



INFOFICHE BOUWKNOPEN

IN REKENING BRENGEN VAN DE BOUWKNOPEN IN HET KADER VAN DE NIEUWE EPB-WETGEVING

INLEIDING

De veelgebruikte en alomgekende term 'koudebrug' wordt bewust niet meer gebruikt in de regelgeving wegens de negatieve connotatie die ermee samenhangt. In de bouwpraktijk wordt een koudebrug meestal aanzien als een plaats waar ongeoorloofde warmteverliezen optreden en waar condensatie- en schimmelproblemen kunnen voorkomen b.v. draagvloeren die contact maken met het buitenspouwblad, tot buiten doorgestorte betonlateien.

Indien men echter aandacht schenkt aan een koudebrugarme detaillering en correcte uitvoering, kunnen de genoemde problemen tot een minimum herleid worden en kan men in principe niet meer spreken van een 'koudebrug'.

Daarom wordt de term 'bouwknoop' geïntroduceerd.

Een bouwknoop is een plaats in de gebouwschil waar er mogelijk extra warmteverlies kan optreden, zonder dat men daarom te maken heeft met ongeoorloofd warmteverlies en/of condensatie- en schimmelproblemen.

De definitie maakt een oplijsting van de mogelijke locaties van een bouwknoop, maar geeft geen bouwfysisch oordeel over een 'goede' of 'slechte' bouwknoop. Hier moet men echter heel goed opletten. De EPB-wetgeving heeft het namelijk louter thermisch over de bouwknoppen. In de wetgeving staat niets over de toegenomen risico's van vocht- en schimmelproblemen als gevolg van condensatie door thermisch bijzonder slechte bouwknoppen, maar dat neemt niet weg dat ontwerpers en bouwers hun verantwoordelijkheid moeten nemen op dat vlak!

Deze infofiche is een samenvatting van de syllabus « Toelichtingsdocument: Bouwknoppen ». U kan dit document raadplegen via de rubriek « Nota's (verslagen) » van het deel "Handige documentatie" van de pagina "Wat zijn de EPB-werken?" van de website van Leefmilieu Brussel (www.leefmilieu.brussel.be).

1. INVLOED VAN DE BOUWKNOPEN OP DE EPB

Bijlage 3 bij het wijzigingsbesluit van 5 mei 2011 dat de bijlage V bij het EPB-besluit van 21 december 2007 wijzigt, bepaalt hoe de invloed van de bouwknoppen op de warmtedoorgangscoefficiënt (H_T) in rekening gebracht moet worden. De warmtestroom door transmissie doorheen de bouwknoppen ($H_T^{junctions}$) wordt aldus toegevoegd aan de warmtestroom door transmissie doorheen de scheidingsconstructies ($H_T^{constructions}$) teneinde de totale warmtestroom door transmissie doorheen de gebouwschil te bekomen. De berekening van de warmtedoorgang door transmissie is dus niet langer beperkt tot een eendimensionaal model dat enkel gebaseerd is op de U-waarde van de scheidingsconstructies en hun oppervlakten. De manier



om de doorgang door transmissie te berekenen, is voortaan driedimensionaal, waarbij ook de invloeden van de bouwknopen meetellen.

De wijziging van H_T door de toevoeging van $H_T^{\text{junctions}}$ beïnvloedt

- de behoefte aan energie voor verwarming,
 - de behoefte aan koeling,
 - de oververhittingsindicator,
- en dat leidt tot een verhoging van het K-peil en het E-peil.

Tot dusver werden inderdaad alleen de warmtedoorgangen door transmissie doorheen scheidingsconstructies meegeteld om het warmteverlies door transmissie te berekenen. Hoewel de invloed van de koudebruggen reëel en niet verwaarloosbaar is, werd die niet meegerekend. De berekening leidde dus tot onderschatte resultaten voor de K- en E-waarden, wat in verhouding des te meer het geval was wanneer de U-waarde van de scheidingsconstructies hoog was maar de technische details niet zo goed verzorgd waren. Dat de bouwknopen meetellen in de berekening van de EPB corrigeert de berekening van het verlies door transmissie dus, en zorgt voor een reëel beeld, zonder onderschatting. Het vestigt eveneens de aandacht van de ontwerper op de reële risico's van een groot gelokaliseerd warmteverlies als het verbindingdetail slecht bestudeerd wordt.

2. TYPES VAN BOUWKNOPEN

2.1. PUNTBOWWKNOOP

Men spreekt enkel van puntbouwknopen indien de isolatielaag van een scheidingsconstructie puntvormig doorbroken wordt.

Voorbeelden

- Kolommen die de isolatielaag doorboren van een vloer boven buitenomgeving, kelder, parkeergarage, ...
- Balken die loodrecht op het vlak van een scheidingsconstructie toekomen en daarbij de isolatielaag onderbreken;
- Bevestigingspunten van zonnecollectoren, masten, ... die de isolatielaag doorboren;
- Puntsgewijze ophanging van metselwerkdragers (b.v. L-profiel met puntsgewijze ophangpunten dat plaatselijk gebruikt wordt om metselwerk te ondersteunen);

2.2. LINEAIRE BOUWKNOOP

Men spreekt enkel van lineaire bouwknopen indien de isolatielaag van een scheidingsconstructie lijnvormig onderbroken wordt.

Een lineaire bouwknop kan zich in de volgende drie situaties voordoen:

- aan de verbinding van twee scheidingsconstructies van het verliesoppervlak,
- aan de verbinding tussen een scheidingsconstructie van het verliesoppervlak en een scheidingsconstructie op de grens met een aanpalend perceel,
- aan de onderbreking van de isolatielaag in eenzelfde scheidingsconstructie van het verliesoppervlak.

2.2.1. VERBINDING TUSSEN SCHEIDINGSCONSTRUCTIES VAN HET VERLIESOPPERVLAK

Dit type lineaire bouwknop kan herkend worden a.d.h.v. de snedeplannen van het gebouw. Merk op dat het identificeren van dit type lineaire bouwknop daardoor onafhankelijk is van het al dan niet behouden van de thermische snede in de detaillering. Op elke plaats waar twee scheidingsconstructies elkaar snijden of op elkaar toekomen, is er ALTIJD sprake van een bouwknop. Zo vormt een verbinding aan de snijding tussen de binnenomgeving, de buitenomgeving en een aangrenzende onverwarmde ruimte altijd een bouwknop, ook als de



isolatielaag continu doorloopt. Het gaat inderdaad altijd om de verbinding van twee verschillende scheidingsconstructies van het verliesoppervlak: één scheidingsconstructie met de buitenomgeving als grens en één scheidingsconstructie met een aangrenzende onverwarmde ruimte als grens, elk met zijn eigen U-waarde. Andere voorbeelden van lineaire bouwknoepen aan de verbinding tussen scheidingsconstructies van de verliesoppervlakken zijn de klauwstukken, de funderingsaanzetten, de venster- of deuraansluitingen, de verbindingen tussen twee gevels met een verschillende ligging, ...

U kan enkele grafische voorbeelden raadplegen in het « Toelichtingsdocument: Bouwknoepen » (pagina's 8 tot 11).

2.2.3. VERBINDING TUSSEN EEN SCHEIDINGSCONSTRUCTIE VAN HET VERLIESOPPERVLAK EN EEN SCHEIDINGSCONSTRUCTIE OP DE GRENS MET EEN AANPALEND PERCEEL

Overal waar een scheidingsconstructie van het verliesoppervlak samenkomt met een scheidingsconstructie op de grens met een aanpalend perceel, ontstaat een lineaire bouwknoop, zelfs indien deze laatste geen scheidingsconstructie van het verliesoppervlak is. Of de gemeenschappelijke muur in contact staat met een ander gebouw of de buitenomgeving, er zal altijd sprake zijn van een lineaire bouwknoop aan de verbinding tussen de scheidingsconstructie op de grens met het aanpalend perceel en de scheidingsconstructie van het verliesoppervlak.

2.2.4. ONDERBREKING VAN DE ISOLATIELAAG IN EEN SCHEIDINGSCONSTRUCTIE VAN HET VERLIESOPPERVLAK

Wanneer een isolatielaag van een scheidingsconstructie lijnvormig, geheel of gedeeltelijk, onderbroken wordt door een materiaal met een hogere warmtegeleidbaarheid, spreekt men eveneens van een lineaire bouwknoop. Voorbeelden: wanneer de isolatielaag onderbroken wordt door een stalen profiel of door een regenpijp.

2.3. UITZONDERINGEN

Er zijn situaties die een warmtetransport met zich meebrengen, maar die in de regelgeving toch niet als bouwknoepen aanzien worden, hetzij omdat hun invloed op het warmteverlies beperkt is, hetzij omdat hun invloed reeds ingerekend is in het transmissieverlies doorheen de scheidingsconstructies van het verliesoppervlak.

U kan enkele grafische voorbeelden van de hieronder opgesomde gevallen raadplegen in het « Toelichtingsdocument: Bouwknoepen » (pagina's 15 tot 19).

2.3.1. DOORBORINGEN VAN DE SCHEIDINGSCONSTRUCTIE T.G.V. LEIDINGDOORVOEREN

Doorboringen van een scheidingsconstructie –niet in het vlak van de scheidingsconstructie– t.g.v. ventilatiekanalen, rookgasafvoerkanalen, regenwaterafvoeren en andere leidingdoorvoeren hoeven niet als puntbouwknoepen beschouwd te worden.

VOORBEELDEN

- Schoorstenen;
- Rookgasafvoer van de verwarmingsinstallatie;
- Aan- en toevoerkanaal van het ventilatiesysteem;
- Energiebocht;
- Regenpijp die dwars door de gevel loopt;



2.3.2. ONDERBREKINGEN EIGEN AAN EEN SCHEIDINGSCONSTRUCTIE

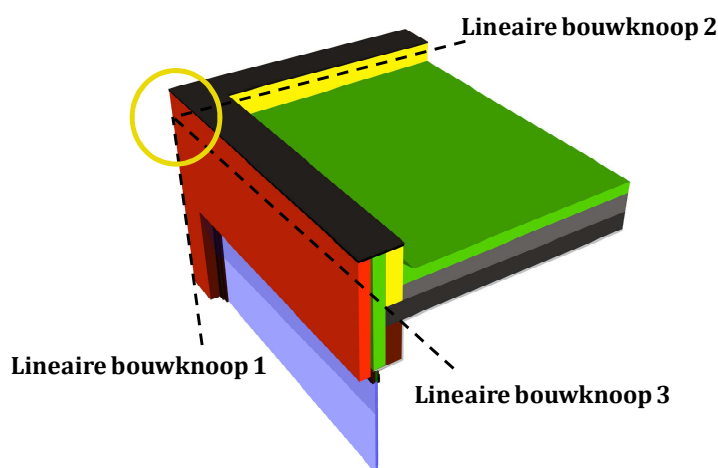
Lineaire en/of puntvormige onderbrekingen die eigen zijn aan een scheidingsconstructie en over het oppervlak ervan verdeeld zijn, worden door de EPB-regelgeving niet beschouwd als bouwknopen. Hun invloed moet immers ingerekend worden in de totale warmteweerstand R_T of de warmtedoorgangscoefficiënt U van de beschouwde scheidingsconstructie –hetzij via een vereenvoudigde rekenmethode (transmissiereferentiedocument), hetzij via een gevalideerde numerieke berekening.

VOORBEELDEN

- Houten stijlen en regels bij houtskeletbouwwanden, kepers en gordingen bij spanten daken, enz.

2.3.3. SNIJDING VAN TWEE OF DRIE LINEAIRE BOUWKNOPEN

Door het verwaarloosbaar extra warmteverlies wordt de snijding van twee of drie lineaire bouwknopen niet aanzien als een puntbouwknop.



2.3.4. IN DIRECT CONTACT MET DE GROND

Bij scheidingsconstructies die over heel hun oppervlak direct in contact staan met de grond (bijvoorbeeld vloer op volle grond) moeten de onderbrekingen van de isolatielaag van die scheidingsconstructies niet als bouwknopen worden beschouwd. Het warmteverlies dat die onderbrekingen teweegbrengen, is immers te verwaarlozen. Die uitzondering verandert niets aan het feit dat twee scheidingsconstructies die samenkomen – ook al bevindt de verbinding zich volledig onder de grond – ALTIJD een bouwknop vormen. Een funderingsaanzet of de doorgang van een vloer op volle grond naar een vloer boven een kelder of kruipruimte blijven altijd bouwknopen.

2.3.5. WANNEER DE ISOLATIELAAG CONTINU DOORLOOPT

Wanneer een scheidingsconstructie plaatselijk onderbroken wordt door een ander materiaal maar de isolatielaag volledig intact blijft (geen onderbreking – geen verdunning of verbreding – geen verschuivingen – geen verandering van richting van de isolatielaag), dan is het bijkomende warmteverlies te verwaarlozen, en daarom moet dat dus NIET als een lineaire bouwknop beschouwd worden.



3. THERMISCHE PRESTATIES VAN BOUWKNOPEN

De thermische prestaties van bouwknoppen worden gekenmerkt door de lijnwarmtedoorgangscoefficiënt Ψ (uitgedrukt in W/mK) of de puntwarmtedoorgangscoefficiënt χ (uitgedrukt in W/K). Deze warmtedoorgangscoefficiënten geven aan welke toeslag men moet aanrekenen op het warmtetransport dat op basis van U-waarden berekend is.

3.1. DE PUNTWARMTEDOORGANGSCOËFFICIËNT

De puntwarmtedoorgangscoefficiënt χ_e van een puntbouwknoop wordt op een analoge manier bepaald:

$$\chi_e = \frac{\Phi_{3D} - \Phi_{2D}}{\theta_i - \theta_e} \quad \left[\frac{W}{K} \right]$$

met :

- Φ_{3D} : de totale warmtestroom die uit de binnenomgeving verloren gaat, berekend aan de hand van een driedimensionale, gevalideerde numerieke berekening [W];
- Φ_{2D} : de totale warmtestroom die uit de binnenomgeving verloren gaat, berekend volgens de referentie. Hierbij wordt het detail vervangen door een aaneenschakeling van vlakke constructiedelen. Het warmtetransport wordt bepaald door de U-waarde U_i en oppervlakte A_i van de scheidingsconstructies van het verliesoppervlak (op basis van buitenafmetingen) én de eventuele lineaire warmtedoorgangscoefficiënten $\psi_{e,k}$ en lengtes L_k voor de lineaire bouwknoppen die ontstaan door het samenkomen van twee

$$\Phi_{2D} = \sum U_i A_i (\theta_i - \theta_e) + \sum \psi_{e,k} L_k (\theta_i - \theta_e) \quad [W];$$

scheidingsconstructies. Er geldt dat

- $\theta_i - \theta_e$: het temperatuurverschil tussen de binnen- en buitenomgeving [K].

3.2. DE LIJNWARMTEDOORGANGSCOËFFICIËNT

De lijnwarmtedoorgangscoefficiënt Ψ_e van een lineaire bouwknoop is gedefinieerd als:

$$\Psi_e = \frac{\Phi_{2D} - \Phi_{1D}}{L \cdot (\theta_i - \theta_e)} \quad \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$$

met:

- Φ_{2D} : de totale warmtestroom die uit de binnenomgeving verloren gaat, berekend aan de hand van een tweedimensionale, gevalideerde numerieke berekening [W] ;
- Φ_{1D} : de totale warmtestroom die uit de binnenomgeving verloren gaat, berekend volgens de referentie. Hierbij wordt het detail vervangen door een aaneenschakeling van vlakke constructiedelen. De referentieberekening van het warmtetransport gebeurt op basis van de buitenafmetingen en is gekenmerkt door de U-waarden U_i en oppervlakten A_i van de scheidingsconstructies van het verliesoppervlak die voorkomen in de bouwknoop. Er geldt

$$\Phi_{1D} = \sum U_i A_i (\theta_i - \theta_e)$$

dat [W] ;

- L : de lengte waarover de bouwknoop zich voordoet [m];
- $\theta_i - \theta_e$: het temperatuurverschil tussen de binnen- en buitenomgeving [K].



4. INAANMERKINGNEMING VAN DE BOUWKNOPEN IN DE EPB

Er is keuze uit drie methoden om de bouwknopen in rekening te brengen in de berekening van de EPB:

- de gedetailleerde methode (optie A),
- de methode van de 'EPB-aanvaarde knopen' (optie B),
- de methode van de forfaitaire toeslag die het K-peil 'bestraft' (optie C).

Men mag per K-volume maar één optie kiezen.

4.1. OPTIE A: GEDETAILLEERDE METHODE

Met de gedetailleerde methode kan men de invloed van de bouwknopen op de totale warmtedoorgang door transmissie doorheen de gebouwschil met een maximale nauwkeurigheid berekenen. In dat geval moeten alle lineaire en puntbouwknopen berekend worden. Men kan dat doen met een gevalideerde numerieke berekening voor heel het gebouw of met een berekening voor elke bouwknop afzonderlijk.

Bij de berekening voor het geheel van het gebouw wordt geen duidelijk onderscheid gemaakt tussen de scheidingsconstructies en de bouwknopen. Het gebouw wordt in zijn geheel in een model gegoten en numeriek berekend. Dat houdt in dat meer dan alleen maar de geometrie van het gebouw ingevoerd moet worden. Men moet in dat geval ook de gebruikte materialen en de details op de plaats van de bouwknopen invoeren.

Bij afzonderlijke berekeningen voor elk van de bouwknopen wordt de warmtedoorgangscoefficiënt bepaald voor elke bouwknop afzonderlijk. Er wordt een Ψ_e -waarde bepaald voor elke lineaire bouwknop en een χ_e -waarde voor elke puntbouwknop.

Voor elke bouwknop bestaan er twee mogelijkheden om de waarden van Ψ_e en χ_e te kennen:

- Ofwel wordt de **exacte** Ψ_e en/of χ_e bekomen na een gevalideerde numerieke berekening.
- Ofwel doet men geen enkele gevalideerde numerieke berekening, dan kan men de waarde bij ontstentenis hanteren zoals die is vastgelegd in de tabellen 2 en 3 van bijlage 3 van het wijzigingsbesluit. Hierbij moet in het achterhoofd gehouden worden dat de waarden bij ontstentenis eerder negatief zijn. Het systematisch toepassen van waarden bij ontstentenis op een volledig gebouw zal in de meeste gevallen leiden tot een behoorlijk zware toeslag. De waarden bij ontstentenis zijn dan ook enkel bedoeld als gemakkelijke uitweg voor bouwknopen (liefst met een beperkte lengte/aantal) waarvoor de lineaire en puntwarmtedoorgangscoefficienten Ψ_e en χ_e niet gemakkelijk beschikbaar zijn.

Tabel 1 Waarden bij ontstentenis voor lineaire bouwknopen

Bouwknop zonder thermische onderbreking voor structurele aansluitingen in metaal of gewapend beton	0.90 +
<i>VOORBEELDEN</i>	$\Psi_{e,li}$
- <i>lateien die tot tegen het buitenspouwblad zijn doorgestort,</i>	m
- <i>balkons die doorgestort zijn,</i>	W/
- <i>metalen metselwerkdragere die over hun gehele lengte het binnenspouwblad met het buitenspouwblad verbinden</i>	m.K
- ...	



<i>Tabel 2 Waarden bij ontstentenis voor lineaire bouwknopen (voortzetting)</i>	
Bouwknop met thermische onderbreking voor structurele aansluitingen met puntsgewijze doorverbindingen in metaal <i>VOORBEELDEN</i> - <i>balkonophangingen met een geprefabriceerd wapeningssysteem, ingebed in isolatie</i> - ...	0.40 + $\Psi_{e,li}$ $\frac{m}{W/K}$
Andere	0.15 + $\Psi_{e,li}$ $\frac{m}{W/K}$

Tabel 3 Waarden bij ontstentenis voor puntbouwknopen

Onderbreking van de isolatielaag door metalen elementen (z = zijde van het omschreven vierkant, in m) <i>VOORBEELD</i> - <i>stalen I-profiel die de isolatielaag van de gevel doorboort;</i> - <i>ophangpunten voor metselwerkdragers;</i> - ...	4.7*z + 0.03 W/K
Onderbreking van de isolatielaag door andere materialen dan metaal (A = sectie van de onderbreking, in m ²) <i>VOORBEELD</i> - <i>Betonnen kolom die de isolatielaag van een vloer doorboort;</i> - ...	3.8*A + 0.10 W/K

Als men het aantal strekkende meter met betrekking tot elke lineaire bouwknop (l_k) in aanmerking neemt, dan is de warmtedoorgang door transmissie doorheen de bouwknopen $H_T^{junctions}$, som van de transmissies van alle bouwknopen, als volgt samen te vatten:

$$H_T^{junctions} = \sum_k l_k b_k \psi_{e,k} + \sum_i b_i \chi_{e,i} \left[\frac{W}{K} \right]$$

Afhankelijk van de projecten en op basis van optie A zijn de toeslagen op de K- en E-peilen variabel en hangen die sterk af van de zorg die aan de bouwdetails besteed is.

4.2. OPTIE B: METHODE VAN DE EPB-AANVAARDE BOUWKNOPEN

De methode van de EPB-aanvaarde knopen maakt een onderscheid tussen de als 'aanvaard' beschouwde bouwknopen en degene die niet als 'aanvaard' beschouwd worden. Een bouwknop is EPB-aanvaard als en alleen als die voldoet aan één



van de drie basisregels op basis waarvan die bouwknop valt te beschouwen als 'verwaarloosbare koudebrug' of/en als zijn transmissiecoëfficiënt Ψ_e niet meer bedraagt dan de grenswaarde $\Psi_{e,lim}$. Alle bouwknopen die aan één van die regels beantwoorden, zijn 'EPB-aanvaard' en dan hoeven hun aantallen en lengten niet bepaald te worden. De invloed van de warmteverliezen door transmissie toe te schrijven aan alle aanvaarde bouwknopen wordt forfaitair omgezet in drie K-punten.

De bouwknopen die aan geen enkele van de basisregels voldoen, worden beschouwd als niet-EPB-aanvaard en moeten elk afzonderlijk berekend worden met een gevalideerde numerieke berekening volgens dezelfde methode als die van optie A. Hun – negatieve of positieve – invloed op de warmtedoorgang door transmissie wordt bij de forfaitaire waarde van de aanvaarde bouwknopen geteld; de som van het geheel kan daarbij niet minder dan 0 bedragen.

4.2.1. BASISREGELS

Een bouwknop zal als EPB-aanvaard worden beschouwd als die voldoet aan één van de drie basisregels. Er valt aan de hand van de basisregels eenvoudig en hoofdzakelijk visueel te bepalen of een bouwknop EPB-aanvaard is of niet. De basisregels voor een detail met verwaarloosbare koudebrug zijn gebaseerd op het principe van de gegarandeerde 'thermische snede'. Dat wil zeggen dat de isolatielagen van twee aaneensluitende scheidingsconstructies van het verliesoppervlak zich altijd ononderbroken tegen elkaar moeten bevinden. Dat betekent op zijn minst dat men 'met een potlood over de isolatielagen en de tussengevoegde isolerende delen moet kunnen gaan zonder dat potlood te moeten opheffen'.

✓ **BASISREGEL 1: Continuïteit van de isolatielagen door een minimale contactlengte**

De isolatielagen worden rechtstreeks op elkaar aangesloten met een minimale contactlengte. De minimale contactlengte $d_{contact}$ hangt af van de dikte van de isolatielagen die samenkomen (d_1 en d_2). De dikte $d_{contact}$ mag nooit minder zijn dan de helft van de kleinste van de dikten d_1 en d_2 . Hoe dikker de isolatielagen, hoe groter de contactlengte moet zijn.

Basisregel 1	
$d_{contact} \geq \frac{1}{2} * \min (d_1, d_2)$	
met	
$d_{contact}$	= de contactlengte van de isolatielagen gemeten tussen koude en warme zijde;
d_1 en d_2	= de respectievelijke diktes van de isolatielagen van de samenkomende scheidingsconstructies.

✓ **BASISREGEL 2: Continuïteit van de isolatielagen door tussenvoeging van isolerende delen**

De isolatielagen sluiten *niet* rechtstreeks op elkaar aan, maar er zijn wel isolerende delen tussengevoegd zodat de thermische snede behouden blijft.

Basisregel 2 stelt dat alle isolerende delen *tegelijk* moeten voldoen aan drie eisen:

1) De warmtegeleidingscoëfficiënt $\lambda_{insulating part}$ van elk van de isolerende delen mag maximum 0,2 W/mK zijn.



λ-waarde-eis		
$\lambda_{insulating\ part} \leq 0.2\ W/mK$		
met	$\lambda_{insulating\ part}$	de warmtegeleidingscoëfficiënt van het isolerend deel

2) De R-waarde-eis legt vast dat de warmteweerstand R van elk isolerend deel niet kleiner mag worden dan de helft van het kleinste van R_1 en R_2 . Om de R-waarde-eis haalbaar te houden voor zeer dikke isolatiepakketten wordt er een bovengrens opgelegd aan R , zijnde $2\ m^2K/W$. In formulevorm wordt dit:

R-waarde-eis		
$R \geq \min(R_1/2, R_2/2, 2)$		
met	R	de warmteweerstand van een isolerend deel;
	R_1 en R_2	de warmteweerstanden van de isolatielagen van de scheidingsconstructie s.

3) De contactlengte op de plaats waar de isolerende delen tussengevoegd zijn, mag niet minder bedragen dan de helft van de kleinste dikte van de isolatielagen. Die vereiste komt overeen met dezelfde principes als die van basisregel 1.

Contactlengte-eis		
$d_{contact,i} \geq \min(d_{insulating\ part}/2, d_x/2)$		
met	$d_{contact,i}$	de contactlengte t.p.v. aansluiting i;
	$d_{insulating\ part}$	de dikte van een isolerend deel;
	d_x	de dikte van hetzij de aansluitende isolatielaag hetzij een aansluitend ander isolerend deel.

✓ **BASISREGEL 3: Minimale lengte van de weg van de minste weerstand**

De isolatielagen sluiten *niet* rechtstreeks op elkaar aan en de thermische snede kan *niet* behouden blijven, maar de weg van de minste weerstand is voldoende lang. Men spreekt van een EPB-aanvaarde knoop wanneer de weg van de minste weerstand 1 meter of meer is. Wanneer dat het geval is, moet de warmtestroom



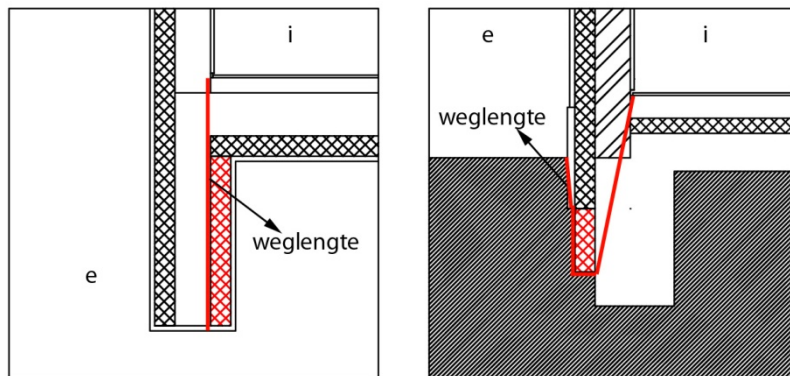
een voldoende grote afstand overbruggen en kan het warmteverlies beperkt blijven.

Basisregel 3
 $l_i \geq 1$ meter

met l_i = weg van de minste weerstand.

De weg van de minste weerstand heeft als strikte definitie: *het kortste traject tussen de binnenomgeving en de buitenomgeving of een aangrenzende onverwarmde ruimte die nergens een isolatielaag of een isolerend deel snijdt waarvan de warmte weerstand groter of gelijk is aan de kleinste van de twee warmte weerstanden R_1 en R_2 van de isolatielagen van de scheidingsconstructies.*

Dat wil zeggen dat men op het snedeplan van de bouwknoop de kortste lijn moet tekenen, van de binnenkant naar de buitenkant of naar een aangrenzende onverwarmde ruimte die nergens een isolatielaag snijdt. Als de totale lengte van die lijn minder dan 1 meter is, dan is het raadzaam isolatie toe te voegen, op voorwaarde dat die isolatie een warmte weerstand heeft die op zijn minst even groot is als de kleinste van de twee waarden R_1 en R_2 . De weg van de minste weerstand moet de 'hindernissen' ontwijken, wat die weg automatisch verlengt en wat ervoor zorgt dat voldaan wordt aan de vereiste voor de bouwknoop.



4.2.2. Ψ_E WAARDE \leq $\Psi_{E,LIM}$ WAARDE

Indien aan de hand van een gevalideerde numerieke berekening kan aangetoond worden dat de Ψ_e waarde van een bouwknoop kleiner dan of gelijk is aan de overeenkomstige $\Psi_{e,lim}$ waarde, dan is de bouwknoop EPB-aanvaard. De grenswaarden voor de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt, $\Psi_{e,lim}$, worden gedefinieerd per type bouwknoop (Tabel 4).



Tabel 4 Grenswaarden voor de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt Ψ_e

	$\Psi_{e,lim}$
1. BUITENHOEKEN (1)(2) <ul style="list-style-type: none"> • 2 muren • Andere buitenhoeken 	-0.10 W/m.K 0.00 W/m.K
2. BINNENHOEKEN (3)	0.15 W/m.K
3. VENSTER- en DEURAANSLUITINGEN	0.10 W/m.K
4. FUNDERINGSAANZET	0.05 W/m.K
5. BALKONS - LUIFELS	0.10 W/m.K
6. AANSLUITINGEN VAN EEN SCHEIDINGSCONSTRUCTIE BINNEN EENZELFDE BESCHERMD VOLUME OF TUSSEN 2 VERSCHILLENDE BESCHERMDE VOLUMES OP EEN SCHEIDINGSCONSTRUCTIE VAN HET VERLIESOPPERVLAK	0.05 W/m.K
7. ALLE KNOPEN DIE NIET ONDER 1 T.E.M 6 VALLEN	0.0 W/m.K
<p>(1) met uitzondering van funderingsaanzet</p> <p>(2) Voor een buitenhoek moet de hoek α – gemeten tussen de twee buitenoppervlakken van de scheidingsconstructies van het verliesoppervlak – voldoen aan: $180^\circ < \alpha < 360^\circ$.</p> <p>(3) Voor een binnenhoek moet de hoek α – gemeten tussen de twee buitenoppervlakken van de scheidingsconstructies van het verliesoppervlak – voldoen aan: $0^\circ < \alpha < 180^\circ$.</p>	

In het geval van optie B is de toeslag op het K-peil de som van een forfait van drie K-punten voor alle aanvaarde bouwknoten en een variabele toeslag die afhangt van de negatieve of positieve prestaties van niet-aanvaarde bouwknoten. Het variabele deel kan negatief blijken te zijn door de aanwezigheid van gunstige bouwknoten. De som van de aanvaarde en niet-aanvaarde delen kan echter nooit minder dan 0 bedragen.

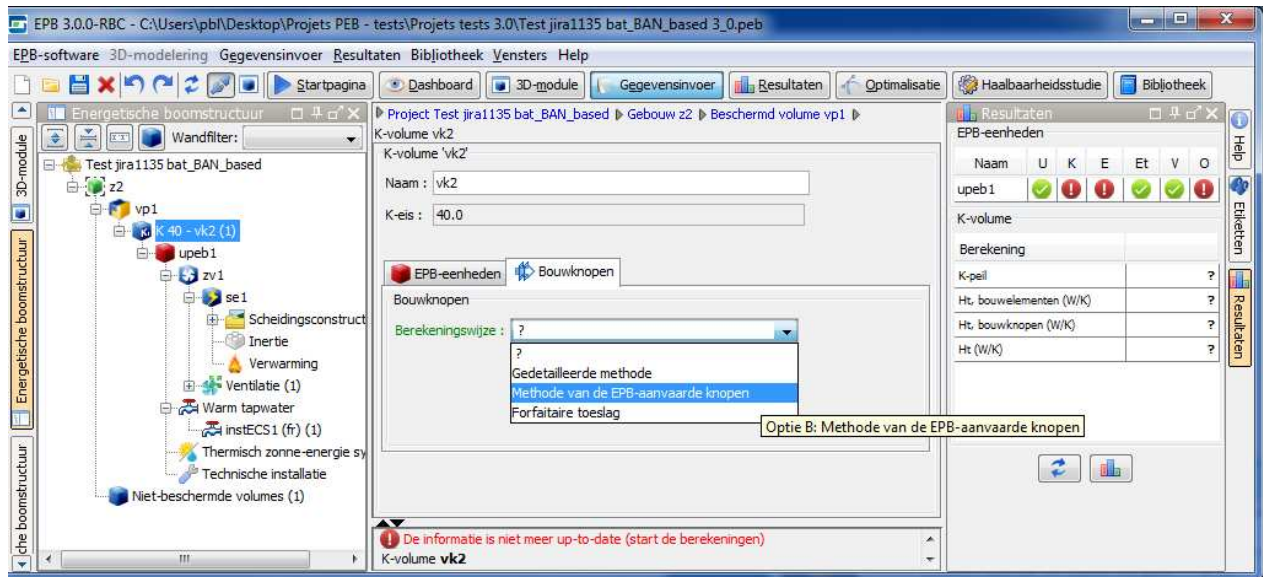
4.2.3. OPTIE C: FORFAITAIRE TOESLAG DIE HET K-PEIL BESTRAFT

Als men ervoor kiest niet de moeite te doen om de invloed van de bouwknoten in aanmerking te nemen volgens de gedetailleerde methode of de methode van de EPB-aanvaarde knopen, dan wordt een *forfaitaire strafwaarde* ('Optie C') opgelegd. Die bijzonder ongunstige benadeling bedraagt **tien K-punten**.

5. INVOER IN DE EPB SOFTWARE V3.0

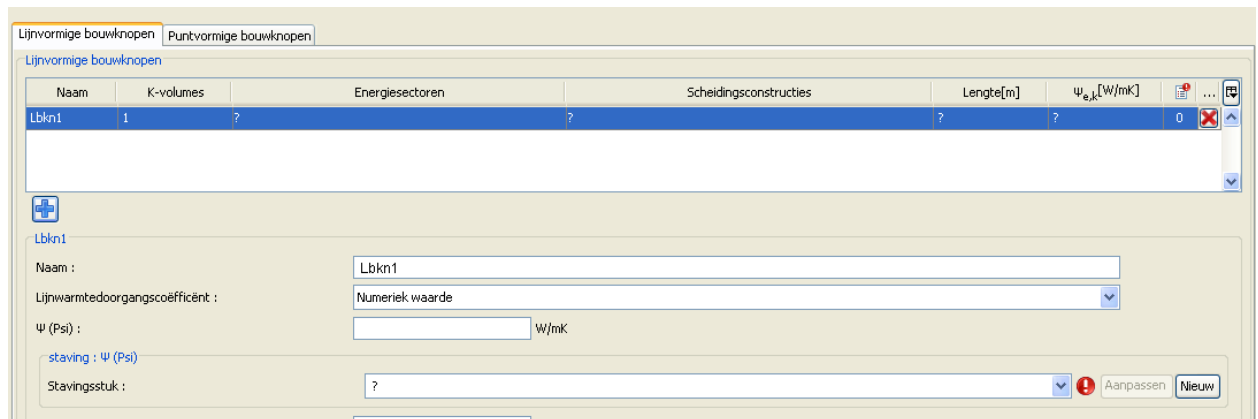
De keuze voor optie A, B of C om de bouwknoten in aanmerking te nemen, gebeurt bij het K-volume, in de tab 'bouwknoten'. Er kan per K-volume maar één optie gekozen worden!





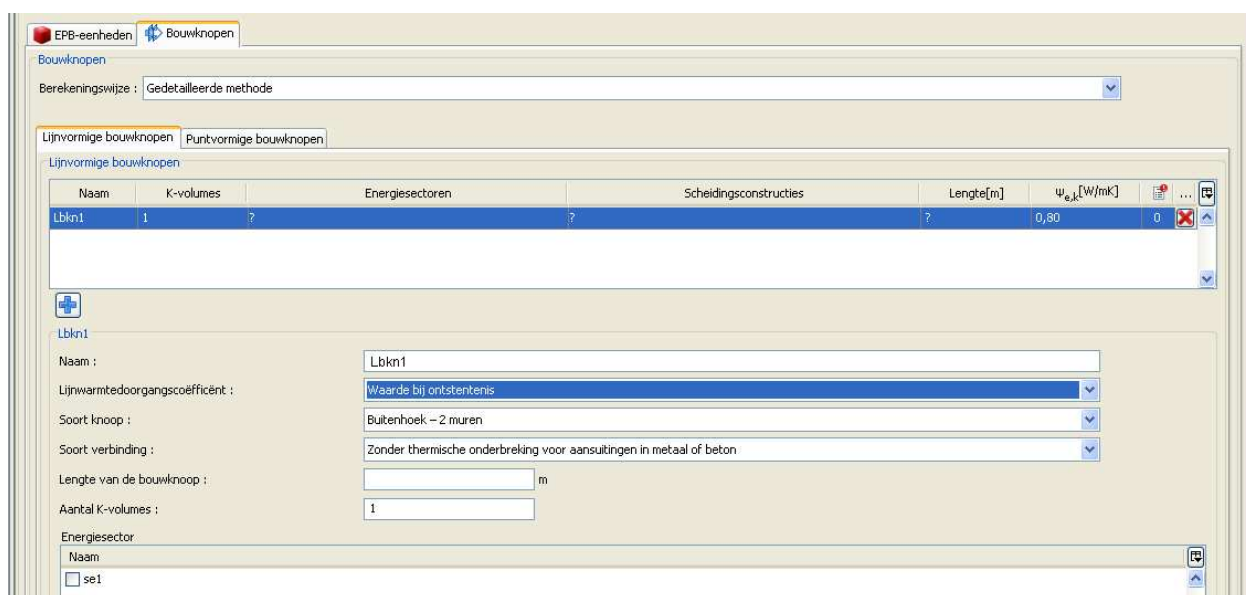
Voor de **gedetailleerde methode** zijn er twee tabs: lijnvormige bouwknopen en puntbouwknopen. Ongeacht of het nu om een lijnvormige of puntvormige bouwknop gaat, moet men voor elke bouwknop ofwel “Numerieke waarde” kiezen ofwel “Waarde bij ontstentenis” voor de lijnwarmtedoorgangscoefficiënt Ψ_e of de puntwarmtedoorgangscoefficiënt χ_e .

Kiest men de “Numerieke waarde”, dan moet de **exacte** waarde van Ψ_e en/of χ_e eerst volgens een gevalideerde numerieke berekening bepaald worden en manueel in de software ingevuld worden. Daarbij moet een stavingsstuk met deze berekening aangemaakt worden.

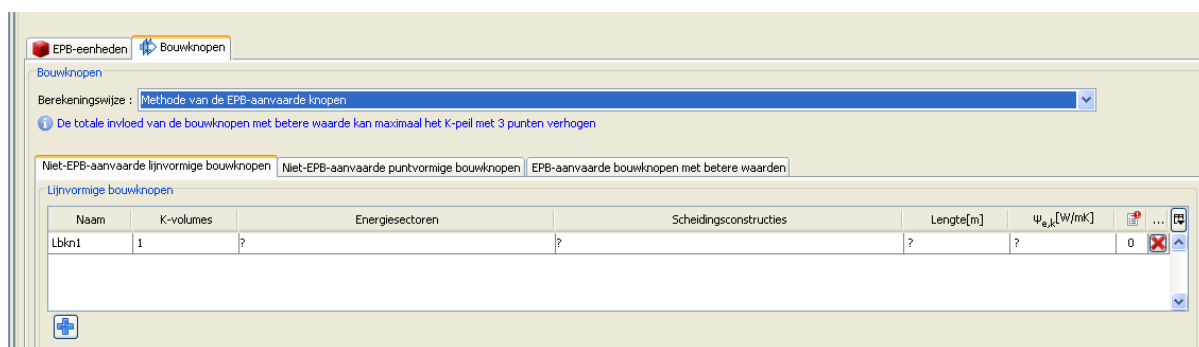


Kiest men de “Waarde per ontstentenis”, dan bepaalt de software een Ψ_e en/of χ_e in functie van het type van knop en het type van verbinding.





Voor de methode “**EPB-aanvaarde bouwknopen**” moet men eerst bepalen welke de EPB-aanvaarde bouwknopen zijn. De niet-EPB-aanvaarde bouwknopen moeten worden ingevoerd in de tab “Niet-EPB-aanvaarde lijnvormige bouwknopen” of “Niet-EPB-aanvaarde puntvormige bouwknopen”. Er is ook nog een derde tab “EPB-aanvaarde bouwknopen met betere waarden” waar men facultatief EPB-aanvaarde bouwknopen met betere waarden kan invoeren.



Voor de methode “**Forfaitaire toeslag**” moet men gewoon “Forfaitaire toeslag” kiezen.

