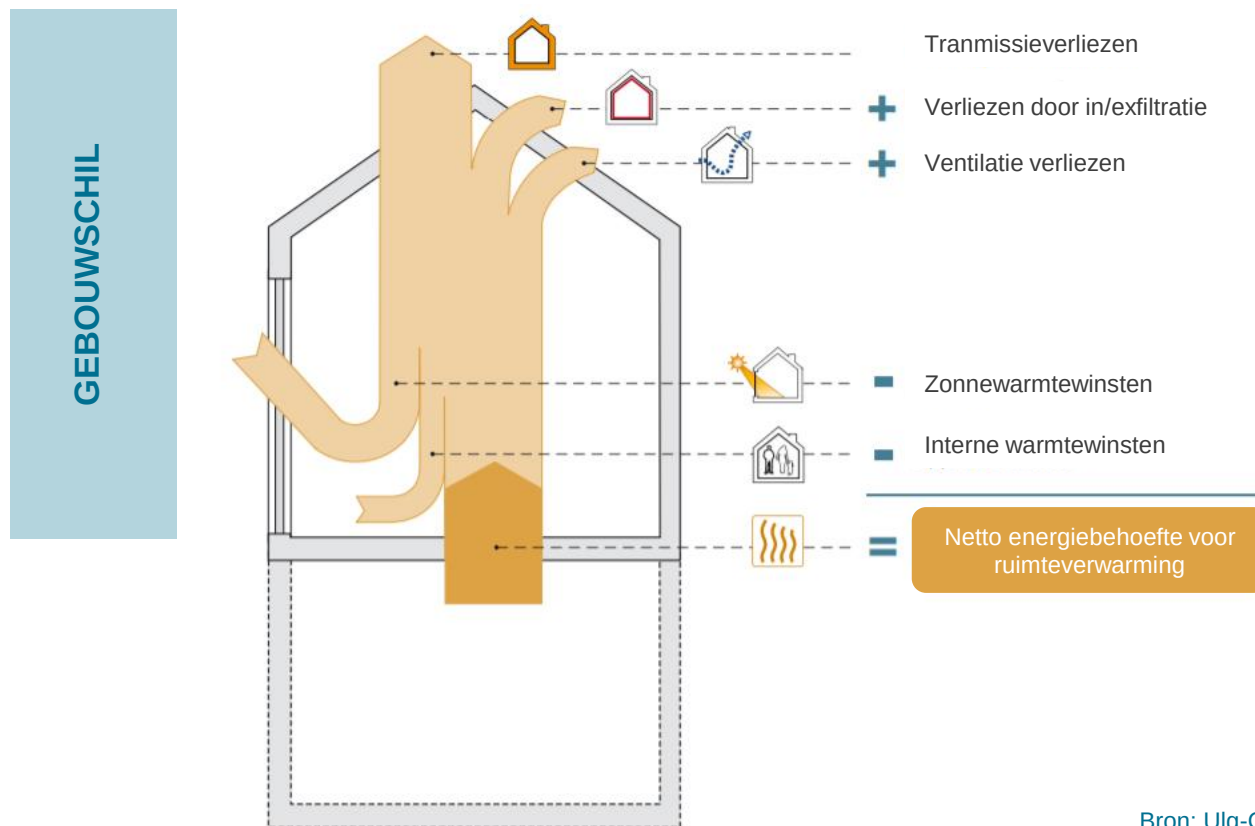
BOUWKNOPEN

- ▶ Definitie en types
- ▶ Lokalisatie
- ▶ Welke invloed?
- ▶ Goede praktijkregels



Netto-energiebehoefte voor de verwarming

- De hoeveelheid energie die na aftrek van de zonnewinsten en interne warmtewinsten vereist is om de verliezen in het beschermde volume te compenseren.

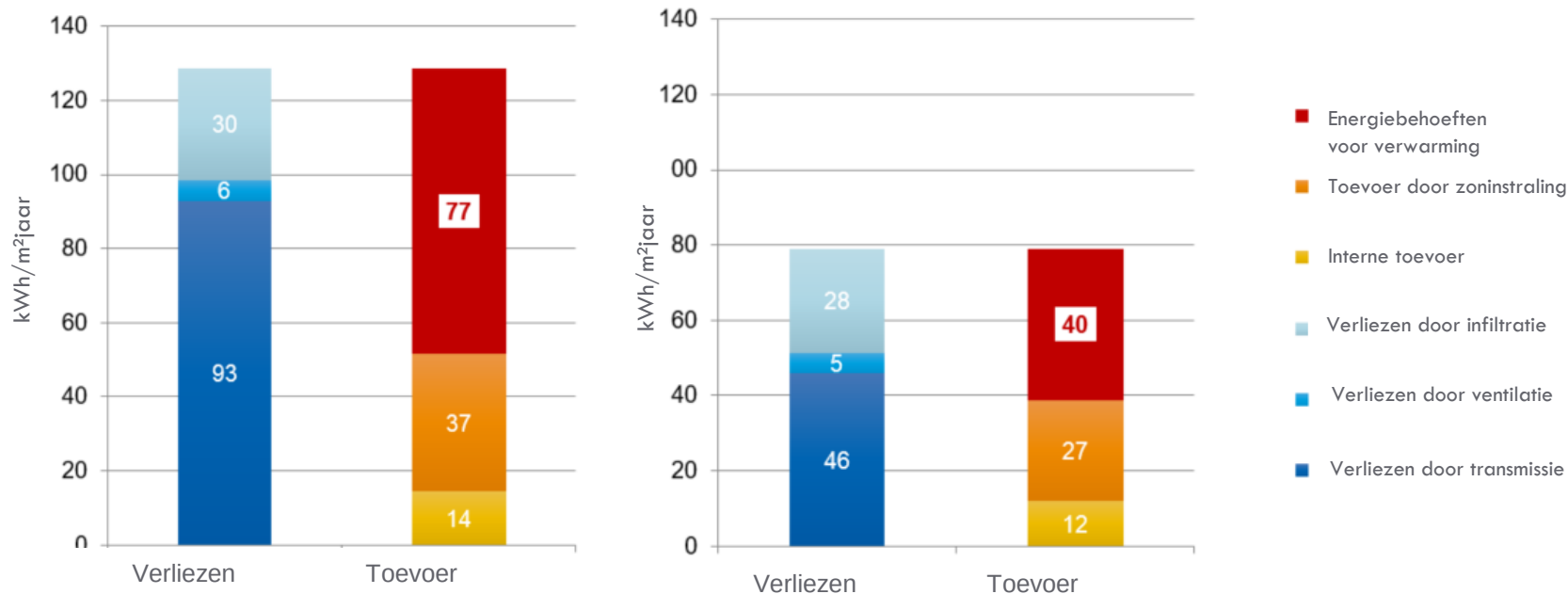


Bron: Ulg-CIFFUL



Energiebalans

- Invloed van gevelisolatie op de vermindering van de verwarmingsbehoefte



Opake scheidingsconstructies : $U_{\text{gem}} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vensters/deuren : $U_{\text{gem}} = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

Opake scheidingsconstructies : $U_{\text{gem}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vensters/deuren : $U_{\text{gem}} = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bron: écorce

⇒ **Behoeften worden door 2 gedeeld !**



INLEIDING

SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

- ▶ **Opake scheidingsconstructies**
- ▶ Transparante scheidingsconstructies

BOUWKNOPEN

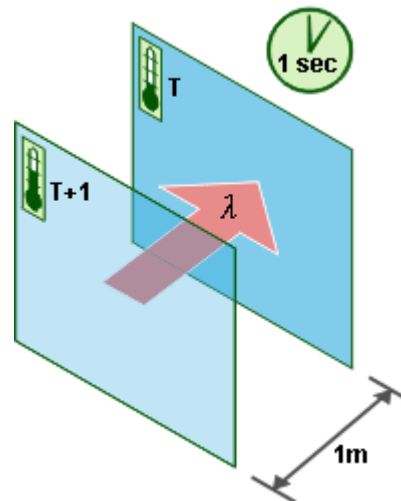
- ▶ Definities en types
- ▶ Lokalisatie
- ▶ Welke invloed?
- ▶ Goede praktijkregels



7 OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Warmtegeleidbaarheid van een materiaal – λ (W/mK)

- ▶ Hoeveelheid warmte die zich door warmtegeleiding voortplant in een materiaal
 - doorheen 1 m² materiaal
 - van 1 m dik
 - in 1 seconde
 - bij een temperatuurverschil tussen de twee zijden van 1 K (1 K = 1 °C)



Bron: Energie +



8 OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES



Warmtegeleidbaarheid van een materiaal – λ (W/mK)

- Enkele karakteristieke waarden

	sec hum.			Conductivité thermique des matériaux λ en W/m.K
Matériaux isolants	0,028		polyuréthane	
	0,040		laine minérale, liège	
	0,058		vermiculite	
	0,065		perlite	
Bois et dérivés	0,17	0,19	feuillus durs	
	0,12	0,13	résineux	
Maçonneries	0,27	0,41	briques 700-1000 kg/m ³	
	0,54	0,75	briques 1000-1600 kg/m ³	
	0,90	1,1	briques 1600-2100 kg/m ³	
Verre	1,0	1,0		
Béton armé	1,7	2,2		
Pierres naturelles	1,40	1,69	tuft, pierre tendre	
	2,91	3,49	granit, marbres	
Métaux	45		acier	
	203		aluminium	
	384		cuiivre	

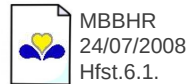
Bron: Energie +



9 OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Totale warmteweerstand van een gebouwschildeel– R_T ($\text{m}^2\text{K/W}$)

$$R_T = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_a + R_{se}$$



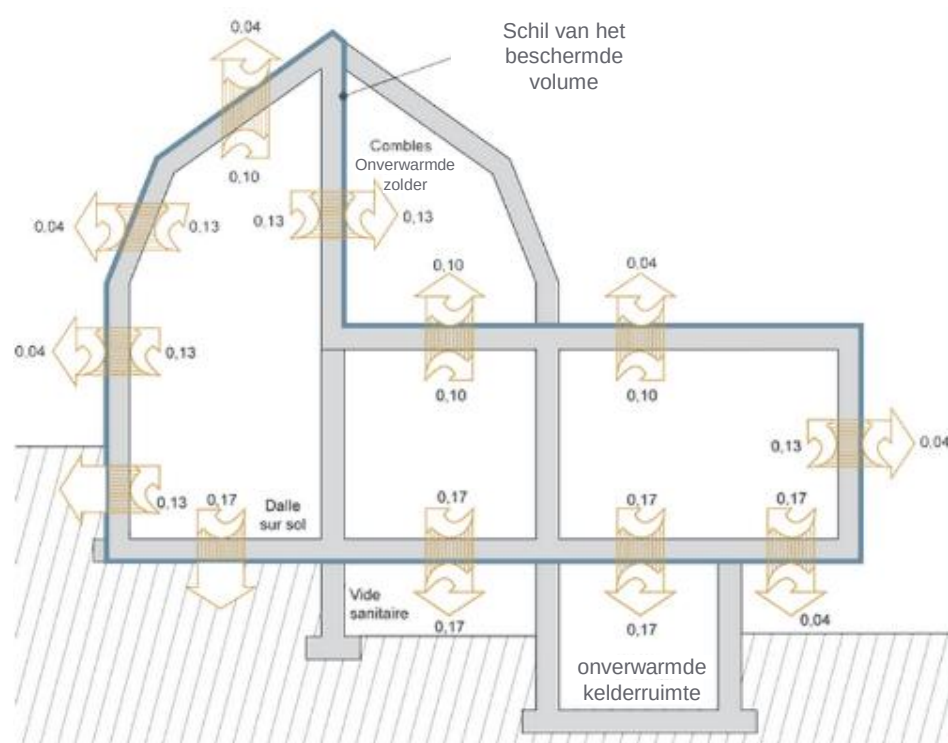
- Som van de gedeeltelijke warmteweerstanden van de lagen waaruit de scheidingsconstructie is samengesteld
 - Oppervlakteweerstand ten opzichte van buitenomgeving
 - Luchtlagen
 - Materiaallagen
 - Oppervlakteweerstand ten opzichte van binnenomgeving



Totale warmteweerstand van een gebouwschildeel– R_T ($\text{m}^2\text{K/W}$)

$$R_T = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_a + R_{se}$$

- R_{si} , R_{se} : interne en externe thermische oppervlakteweerstand
- Afhankelijk van betrokken scheidingsconstructie en richting warmtestroom



Bron : EPB-gids Waals Gewest

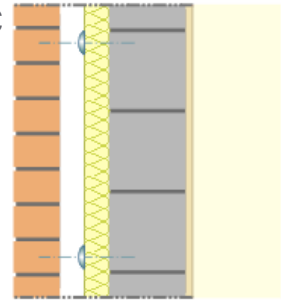


Totale warmteweerstand van een gebouwschildeel– R_T ($\text{m}^2\text{K/W}$)

$$R_T = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_a + R_{se}$$

- $R_{1,2,3,\dots}$: warmteweerstand van elke laag van de scheidingsc
 - Homogene laag

$$R = d/\lambda$$

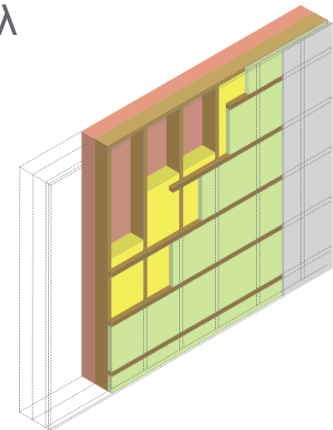


Bron: Energie +

- Niet-homogene laag → Berekening van een gemiddelde λ

$$\lambda_{U,gem} = [\lambda_{U,mat1} * \%_{mat1}] + [\lambda_{U,mat2} * \%_{mat2}]$$

$$R = d/\lambda_{U,gem}$$



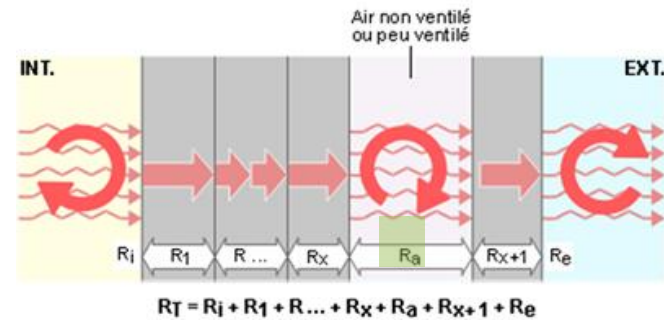
Bron: Energie +



Totale warmteweerstand van een gebouwschildeel– R_T ($\text{m}^2\text{K/W}$)

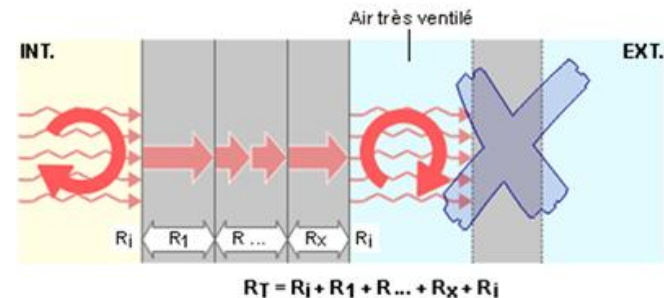
$$R_T = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_a + R_{se}$$

- Warmteweerstand van een eventuele luchtlaag
 - Niet geventileerd
 - Matig geventileerd



Bron: Energie +

- Sterk geventileerd: verwaarloosd, net als alle andere buitenlagen na de luchtpouw

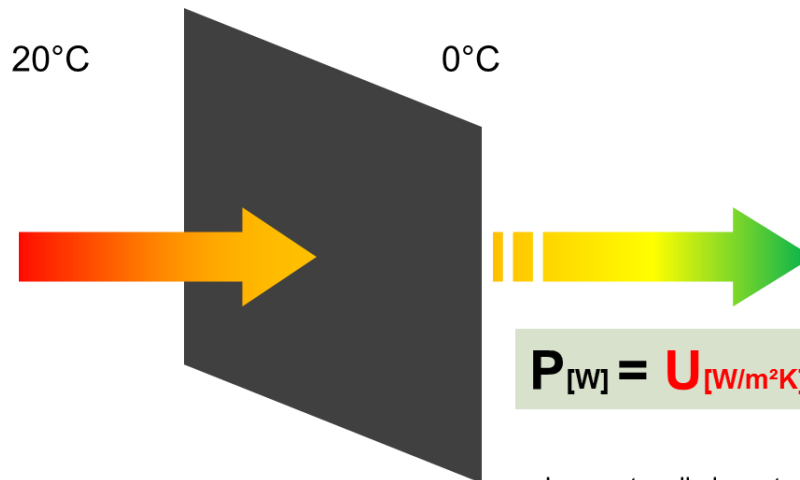


Bron: Energie +



U-waarde [$\text{W}/\text{m}^2\text{k}$] van een opake scheidingsconstructie

$$U = 1/R_T$$



$$P_{[\text{W}]} = U_{[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]} \times S_{[\text{m}^2]} \times \Delta T_{[\text{K}]}$$

- Les pertes diminuent si U diminue.
- U [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$] = le coefficient de transmission thermique de la paroi





EPB-eisen in BHG – $U_{\max}$ -waarden

Constructiedeel	$U_{\max}$ (W/m ² K)
1. SCHEIDINGSCONSTRUCTIES DIE HET BESCHERMD VOLUME OMHULLEN , met uitzondering van de scheidingsconstructies die de scheiding vormen met een aanpalend beschermd volume.	
1.1. TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3), gordijngevels (zie 1.4) en glasbouwstenen (zie 1.5)	$U_{w,\max} = 1.5$ (1) $U_{g,\max} = 1.1$ (2)
1.2. OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3) en gordijngevels (zie 1.4)	
1.2.1. daken en plafonds	$U_{\max} = 0.24$
1.2.2. muren niet in contact met de grond, met uitzondering van de muren bedoeld in 1.2.4.	$U_{\max} = 0.24$
1.2.3. muren in contact met de grond	$U_{\max} = 0.24$ (3)
1.2.4. verticale en hellende scheidingsconstructies in contact met een kruipruimte of met een kelder buiten het beschermd volume	$U_{\max} = 0.24$
1.2.5. vloeren in contact met de buitenomgeving of boven een aangrenzende onverwarmde ruimte	$U_{\max} = 0.24$
1.2.6. andere vloeren (vloeren op volle grond, boven een kruipruimte of boven een kelder buiten het beschermd volume, ingegraven keldervloeren)	$U_{\max} = 0.24$ (3)
1.3. DEUREN EN POORTEN (met inbegrip van kader)	$U_{D,\max} = 2.0$
1.4. GORDIJNGEVELS (volgens prEN 13947)	$U_{CW,\max} = 2.0$ $U_{g,\max} = 1.1$ (2)
1.5. GLASBOUWSTEENWANDEN	$U_{\max} = 2.0$
1.6. TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES ANDERE DAN GLAS, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3), en gordijngevels (zie 1.4)	$U_{\max} = 2.0$ (1) $U_{tp,\max} = 1.4$
2. SCHEIDINGSCONSTRUCTIES TUSSEN 2 BESCHERMD VOLUMES (4) , met uitzondering van deuren en poorten	$U_{\max} = 1.0$
3. VOLGENDE OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES BINNEN HET BESCHERMD VOLUME (5) , met uitzondering van deuren en poorten:	
3.1. TUSSEN 'EPB-WOONEENHEID' EN ALLE ANDERE EPB-EENHEDEN	$U_{\max} = 1.0$
3.2. TUSSEN 'EPB-EENHEID ANDERE' EN ALLE ANDERE EPB-EENHEDEN	

Bron: Bijlage XXIII (U/R)





Oefening – Berekening U-waarde ($\text{W/m}^2\text{K}$)

- Oefening – Homogene scheidingsconstructie (muur)

Materiaal (int → ext)	Dikte [m]	λ [W/mK]
Plafonnering	0,01	0,52
Betonblok	0,14	1,07
PSE-isolatie	0,3	0,032
Pleister	0,01	0,52

- Oefening – Heterogene scheidingsconstructie (muur)

Materiaal (int → ext)	Verhouding	Dikte [m]	λ [W/mK]
OSB		0,02	0,13
Timmerhout	15%	0,35	0,18
Cellulosewatten	85%	0,35	0,04
Regenscherm paneel houtvezelplaat		0,02	0,13





Oefening – Berekening U-waarde (W/m²K)

- Oefening – Homogene scheidingsconstructie (muur)

$$R_T = 0,13 + 0,01/0,52 + 0,14/1,07 + 0,3/0,032 + 0,01/0,52 + 0,04 = 9,71 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/9,71 = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Oefening – Heterogene scheidingsconstructie (muur)

$$R_T = 0,13 + 0,02/0,13 + 0,35/(0,15*0,18+0,85*0,04) + 0,02/0,13 + 0,04 = 6,21 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/6,21 = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$$



INLEIDING

SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

- ▶ Opake scheidingsconstructies
- ▶ **Transparante scheidingsconstructies**

BOUWKNOPEN

- ▶ Definitie en types
- ▶ Lokalisatie
- ▶ Welke invloed?
- ▶ Goede praktijkregels

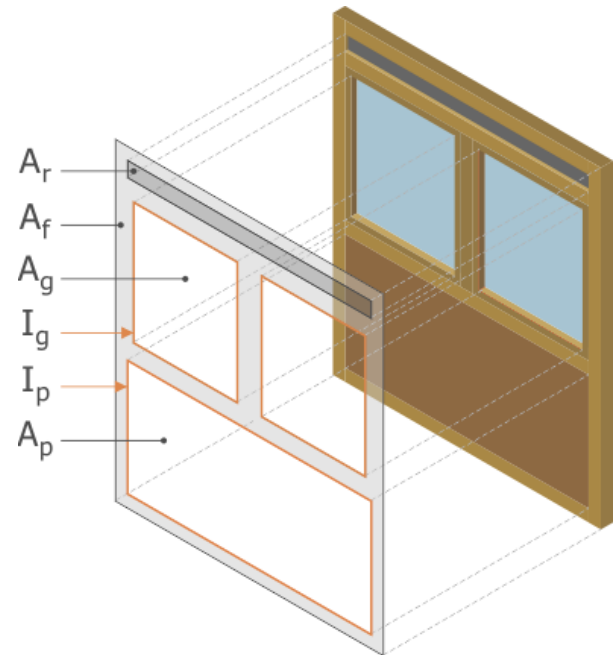


18 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Warmtedoorgangscoefficiënt – U_w (W/m²K)

- ▶ Berekend voor het geheel, hangt af van
 - Beglazing: U_g (glass)
 - Raamprofiel: U_f (frame)
 - Afstandhouder: ψ_g
 - (Ventilatierooster U_r)
 - (Opake panelen U_p)

- ▶ $U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + \psi_g \times I) / (A_f + A_g)$



Bron: Energie +

- ▶ Afhankelijk van de glasdikte, spouwdikte, spouwvulling (lucht, argon, krypton ...), aanwezigheid en positie van een reflecterende laag
- ▶ U_g -waarde gestaafd door certificaat van de fabrikant volgens NBN EN 673
- ▶ U_p -waarde gestaafd door certificaat van de fabrikant volgens NBN EN ISO 10077-1, NBN EN ISO 10077-2



19 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Warmtedoorgangscoefficiënt – U_w (W/m²K)

- Component U_f raamprofielen (draai-kip), enkele karakteristieke waarden



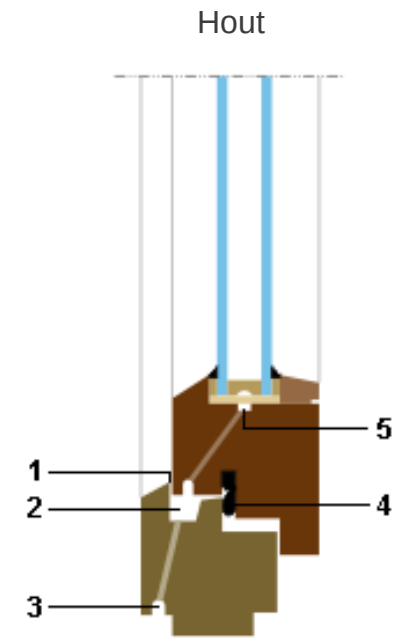
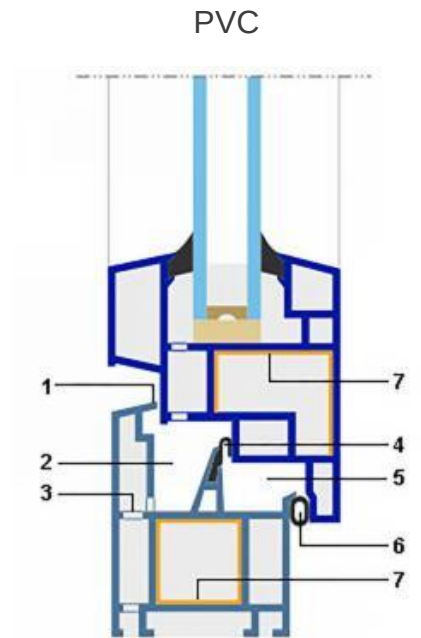
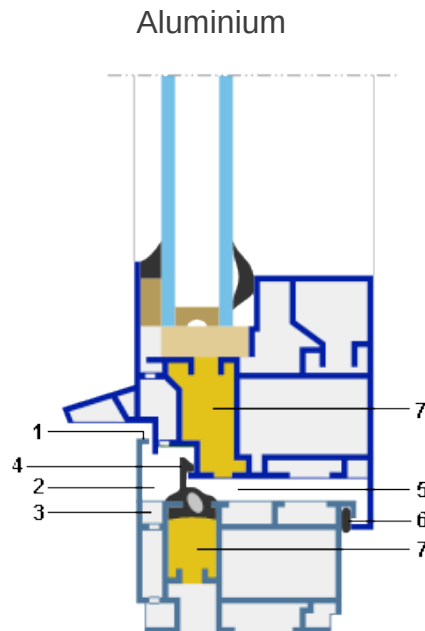
Type profiel	U_f [W/m ² K]
“Standaard” aluminiumprofiel met thermische onderbreking	2,00 – 2,60
“Performant” aluminiumprofiel met thermische onderbreking	1,10 – 1,80
“Hoogrendement” aluminiumprofiel met thermische onderbreking	0,70 – 0,90
PVC-profiel	0,80 – 2,00
Houten profiel 5 cm	2,00 - 2,36
Houten profiel 8 cm	1,50 – 2,00
“Hoogrendement” houten profiel + geïsoleerde aluminium kap	0,60 – 1,00



20 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Warmtedoorgangscoefficiënt – U_w ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

- Thermische onderbreking



Principedoorsnede van een raamprofiel

Bron: Energie +



21 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

**Warmtedoorgangscoefficiënt – U_w (W/m²K)**

- Component U_g beglazing, enkele karakteristieke waarden

Type beglazing	U_g [W/m ² K]
Enkele beglazing	5,8
“Standaard” dubbele beglazing	1 - 1,1
“Performante” dubbele beglazing	0,8 – 0,9
Drievoudige beglazing	0,4 - 0,8
Maximale EPB-waarde	1,1



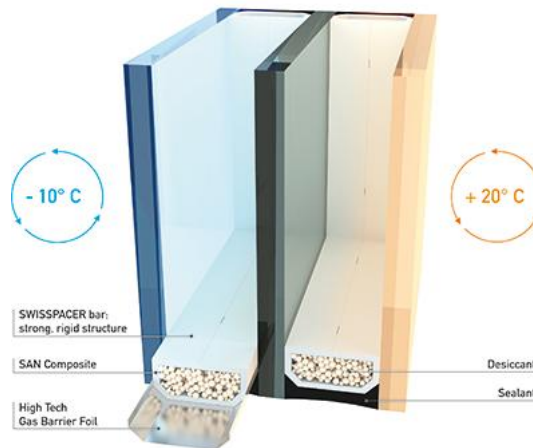
22 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Warmtedoorgangscoefficiënt – U_w (W/m²K)

- Component ψ_g afstandhouder



Type afstandhouder	λ [W/mK]
Klassieke afstandhouder	$\approx 0,07$
Thermische afstandhouder	$\approx 0,03$



Thermische afstandhouder

Bron: Swisspacer

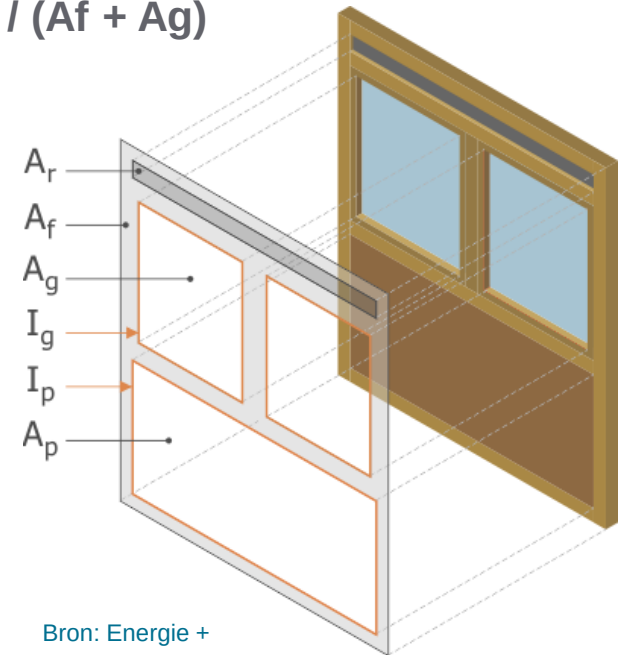
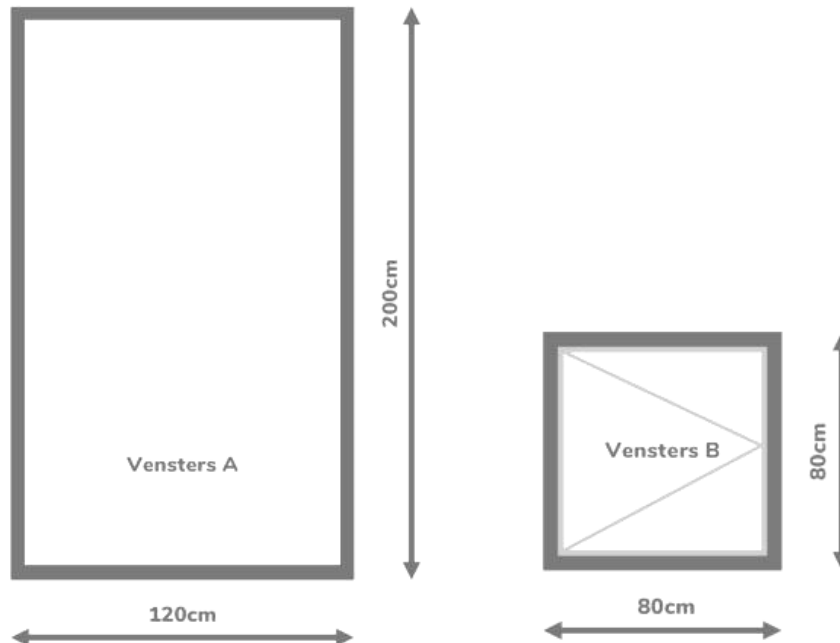


23 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

**Oefening – Berekening U_w (W/m^2K)**

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + \psi_g \times I) / (A_f + A_g)$$

- Voor de vensters A en B
 - Beglazing: $U_g = 1,1 W/m^2K$
 - Raamprofiel $U_f = 2,3 W/m^2K$
 - Afstandhouder $\psi_g = 0,07 W/mK$



Bron: Energie +



24 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

**Oefening – Berekening U_w (W/m²K)**

- Voor de vensters A

$$U_w = (2,3 \times 0,25 \times (1,2 \times 2) + 1,1 \times 0,75 \times (1,2 \times 2) + 0,07 \times (2 \times 2 + 1,2 \times 2)) / (1,2 \times 2) = 1,58 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Voor de vensters B

$$U_w = (2,3 \times 0,25 \times (0,8 \times 0,8) + 1,1 \times 0,75 \times (0,8 \times 0,8) + 0,07 \times (0,8 \times 4)) / (0,8 \times 4) = 1,75 \text{ W/m}^2\text{K}$$



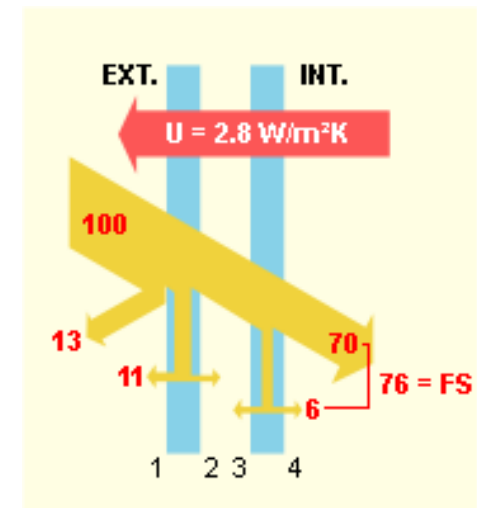
25 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Andere eigenschappen van de beglazing

- ▶ Zonnewinst/oververhitting
 - Zontoetredingsfactor (F_s of g): de fractie invallende zonne-energie die door de beglazing heen binnenkomt
 - Uitgedrukt in percent (%)



Type beglazing	g
Enkele beglazing	0,85
Dubbele beglazing	0,50-0,70
Zonwerende dubbele beglazing	0,20 - 0,30
Drievoudige beglazing	0,40 – 0,60
Zonwerende drievoudige beglazing	0,20 – 0,40



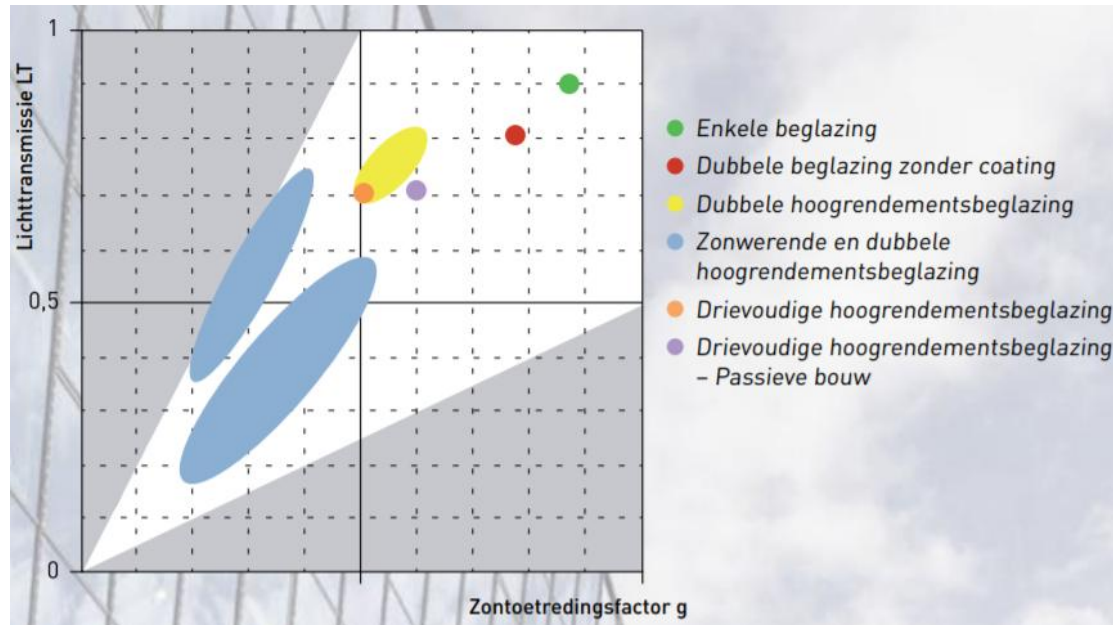
Bron: Energie +



26 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Andere eigenschappen van de beglazing

- Visueel comfort
 - Lichttransmissie (T_L): deel van de lichtstroom die door de beglazing binnenkomt in het zichtbare spectrum.
 - Uitgedrukt in percent (%)



Bron : vgi-fiv



INLEIDING

SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

- ▶ Opake scheidingsconstructies
- ▶ Transparante scheidingsconstructies

BOUWKNOPEN

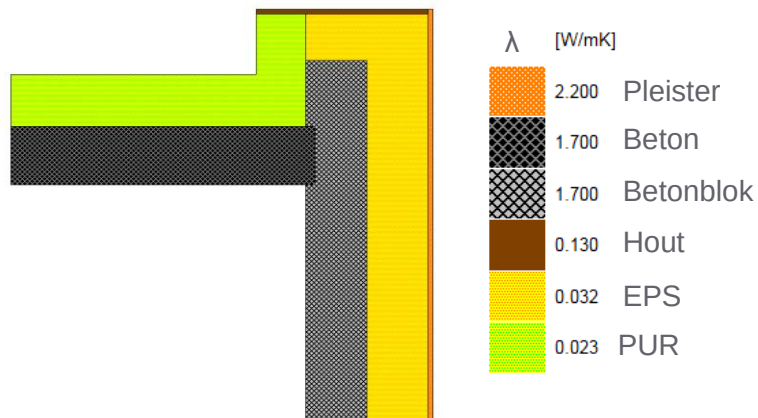
- ▶ **Definitie en types**
- ▶ Lokalisatie
- ▶ Welke invloed?
- ▶ Goede praktijkregels



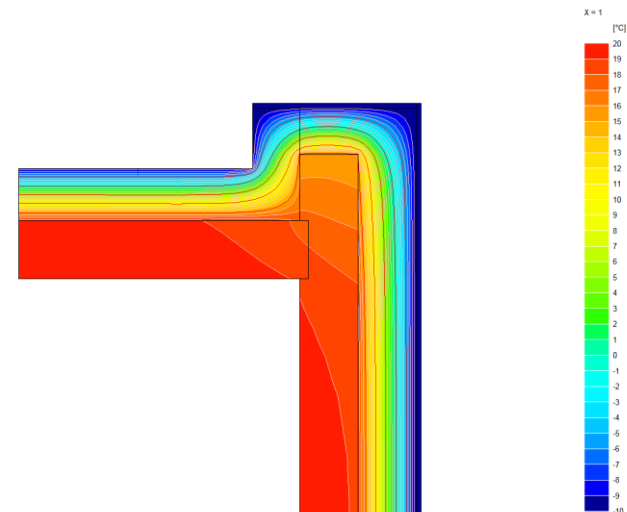
Bouwknopen → in de thermische zin

NBN
10.211

- ▶ Plaatsen in de gebouwschil waar de warmteweerstand in belangrijke mate verschilt van de rest van de gebouwschil (NBN EN ISO 10211)
- ▶ Plaatsen in de gebouwschil waar de warmteoverdracht in 2 of 3 dimensies gebeurt



Doorsnede - materialen



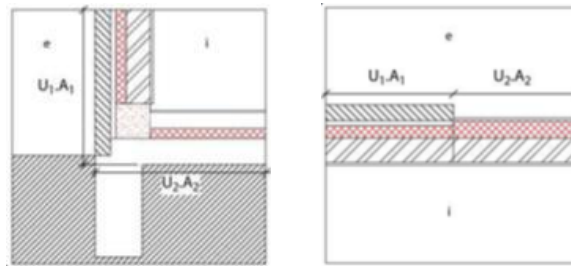
Doorsnede -
warmtestromen

Bron: écorce



Structurele bouwknoop

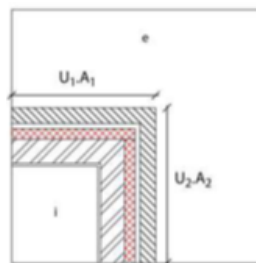
- ▶ onderbreking van de materiaallagen door materialen met een afwijkende warmtegeleidingscoëfficiënt;
- ▶ dikteveranderingen in de materiaallagen.



Bron: TOELICHTINGSDOCUMENT - Volgens "Ontwerp tot wijziging van BIJLAGE IV/V van het EPB-besluit"

Geometrische bouwknoop

- ▶ een verschil tussen binnen- en buitenafmetingen, bijvoorbeeld ter plaatse van hoeken..



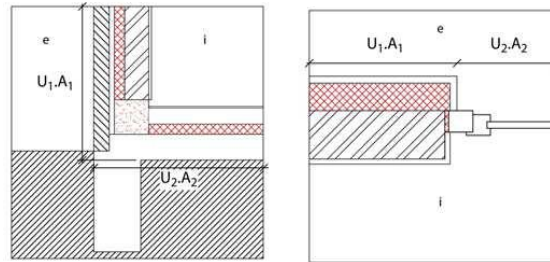
Bron: TOELICHTINGSDOCUMENT - Volgens "Ontwerp tot wijziging van BIJLAGE IV/V van het EPB-besluit"



Lineaire bouwknoop

- ▶ Lineaire warmtedoorgangscoefficiënt – Ψ_e (W/mK)

$$\Psi_e = (\Phi_{2D} - \Phi_{1D}) / (T_i - T_e)$$

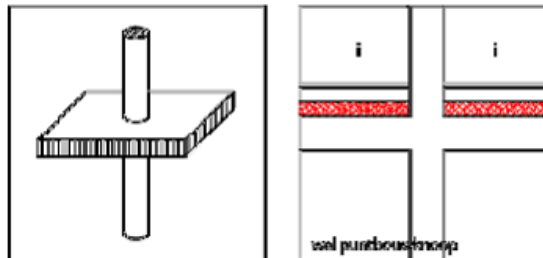


Bron: TOELICHTINGSDOCUMENT - Volgens "Ontwerp tot wijziging van BIJLAGE IV/V van het EPB-besluit

Puntbouwknoop

- ▶ Puntwarmtedoorgangscoefficiënt – X_e (W/K)

$$X_e = (\Phi_{3D} - \Phi_{2D}) / (T_i - T_e)$$



Bron: TOELICHTINGSDOCUMENT - Volgens "Ontwerp tot wijziging van BIJLAGE IV/V van het EPB-besluit



Bouwknop → in de thermische ..., maar niet alleen in de thermische zin!

Een bouwknop moet ook bestudeerd worden uit het oogpunt van ...

- ▶ Luchtdichtheid
- ▶ Vochtigheid
- ▶ ...

Bouwknop >< Koudebrug



INLEIDING

SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

- ▶ Opake scheidingsconstructies
- ▶ Transparante scheidingsconstructies

BOUWKNOPEN

- ▶ Definitie en types
- ▶ **Lokalisatie**
- ▶ Welke invloed?
- ▶ Goede praktijkregels

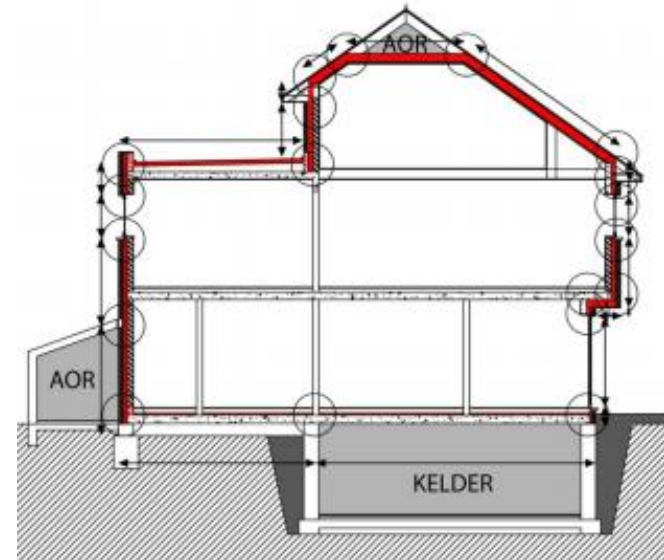


Hoe ze te lokaliseren?

- ▶ Waar twee scheidingsconstructies van het verliesoppervlak samenkomen
- ▶ Waar een scheidingsconstructie van het verliesoppervlak samenkomt met een scheidingsconstructie op de grens met een aangrenzend perceel
- ▶ Waar de isolatielaag in eenzelfde scheidingsconstructie van het verliesoppervlak onderbroken wordt
- ▶ Waar de isolatielaag van een scheidingsconstructie puntvormig doorbroken wordt



Bron: Buildwise



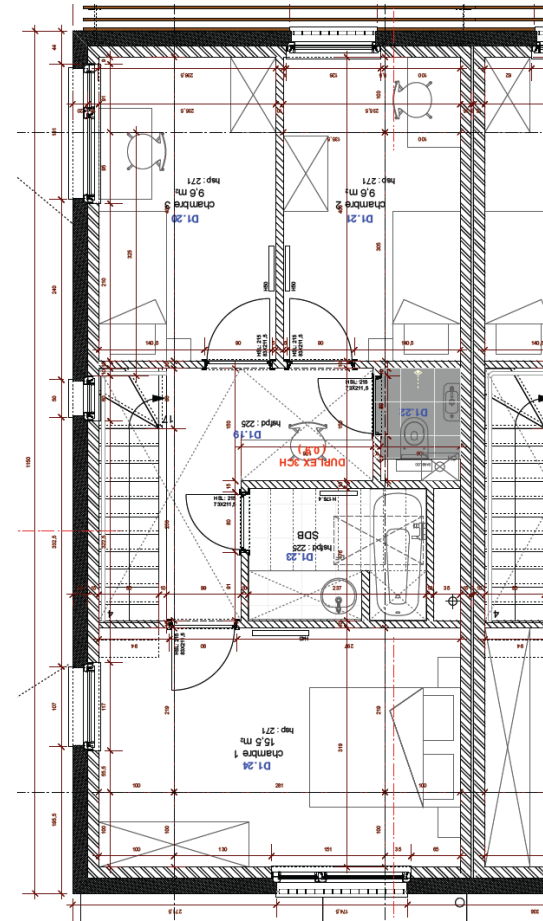
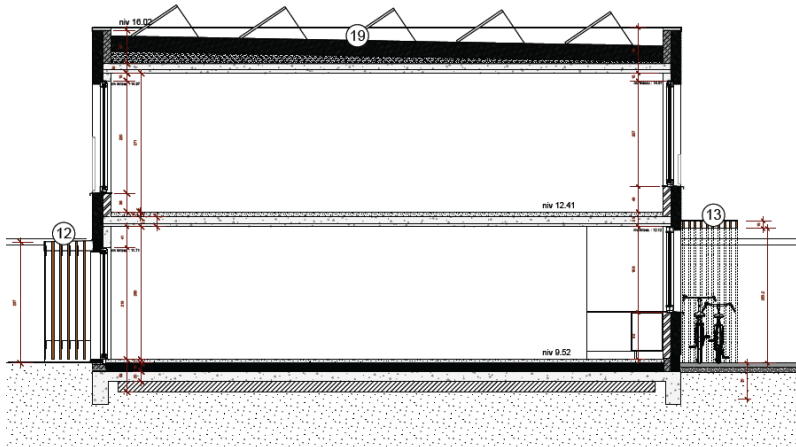
Bron: TOELICHTINGSDOCUMENT - Volgens "Ontwerp tot wijziging van BIJLAGE IV/V van het EPB-besluit"





Oefening

- Waar?
- Welke type?
 - Structureel/geometrisch
 - Puntvormig/lineair



Bron : ATLANTE



INLEIDING

SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

- ▶ Opake scheidingsconstructies
- ▶ Transparante scheidingsconstructies

BOUWKNOPEN

- ▶ Definitie en types
- ▶ Lokalisatie
- ▶ **Welke invloed?**
- ▶ Goede praktijkregels



Twee overwegende invloeden

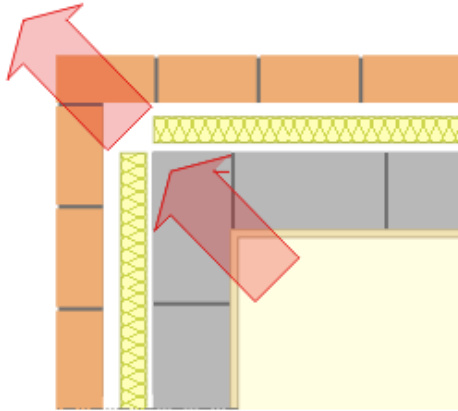
- ▶ Pathologisch
 - Oppervlaktecondensatie en schimmelvorming

- ▶ Thermisch
 - Impact op de energiebalans
 - Passiefgebouw (behalve buitenschrijnwerk): 5 tot 8% van de verliezen door transmissie als de bouwknopen goed beheerd worden op het niveau van ontwerp en uitvoering
 - EPB-gebouw: +0 tot +10 K-punten



Pathologische impact

- Oppervlaktecondensatie en schimmelvorming



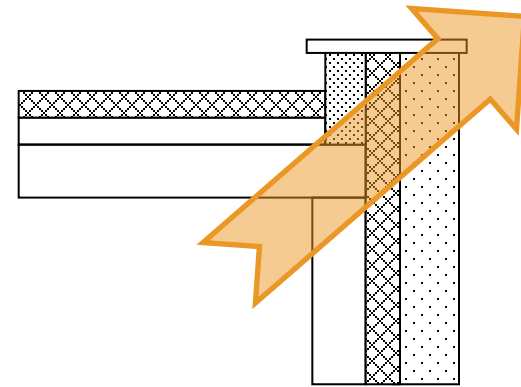
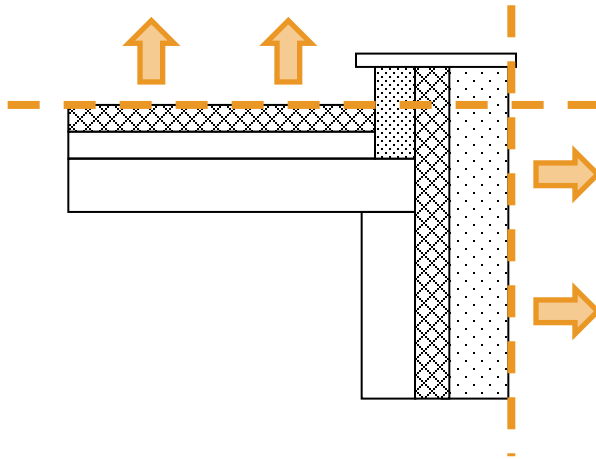
Bron : énergie +

Opm.: de bouwknopen zijn niet de enige oorzaak van vocht en schimmel in een gebouw (waterinfiltraties, opstijgend vocht, probleem van waterdampdiffusie, enz.)!



Thermische impact

- Lineaire warmtedoorgangscoefficiënt (Ψ , χ)



Warmteverliezen
scheidingsconstructies (1D)

$$\sum A_i b_i U_i$$

$$= H_{t, \text{construction}}$$



Warmteverliezen bouwknopen
(2D of 3D)

$$\sum l_k b_k \Psi_{e,k} + \sum b_l \chi_{e,l}$$

$$= H_{t, \text{junction}}$$



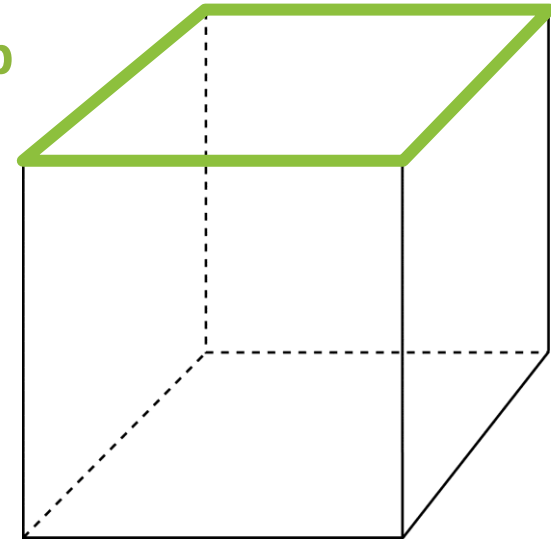


Voorbeeld

- Een kubusvormig gebouw van 10 x 10 x 10 m waarvan de scheidingsconstructies de volgende eigenschappen vertonen:

- $U_{\text{dak}} = 0,123 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $U_{\text{muur}} = 0,101 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bouwknoop
1



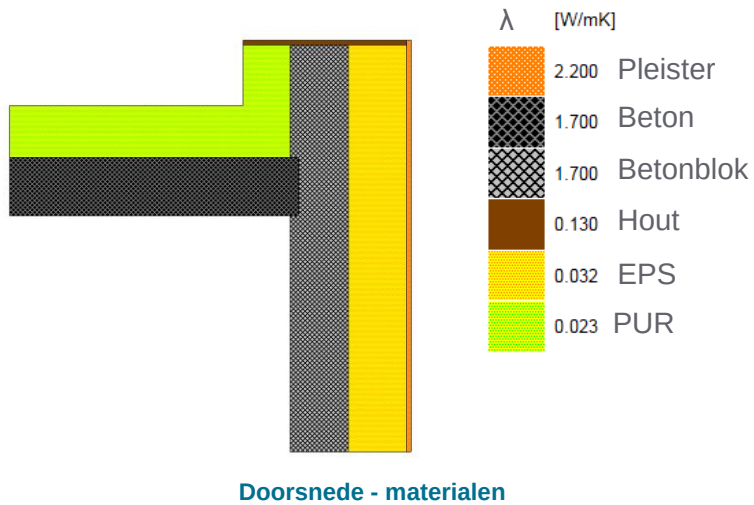
- Transmissieverliezen via het dak
→ $100\text{m}^2 \times 1 \times 0,123 \text{ W/m}^2\text{K} = \mathbf{12,3 \text{ W/K}}$
- Transmissieverliezen via de muren
→ $400\text{m}^2 \times 1 \times 0,101 \text{ W/m}^2\text{K} = \mathbf{40,4 \text{ W/K}}$



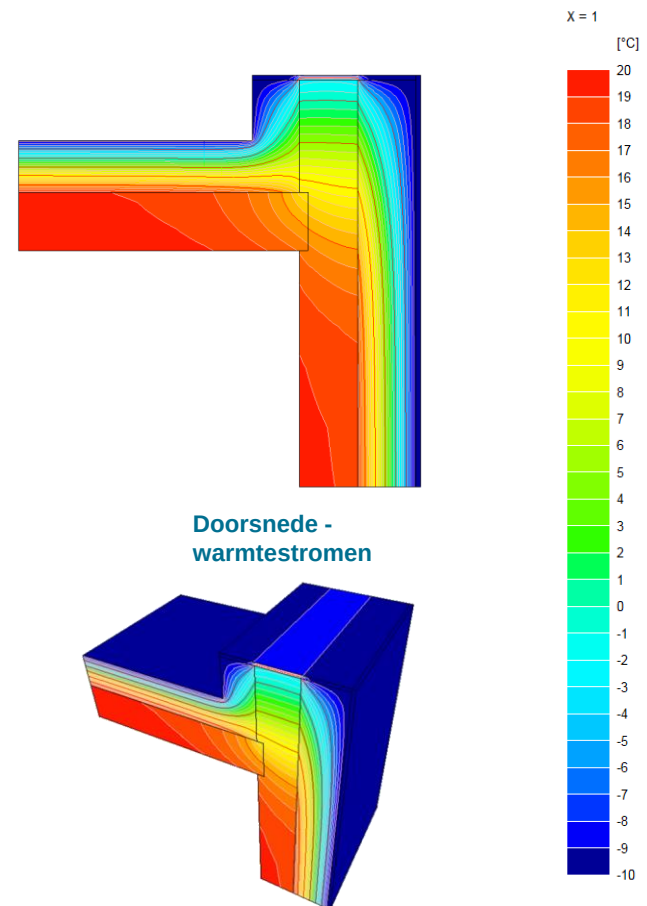


Voorbeeld

- Beheer BK1 (opgaande dakrand) – Beginversie



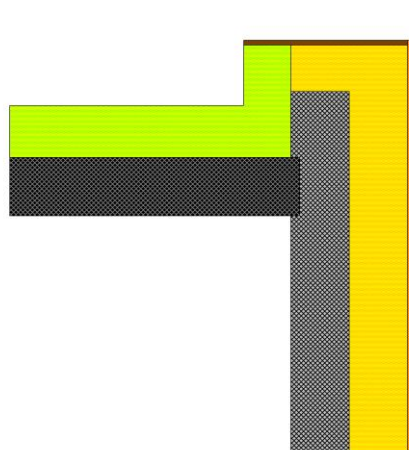
- $\Psi_{e,k} = 0,317 \text{ W/mK}$





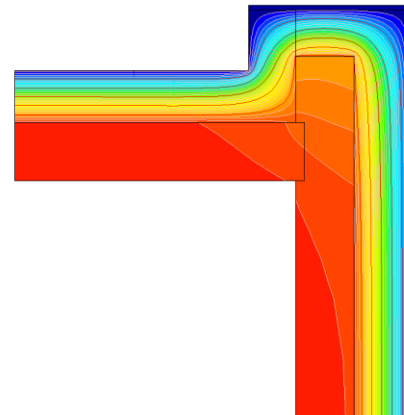
Voorbeeld

- Beheer van BK1 (opgaande dakrand) – Verbeterde versie (continuïteit van de isolatie)

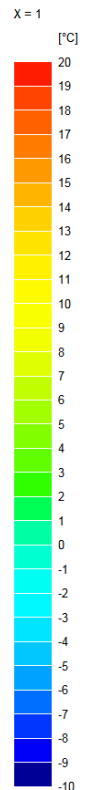


Doorsnede - materialen

λ	[W/mK]	
2.200		Pleister
1.700		Beton
1.700		Betonblok
0.130		Hout
0.032		EPS
0.023		PUR



Doorsnede -
warmtestromen



- $\Psi_{e,k} = 0,006 \text{ W/mK}$





Voorbeeld

- ▶ Een kubusvormig gebouw van 10 x 10 x 10 m waarvan de scheidingsconstructies de volgende eigenschappen vertonen:
 - $U_{\text{dak}} = 0,123 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - $U_{\text{muur}} = 0,101 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - ▶ Transmissieverliezen via het dak
→ $100\text{m}^2 \times 1 \times 0,123 \text{ W/m}^2\text{K} = \mathbf{12,3 \text{ W/K}}$
 - ▶ Transmissieverliezen via de muren
→ $400\text{m}^2 \times 1 \times 0,101 \text{ W/m}^2\text{K} = \mathbf{40,4 \text{ W/K}}$
- } Totale transmissieverliezen
52,7 W/K
- ▶ Impact van BK1 – beginversie
→ $40\text{m} \times 1 \times 0,317 \text{ W/mK} = \mathbf{12,7 \text{ W/K}}$
dus **24%** van de transmissieverliezen via de scheidingsconstructies
 - ▶ Impact van BK1 – verbeterde versie
→ $40\text{m} \times 1 \times 0,006 \text{ W/mK} = \mathbf{0,24 \text{ W/K}}$
dus **0,5%** van de transmissieverliezen via de scheidingsconstructies



INLEIDING

SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

- ▶ Opake scheidingsconstructies
- ▶ Transparante scheidingsconstructies

BOUWKNOPEN

- ▶ Definitie en types
- ▶ Lokalisatie
- ▶ Welke invloed?
- ▶ **Goede praktijkregels**





EPB-aanvaarde bouwknopen

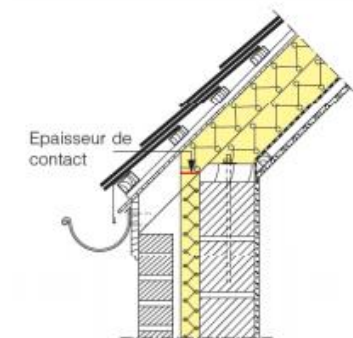
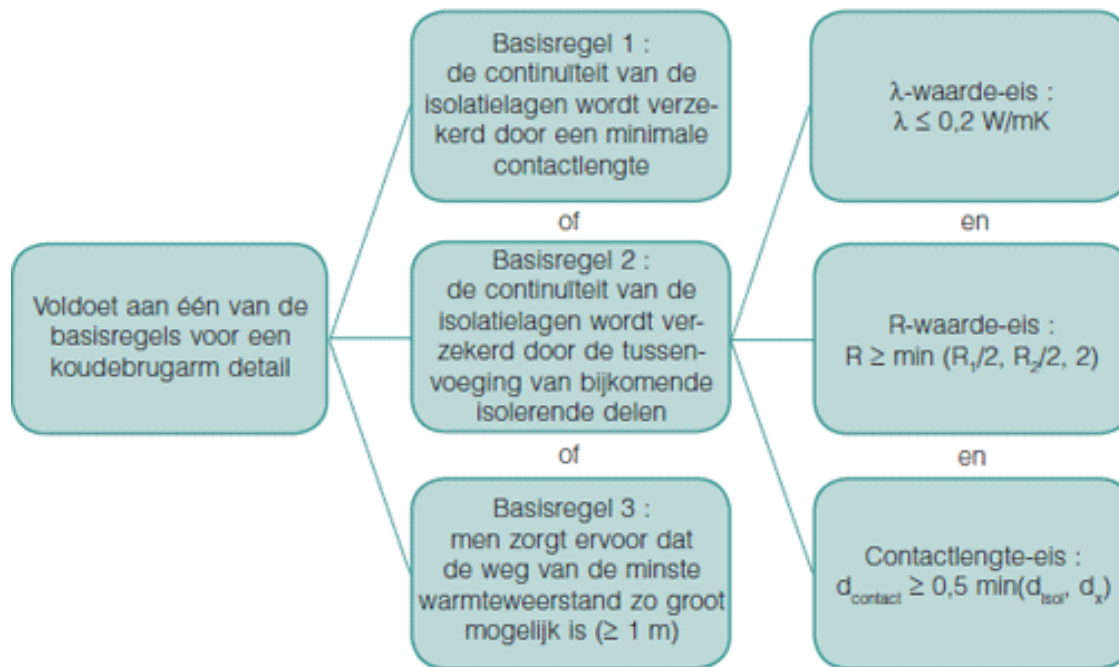


Fig. 1 Epaisseur de contact minimale.



Fig. 2 Interposition d'un bloc isolant

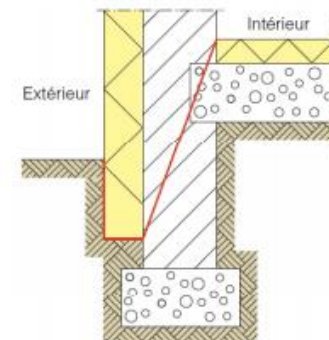


Fig. 3 Schéma de principe du chemin de moindre résistance thermique.

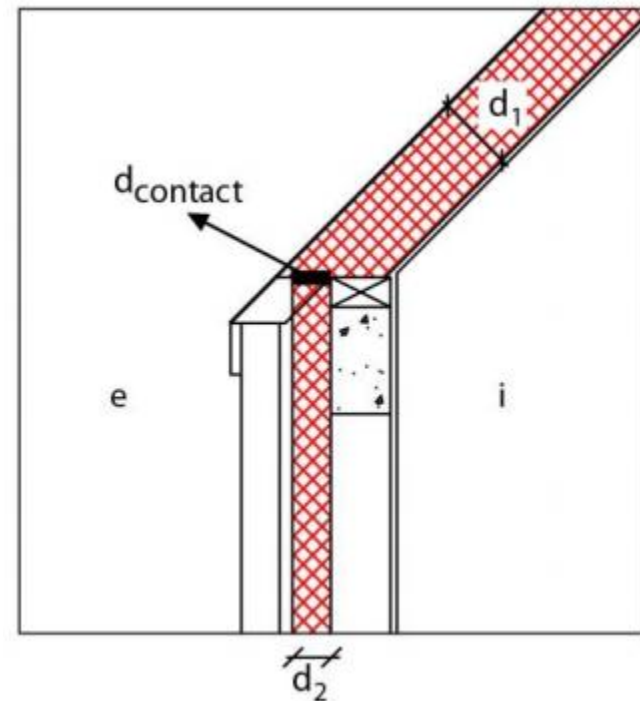
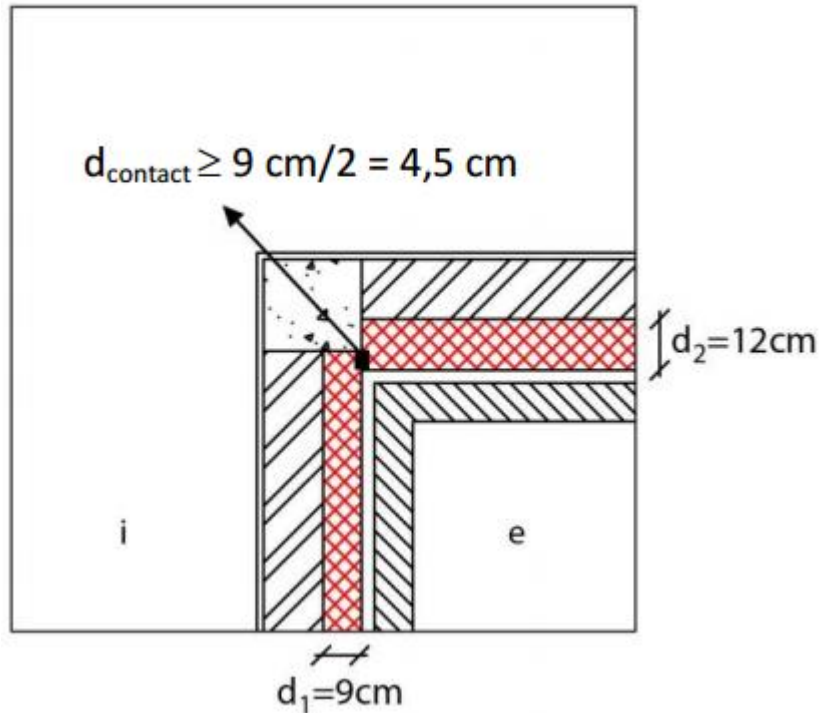
Bron : Buildwise



EPB-aanvaarde bouwknopen

- Basisregel nr. 1: contactoppervlakte

$$d_{\text{contact}} \geq \frac{1}{2} * \min(d_1, d_2)$$



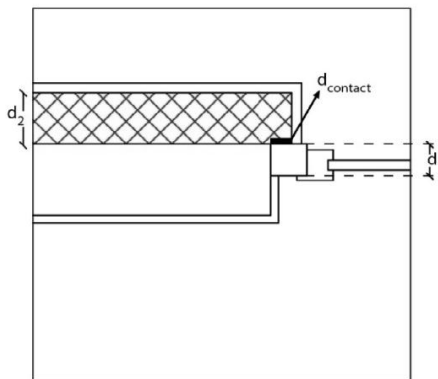
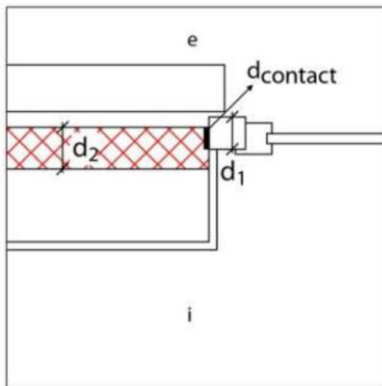
Bron : Buildwise



EPB-aanvaarde bouwknopen

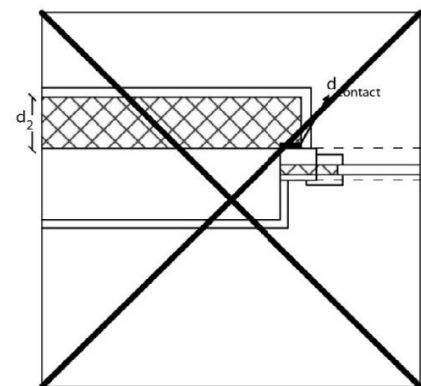
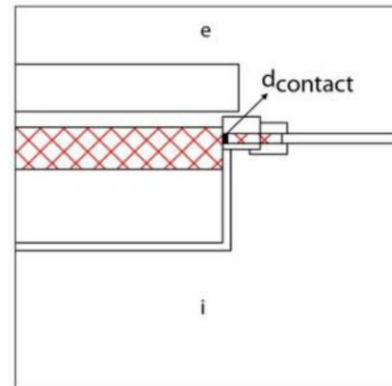
- Basisregel nr. 1: contactoppervlakte

$$d_{\text{contact}} \geq \frac{1}{2} * \min(d_1, d_2)$$



OF

volledig contact met thermische onderbreking



EPB-aanvaarde bouwknopen

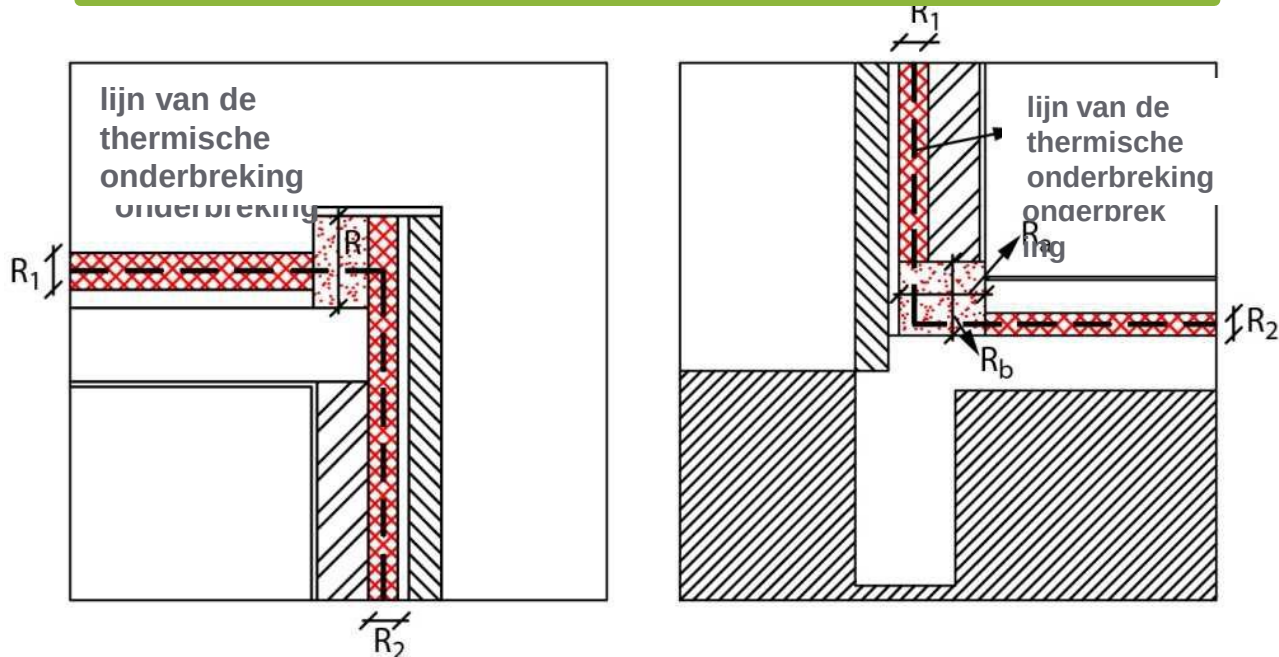
- Basisregel nr. 2: toegevoegd element > 3 verplichtingen

$$\lambda \leq 0.2W/mK$$

$$R \geq \min (R_1/2, R_2/2, 2^*)$$

* Waarde 1,5 voor de vensters!

$$d_{\text{contact},i} \geq \frac{1}{2} * \min(d_{\text{insulating part}}, d_x)$$



EPB-aanvaarde bouwknopen

- Basisregel nr. 2: tussenvoeging isolerende delen > enkele voorbeelden

Voet in cellenbeton/cellulaire glasblokken



Bron: Xella



Bron: Foamglass

Steun kolom



Bron: Plaka Group

Thermische onderbreking vloerplaat/balkon



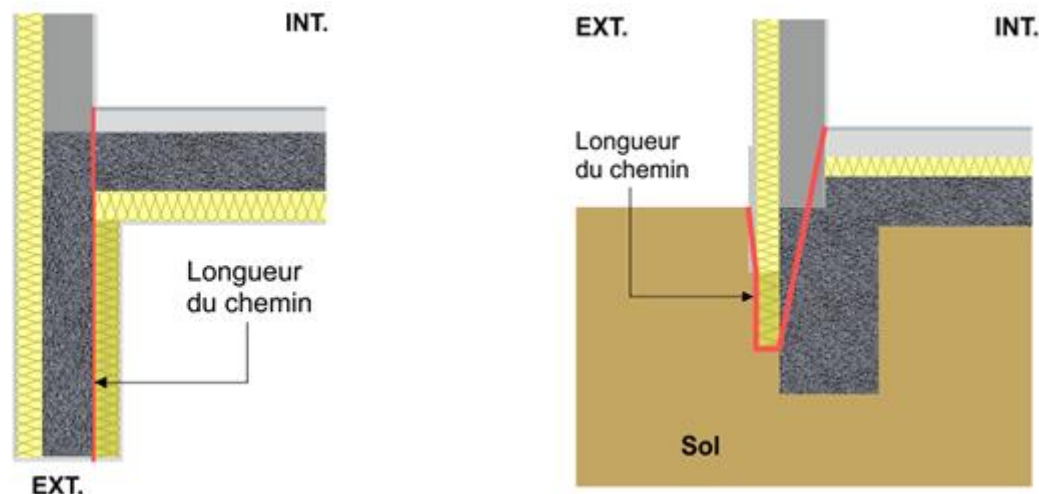
Bron: Plaka Group



EPB-aanvaarde bouwknopen

- ▶ Basisregel nr. 3: de weg van de minste weerstand $> 1\text{m}$
 - Weg van de minste weerstand = het kortste traject tussen binnenomgeving en buitenomgeving dat nergens een isolatielaag snijdt.
 - Bij toegevoegde isolatie: $R_{\text{isolatie}} \geq R_{\text{min}} (R_1/2, R_2/2, 2^*)$

* Waarde 1,5 voor de vensters!



Bron: Energie +





- ▶ De thermische prestaties van de gevel spelen een belangrijke rol in het energieverbruik van het gebouw.
- ▶ De thermische prestaties verschillen aanzienlijk volgens de afmetingen en de verhouding raamwerk/beglazing.
- ▶ Bijzondere aandacht moet worden besteed aan het ontwerp en de uitvoering van de bouwknopen om de impact op de transmissieverliezen te beperken.





Seminarie Duurzame Gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- ▶ [Dossier | Transmissieverliezen beperken](#)
- ▶ [Dossier | Bouwknopen beheren](#)



Websites

- ▶ Dienst koudebruggen (PMP)
<http://www.ponts-thermiques.be>
Catalogus van frequent aangetroffen bouwknopen
- ▶ Energie +
[Les ponts thermiques](#)
[La propagation de la chaleur à travers une paroi](#)



Opleidingen en seminars

- ▶ Schrijf u in voor de door Leefmilieu Brussel georganiseerde opleidingen
<https://leefmilieu.brussels/opleidingenduurzamegebouwen>
Raadpleeg [gratis](#) alle documentatie!
- ▶ Voor meer informatie...
Gebouwschil : isolatie van de voorgevel
Gebouwschil : dakisolatie



Muriel BRANDT

Projectingenieur

écorce nv

 + 32 4 226 91 60 info@ecorce.be

BEDANKT VOOR UW AANDACHT

