

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



# **Konstrukcijska gradbena fizika**

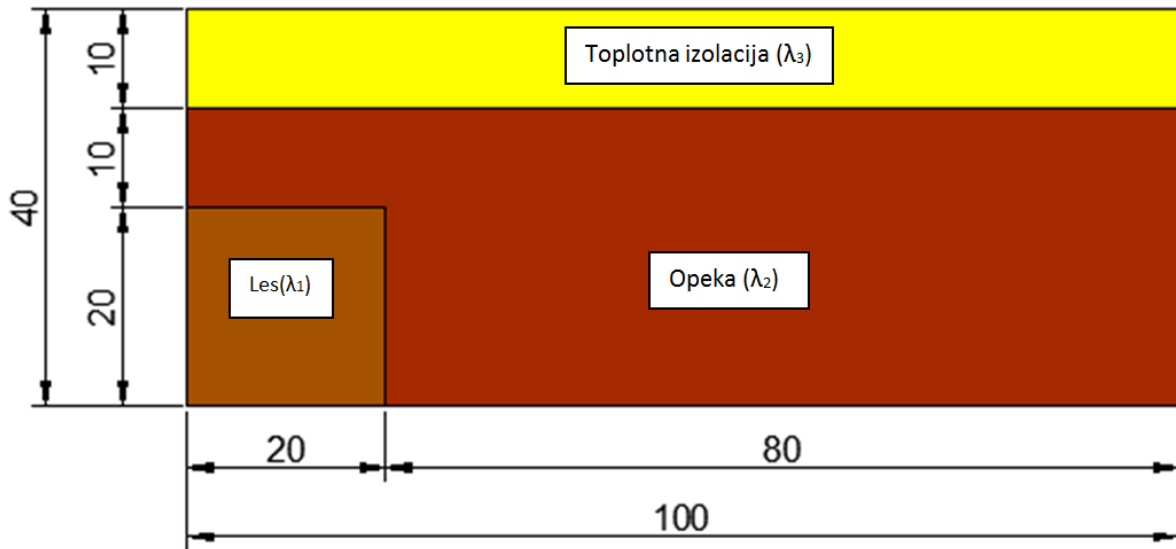
**Primerjava izračuna toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa  
s programom Therm in analitičnim izračunom**

***Avtorja:***

***Marko Kolenac in Mica Pagon***

***Ljubljana, 15.1.2014***

**1. Izračun toplotne prehodnosti nehomogenega konstrukcijskega sklopa z analitičnim izračunom**



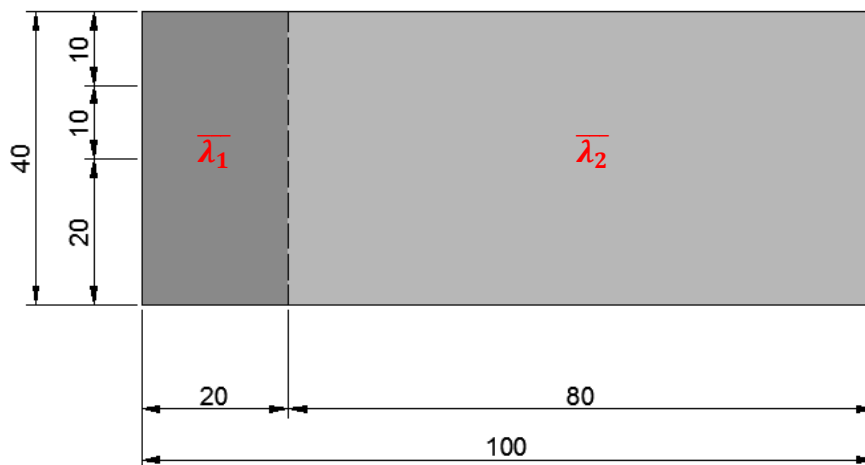
Slika 1: Obravnavani konstrukcijski sklop

Nehomogeni konstrukcijski sklop sestavlja (slika 1):

- leseni steber (20X20cm);  $\lambda_1=0,13$  W/mK
- opečna stena (d=40cm);  $\lambda_2=0,4$  W/mK
- toplotna izolacija (d=10cm);  $\lambda_3=0,04$  W/mK

Analični izračun po poenostavljeni metodi:

Predpostavili smo povprečne vrednosti za posamezen pas konstrukcijskega sklopa  $\bar{\lambda}_1$  in  $\bar{\lambda}_2$  (slika 2).



Slika 2: Izračun povprečne vrednosti toplotne prevodnosti za obravnavani konstrukcijski sklop

P... toplotni tok skozi konstrukcijski sklop

$\bar{\lambda}_1$ ... povprečna toplotna prevodnost za prvi presek konstrukcijskega sklopa

$\bar{\lambda}_2$ ... povprečna toplotna prevodnost za drugi presek konstrukcijskega sklopa

$\Delta T$ ... temperaturna razlika med notranjim in zunanjim zrakom

$R_{celotni}$ ... toplotna upornost konstrukcijskega sklopa

S... prečni presek konstrukcijskega sklopa

$$P = \frac{\Delta T}{R_{celotni}} = \frac{\Delta T}{\frac{d_1 + d_2}{\lambda_2 * S} + \frac{d_3}{\lambda_3 * S}} = \frac{S * \Delta T}{\frac{d_1 + d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3}} = \frac{\bar{\lambda}_2 * S * \Delta T}{\frac{d_1 + d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3}}$$

$$\bar{\lambda}_2 = (d_1 + d_2 + d_3) * \left( \frac{d_1 + d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} \right)^{-1} = \left( \frac{3}{4} * \frac{1}{0,4 \text{ W/mK}} + \frac{1}{4} * \frac{1}{0,04 \text{ W/mK}} \right)^{-1} = \mathbf{0,12 \text{ W/mK}}$$

$$\bar{\lambda}_1 = \left( \left( \frac{d_1}{d_1 + d_2 + d_3} \right) * \frac{1}{\lambda_1} + \left( \frac{d_2}{d_1 + d_2 + d_3} \right) * \frac{1}{\lambda_2} + \left( \frac{d_3}{d_1 + d_2 + d_3} \right) * \frac{1}{\lambda_3} \right)^{-1} \\ = \left( \frac{1}{2} * \frac{1}{0,13 \text{ W/mK}} + \frac{1}{4} * \frac{1}{0,4 \text{ W/mK}} + \frac{1}{4} * \frac{1}{0,04 \text{ W/mK}} \right)^{-1} = \mathbf{0,09 \text{ W/mK}}$$

$$P = \frac{\bar{\lambda}_1 * l_1 * H * \Delta T}{d} + \frac{\bar{\lambda}_2 * l_2 * H * \Delta T}{d} = U * (l_1 + l_2) * H * \Delta T$$

$$U = \frac{\bar{\lambda}_1}{d} * \frac{l_1}{l_1 + l_2} + \frac{\bar{\lambda}_2}{d} * \frac{l_2}{l_1 + l_2} = \frac{0,09 \text{ W/mK}}{0,4 \text{ m}} * \frac{20 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} + \frac{0,12 \text{ W/mK}}{0,4 \text{ m}} * \frac{80 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} = \mathbf{0,285 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa po analitični metodi je **0,285 W/m<sup>2</sup>K**.

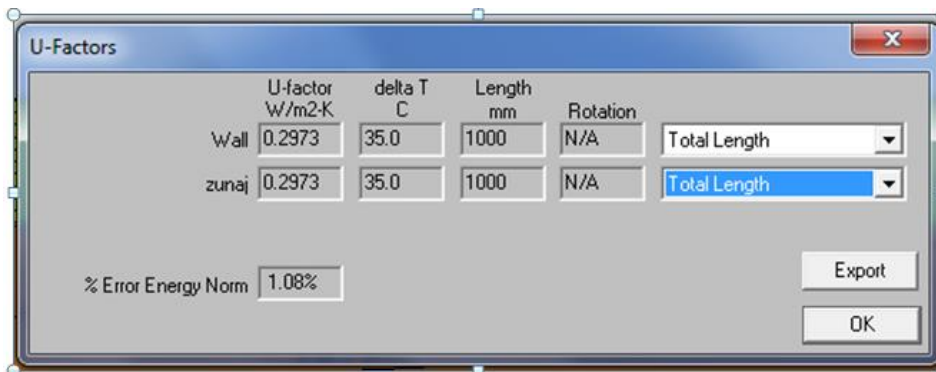
## 2. Izračun toplotne prehodnosti nehomogenega konstrukcijskega sklopa s programom THERM

Program *Therm* računa toplotno prehodnost po metodi končnih elementov. Za vnašanje dimenzij konstrukcijskega sklopa smo v program uvozili dwg risbo iz AutoCAD-a ter nato določili lastnosti posameznih materialov. Zaradi opcije, ki jo ponuja program (potek temperature po KS-ju), smo določili tudi projektne temperature:

- **Zunanja temperatura: -13°C**
- **Notranja temperatura: 22°C**

Vpliv prestopnih plasti na izračun smo zanemarili.

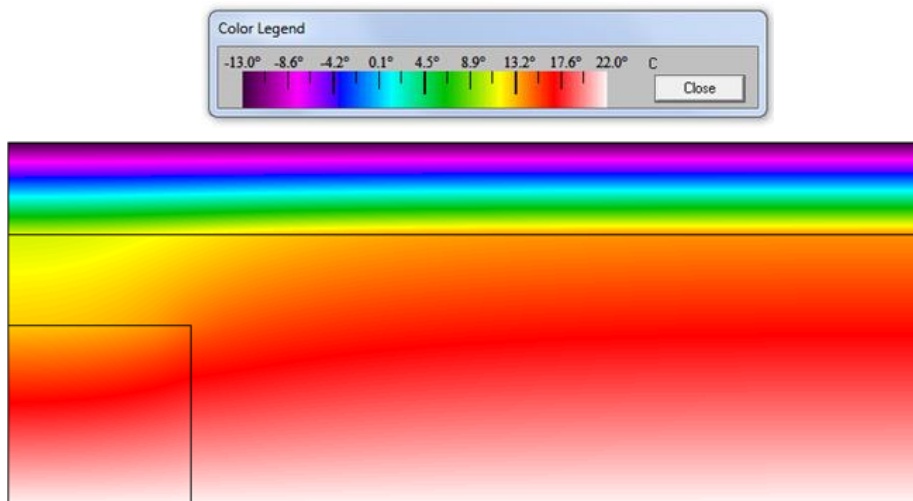
Rezultat izračuna toplotne prehodnosti s programom *Therm* je znašal  **$U=0,297 \text{ W/m}^2\text{K}$** .



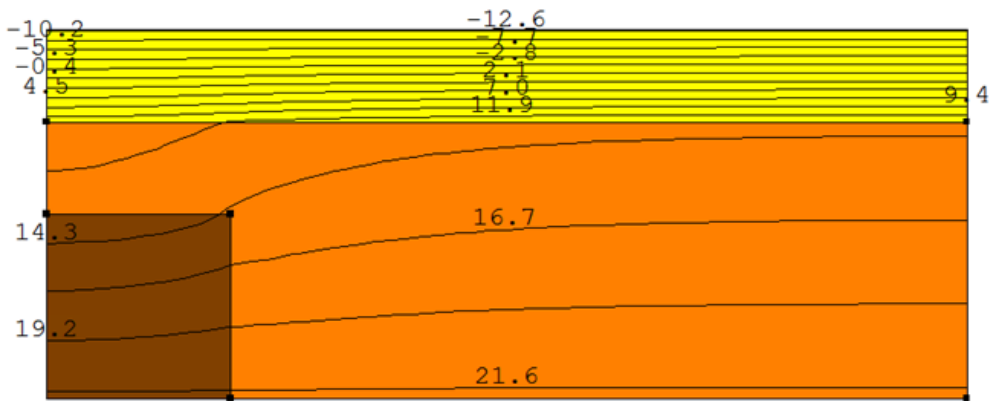
Slika 3: Rezultat programa THERM za toplotno prehodnost konstrukcijskega sklopa U

Pride do manjšega odstopanja v primerjavi z analitično metodo, kjer je toplotna prehodnost KS-ja znašala  $U=0,285 \text{ W/m}^2\text{K}$  oziroma za  **$0,012 \text{ W/m}^2\text{K}$** , kar je zanemarljivo malo.

Program THERM nam omogoča tudi izris poteka temperature po prerezu konstrukcijskega sklopa (slika 4 in 5).



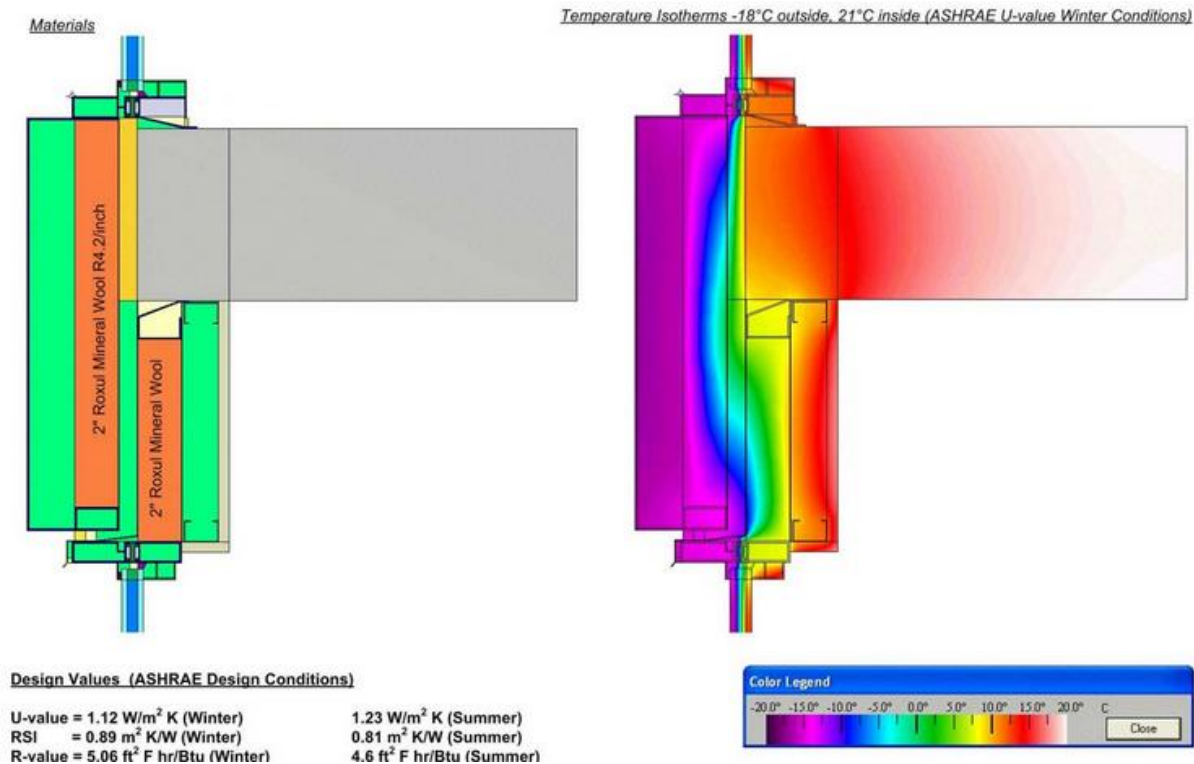
Slika 4: Potek temperature v konstrukcijskem sklopu



Slika 5: Izoterme v konstrukcijskem sklopu

Program THERM je zelo uporaben pri bolj zapletenih konstrukcijskih sklopih, kjer je analitična metoda izračuna nemogoča. Tukaj mislimo predvsem na okenske okvirje, križanja nosilnih konstrukcij (toplotni mostovi) in ostale primere kompleksnih nehomogenih konstrukcij.

Na sliki 6 je predstavljen primer analize, kjer analitični račun odpove.



Slika 6: Primer detajla analiziranega v programu Therm