

VOORBEELDOEFENING

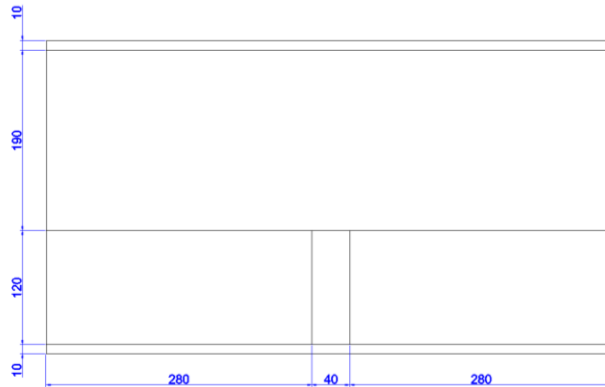
Numerieke berekening van de equivalente thermische transmissiecoëfficiënt (U_{2D}) en lineaire thermische transmissiecoëfficiënt (Ψ) van een repetitieve koudebrug



1. Data

De geometrie en eigenschappen van het element zijn van buiten naar binnen:

- buitenpleister (10 mm) ($\lambda=1$ W/mK)
- baksteen (190 mm) ($\lambda=0.9$ W/mK)
- Isolatie (120 mm) met houten stijlen (40 mm) hart-op-hart afstand van 600 mm ($\lambda=0.035$ W/mK, $\lambda=0.13$ W/mK)
- binnenpleister (10 mm) ($\lambda=0.43$ W/mK)



Randvoorwaarden (volgens EN 6946):

- $\theta_i = 20$ °C, met $h_{si} = 7.7$ W/m²K
- $\theta_e = 0$ °C, met $h_{se} = 25$ W/m²K






2. Vraagstelling

De isolatielaag is onderbroken door een stijl met een hogere warmtegeleidingscoëfficiënt. Dit veroorzaakt een tweedimensionaal warmtetransport, waardoor we de thermische transmissie coëfficiënt (U-waarde) van deze wand niet meer met een (1D) handberekening kunnen bepalen. We maken in deze oefening gebruik van een numeriek model (Trisco2D) om het 2D warmtetransport (Q_{2D}) doorheen deze eenvoudige wand te bepalen. Uit deze berekening leiden we twee "thermisch afgeleide grootheden" af:

- Ψ : lineaire transmissiecoëfficiënt van de stijl (W/mK)
- U_{2D} : equivalente transmissiecoëfficiënt van de wand + stijl (W/m²K)

Eerst geven we de geometrie van de wand in Trisco2D in. Vervolgens kennen we hier materiaaleigenschappen en randcondities aan toe. Tot slot wordt de gewenste output gedefinieerd (Ψ of U_{2D}) en wordt de numerieke berekening uitgevoerd.


3. Invoeren van de geometrie (= minimum grid) in Trisco2D

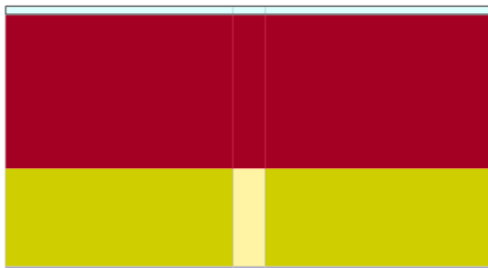
- Open Trisco2D en pas eventueel de grideenheid aan: *Grid* → *Grid Unit...*
- Activeer **Grid window** door met de linkermuis erin te klikken.
- Voeg een nieuwe rij toe in **Grid window**   ("insert before" or "insert after").
(Alternatief is gebruik van maken van de functies "set vertical grid line" en "set horizontal grid line"   en vervolgens de gewenste positie met de muis aan te klikken in het **Image window**.)
- In het **Grid window** kunnen de dimensies aangepast worden.
(Alternatief is verschuiven van de gridlijnen (move gridlines) )
- Na toekennen van de geometrie is het resultaat:



No.	ΔX [mm]	ΔY [mm]
0-1	280.000	10.000
1-2	40.000	190.000
2-3	280.000	120.000
3-4		10.000
Sum	600.000	330.000



4. Materiaaleigenschappen toekennen in Trisco2D

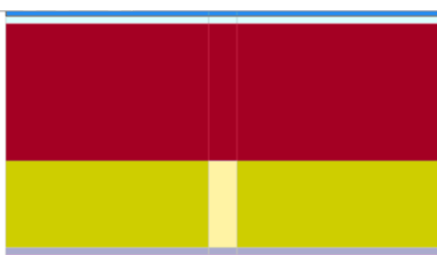
- Materialen en randcondities worden toegekend via gekleurde blokken
- Toon alle voorgedefineerde kleuren: *Select Colours* → *List Defined*
- Selecteer een kleur in de **Colours window** en voeg ze toe aan de figuur met de 'draw'-functie 
- Herhaal dit voor alle materialen volgens onderstaande lijst:



No.	Col.	Xmin	Xmax	Ymin	Ymax
1	145	0	3	3	4
2	151	0	3	2	3
3	15	1	2	2	3
4	180	0	3	1	2
5	57	0	3	0	1

5. Randcondities toekennen

- Randcondities worden op dezelfde manier toegekend met (gekleurde) blokken.
- Voeg eerst twee rijen toe in het **Grid window**:
 - o Klik op de eerste rij 0-1 ΔY in het **Grid window** en voeg een rij toe (ervoor): 
 - o Klik op de laatste rij 4-5 ΔY in het **Grid window** en voeg een rij toe (erna): 
- De gridafstand van deze cellen is niet belangrijk (neem bv 10mm aan). Enkel het contact van deze randconditie met de muur zal van belang zijn.
- Kleur op dezelfde manier de binnenomgeving (kleur 174) en buitenomgeving (kleur 170) in:



No.	Col.	Xmin	Xmax	Ymin	Ymax
1	145	0	3	4	5
2	151	0	3	3	4
3	15	1	2	3	4
4	180	0	3	2	3
5	57	0	3	1	2
6	170	0	3	0	1
7	174	0	3	5	6

No.	ΔX [mm]	ΔY [mm]
0-1	280.000	10.000
1-2	40.000	10.000
2-3	280.000	190.000
3-4		120.000
4-5		10.000
5-6		10.000
Sum	600.000	350.000

6. Selectie van de output: lineaire thermische transmissiecoëfficiënt (Ψ)

De lineaire thermische transmissiecoëfficiënt wordt bekomen uit:

$$\psi = \frac{Q_{koudebrug} - Q_{zonder koudebrug}}{\Delta T} = \frac{Q_{2D}}{\Delta T} - \frac{Q_{1D}}{\Delta T} = \frac{Q_{2D}}{\Delta T} - U \cdot l$$

Met hierin:

- $Q_{koudebrug}$: 2D warmtestroom met koudebrug (W/m) (Q_{2D})
 - $Q_{zonder koudebrug}$: 1D warmtestroom zonder koudebrug (zonder stijl) (W/m) (Q_{1D})
 - Ψ : lineaire thermische transmissie (W/mK)
 - Q_{2D} : 2D warmtestroom (W/m) ($=Q_{koudebrug}$)
 - ΔT : temperatuursverschil (K)
 - U : 1D U-waarde van het flankerend element
 - L : lengte flankerend element
- Selecteer de gewenste output:
Edit → *Derived Thermal Properties...* en selecteer "Linear thermal transmittance" **U**
 - Twee vensters openen (**Lengths of flanking elements window** en **U-values of flanking elements window**) waarin de lengte en U-waarde van het flankerende element (wand zonder stijl in dit geval) kunnen ingevoerd worden op basis van hun coördinaten.

No.	X1	Y1	X2	Y2	Length [m]
1	0	6	3	6	0.6
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0

No.	X1	Y1	X2	Y2	U [W/m²K]	Enforced U [W/m²K]
1	0	6	0	0	0.260	
2	0	0	0	0		
3	0	0	0	0		

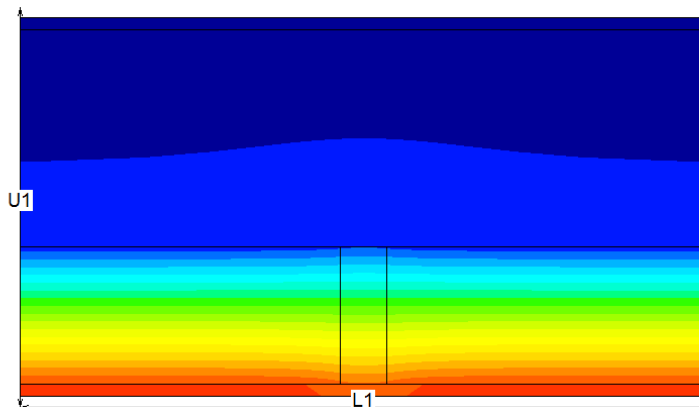
7. Berekening en output

- Start de berekening door op het toverstokje te drukken
- (automatisch zal het grid verfijnd worden tot een rekengrid)
- Na de berekening kan je kiezen tussen de visualisatie: (**Image window**)
 - Materialen **M**
 - Temperaturen **⊖**
 - Tonen van rekengrid
- Om de resultaten te zien:

Grafische output is beschikbaar via **Graphic Output window**

Graphic Output window: selecteer "Derived thermal properties" **U**

Tekstuele output is beschikbaar via **Text output window**



$$\psi = Q/(\theta_i - \theta_e) - U1 \cdot L1$$

$Q = 3.584 \text{ W/m}$
 $\theta_i = 20^\circ\text{C}$
 $\theta_e = 0^\circ\text{C}$
 $U1 = 0.260 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
 $L1 = 0.6 \text{ m}$

$$\psi = 0.023 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

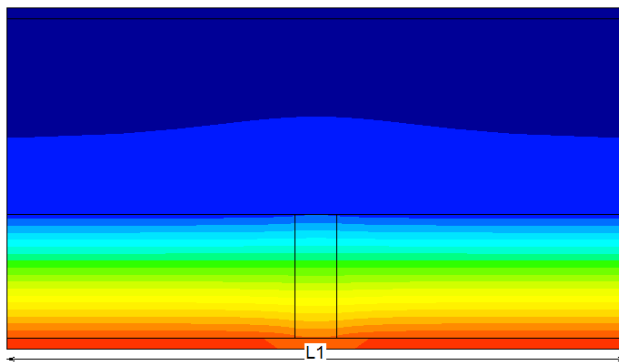
8. Selectie van de output: equivalente thermische transmissie (U_{2D})

- Gezien het een repetitieve koudebrug vormt kunnen we in dit voorbeeld de resultaten ook voorstellen als een equivalente thermische transmissie:

$$U_{2D} = \frac{Q_{2D}}{\Delta T \cdot l}$$

Met hierin:

- o U_{2D} : Equivalente thermische transmissie (W/m^2K)
 - o Q_{2D} : 2D warmtestroom (W/m)
 - o ΔT : temperatuurverschil (K)
 - o L : lengte element
- *Edit* → *Derived Thermal Properties...* → selecteer "Equivalent thermal transmittance"
 - Herhaal de stappen zoals in paragraaf 6 en 7 om het resultaat te bekijken:



$$U_{eq} = Q / ((\theta_i - \theta_e) \cdot L1)$$

$Q = 3.584 \text{ W/m}$
 $\theta_i = 20^\circ\text{C}$
 $\theta_e = 0^\circ\text{C}$
 $L1 = 0.6 \text{ m}$

$$U_{eq} = 0.299 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

9. Verband tussen U_{2D} , U en ψ

- Voor dit voorbeeld is het verband tussen de hierboven beschreven thermische grootheden:

$$U_{2D} = U_{1D} + \psi/l$$

- o U_{2D} : Equivalente thermische transmissie (W/m^2K)
- o U_{1D} : 1D U-waarde van het flankerend element (wand zonder stijl)
- o L : lengte van het element (hart-op-hart tussen twee stijlen)