

HŐVÉDELEM

Feladatok

Dr. Harmathy Norbert, PhD



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
Építészmérnöki Kar, Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék

1. Feladat

A. Határozd meg egy többrétegű falszerkezet hőátbocsátási tényezőjét!

B. Határozd meg a szerkezet hőveszteségét 1m^2 -re vetítve!

C. Határozd meg a rétegek határfelületeinek a hőmérsékletét és ábrázold a hőmérsékleteloszlást a szerkezetben!

A szerkezet rétegei belülről kifelé haladva rendre a következők:

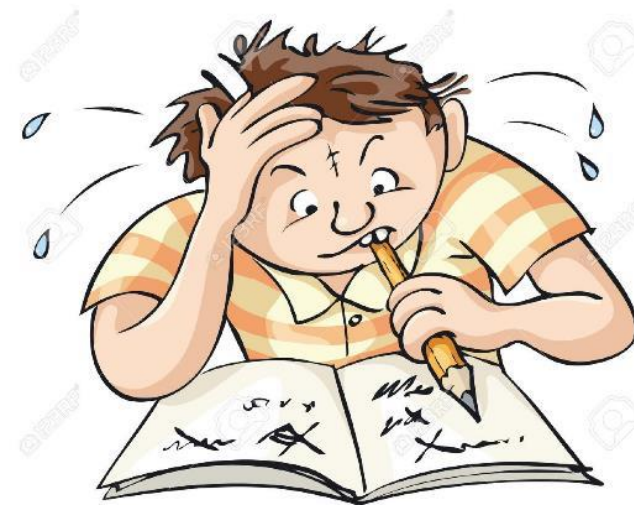
1. 1 cm vakolat: ($\lambda=0,81\text{ W/mK}$)
2. 38 cm téglafal: ($\lambda=1,31\text{ W/mK}$)
3. 2,5 cm vakolat: ($\lambda=0,81\text{ W/mK}$)

A belső oldali hőátadási tényező $\alpha_i = 8\text{ W/m}^2\text{K}$

A külső oldali hőátadási tényező $\alpha_e = 24\text{ W/m}^2\text{K}$

Belső léghőmérséklet 20°C

Külső léghőmérséklet -2°C



1. Feladat (A) U-érték

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_e}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,38}{1,31} + \frac{0,025}{0,81} + \frac{1}{24}} = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$$

1. Feladat (B) Hővesztés

$$q = \frac{\Delta t}{R} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

$$R = R_i + R_v + R_t + R_v + R_e$$

$$R = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_v}{\lambda_v} + \frac{d_t}{\lambda_t} + \frac{d_v}{\lambda_v} + \frac{1}{\alpha_e}$$

Eredmény:

$$R = 0,5 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$q = 44 \text{ W/m}^2 \quad \mathbf{Q = 44 \text{ W}}$$

1. Feladat (C) Hőmérsékleteloszlás

$$\Delta t_i = (t_i - t_{if}) = q \cdot R_i = q \cdot \frac{1}{\alpha_i}$$

5,5 °C

$$\Delta t_1 = (t_{if} - t_{12}) = q \cdot R_1 = q \cdot \frac{d_1}{\lambda_1}$$

0,5 °C

$$\Delta t_2 = (t_{12} - t_{23}) = q \cdot R_2 = q \cdot \frac{d_2}{\lambda_2}$$

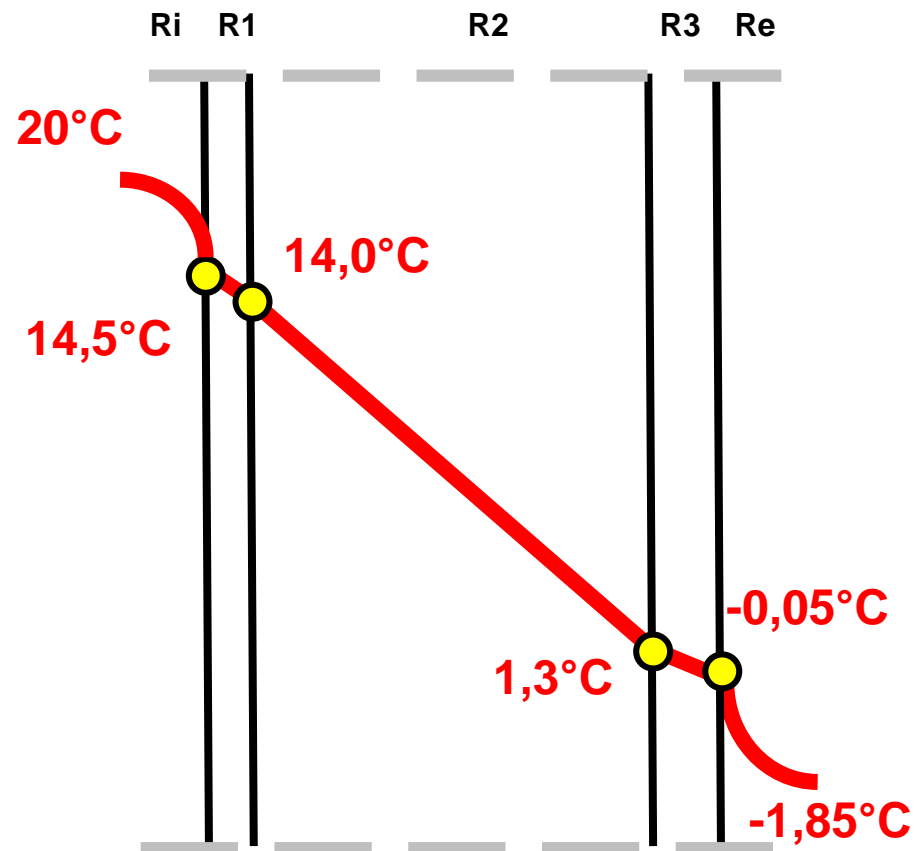
12,7 °C

$$\Delta t_3 = (t_{23} - t_{ef}) = q \cdot R_3 = q \cdot \frac{d_3}{\lambda_3}$$

1,35 °C

$$\Delta t_e = (t_{ef} - t_e) = q \cdot R_e = q \cdot \frac{1}{\alpha_e}$$

1,8 °C



2. Feladat

A. Határozd meg egy többrétegű falszerkezet hőátbocsátási tényezőjét!

B. Határozd meg a szerkezet hőveszteségét 1m^2 -re vetítve!

C. Határozd meg a rétegek határfelületeinek a hőmérsékletét és ábrázold a hőmérsékleteloszlást a szerkezetben!

A szerkezet rétegei belülről kifelé haladva rendre a következők:

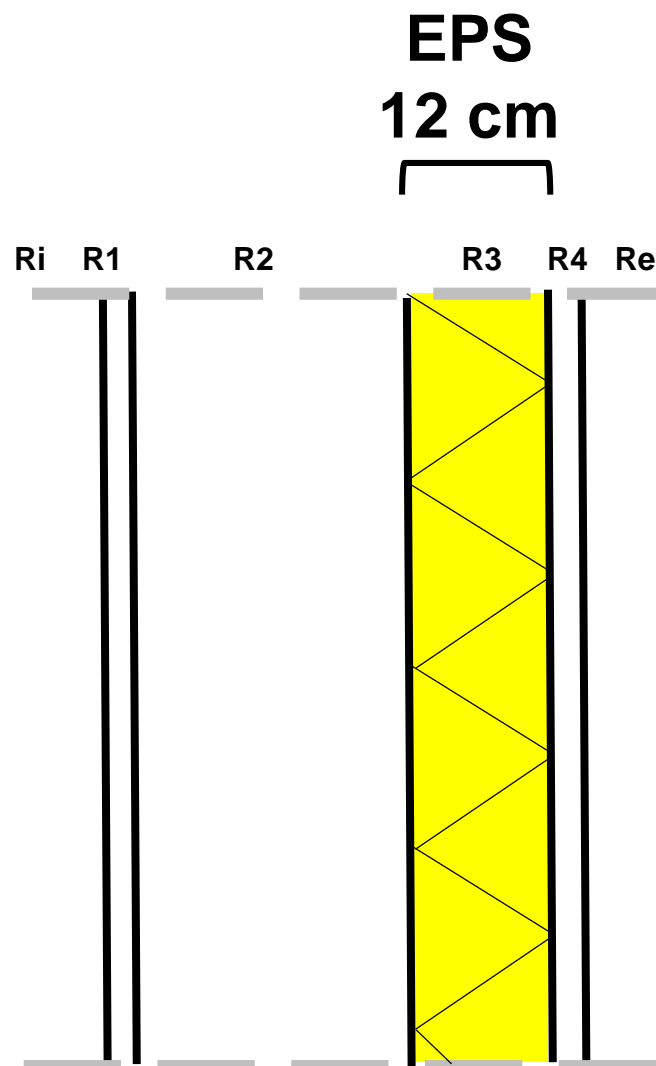
1. 1 cm vakolat: ($\lambda=0,81\text{ W/mK}$)
2. 38 cm téglafal: ($\lambda=1,31\text{ W/mK}$)
3. **12 cm EPS táblásított hőszigetelés** ($\lambda= 0,035\text{ W/mK}$)
4. 1 cm vakolat: ($\lambda=0,81\text{ W/mK}$)

A belső oldali hőátadási tényező $\alpha_i = 8\text{ W/m}^2\text{K}$

A külső oldali hőátadási tényező $\alpha_e = 24\text{ W/m}^2\text{K}$

Belső léghőmérséklet 20°C

Külső léghőmérséklet -2°C



2. Feladat (A) U-érték

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_e}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,38}{1,31} + \frac{0,12}{0,035} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{1}{24}} = 0.26 \text{W/m}^2\text{K}$$

2. Feladat (B) Hővesztés

$$q = \frac{\Delta t}{R} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

$$R = R_i + \Sigma R_{1-4} + R_e$$

$$R = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_e}$$

Eredmény:

$$R = 3.9 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$q = 5.64 \text{ W/m}^2$$

$$Q = 5.64 \text{ W}$$

2. Feladat (C) Hőmérsékleteloszlás

$$\Delta t_i = (t_i - t_{if}) = q \cdot R_i = q \cdot \frac{1}{\alpha_i}$$

0,7°C

$$\Delta t_1 = (t_{if} - t_{12}) = q \cdot R_1 = q \cdot \frac{d_1}{\lambda_1}$$

0,07°C

$$\Delta t_2 = (t_{12} - t_{23}) = q \cdot R_2 = q \cdot \frac{d_2}{\lambda_2}$$

1,63°C

$$\Delta t_3 = (t_{23} - t_{34}) = q \cdot R_3 = q \cdot \frac{d_3}{\lambda_3}$$

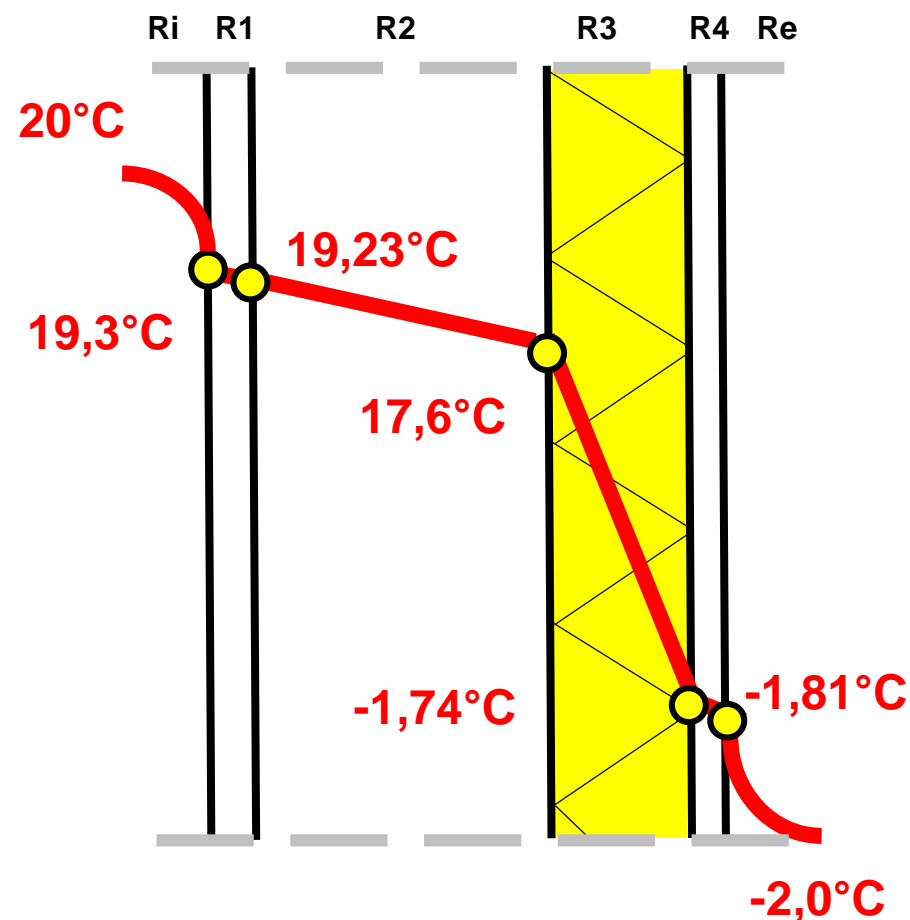
19,34°C

$$\Delta t_4 = (t_{34} - t_{ef}) = q \cdot R_4 = q \cdot \frac{d_4}{\lambda_4}$$

0,07°C

$$\Delta t_e = (t_{ef} - t_e) = q \cdot R_e = q \cdot \frac{1}{\alpha_e}$$

0,24°C

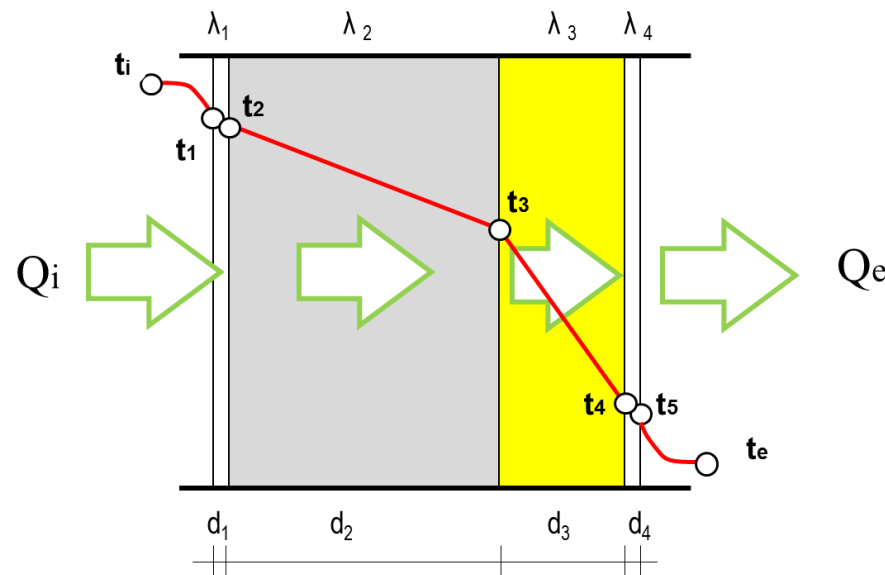


3. Feladat - Saját léptékben mért hőmérséklet

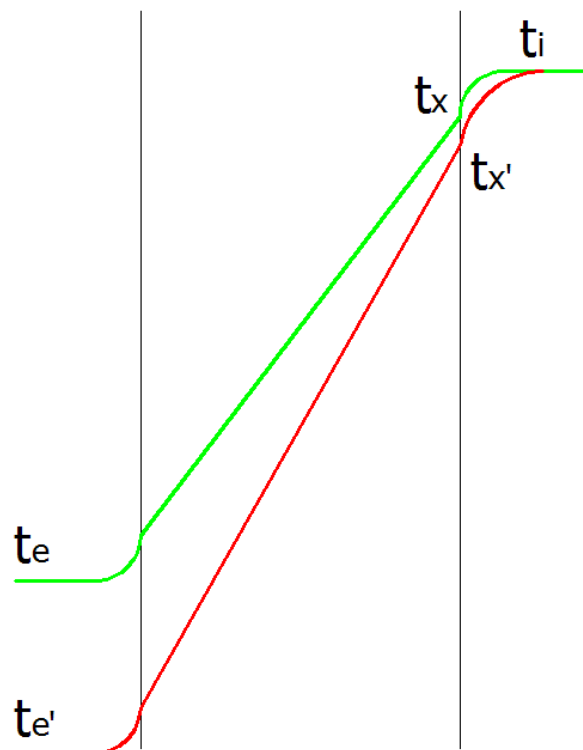
Egy falszerkezetben elvégzett mérések alapján a
 belső hőmérséklet $t_i = 20^\circ\text{C}$
 külső hőmérséklet $t_e = -10^\circ\text{C}$

Ezen a hőmérsékleten a mért belső felületi hőmérséklet $t_x = 18^\circ\text{C}$

Saját léptékben alkalmazott hőmérséklet alapján becsülje meg a belső felületi hőmérsékletet t_x' , $t_e' = -15^\circ\text{C}$ külső hőmérsékleten!



3. Feladat - Saját léptékben mért hőmérséklet



belső hőmérséklet $t_i = 20\text{ °C}$
 külső hőmérséklet $t_e = -10\text{ °C}$
 belső felületi hőmérséklet $t_x = 18\text{ °C}$

külső hőmérséklet $t_e' = -15\text{ °C}$
 belső felületi hőmérséklet $t_x' = ?$

$$\Theta_x = \frac{t_x - t_e}{t_i - t_e} \quad -1 \leq \Theta \leq 1$$

$$\Theta_x \approx \Theta'_x$$

$$t_x = t_e + \Theta_x (t_i - t_e)$$

3. Feladat - Saját léptékben mért hőmérséklet

Az előző kifejezésből a következő egyenlet alakul:

$$\Theta = \frac{t_x - t_e}{t_i - t_e} = \frac{18 - (-10)}{20 - (-10)} = \mathbf{0,93}$$

Feltételezzük, hogy a Θ állandó:

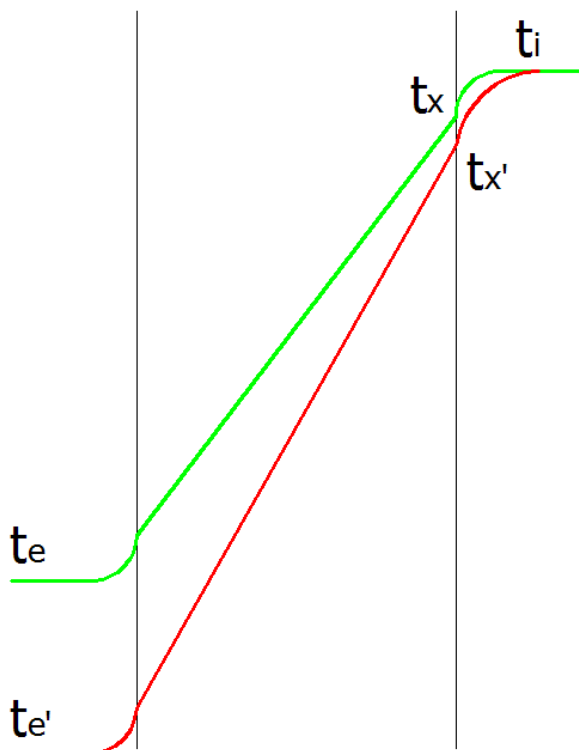
$$\Theta = \Theta' = 0,93$$

Amelyből:

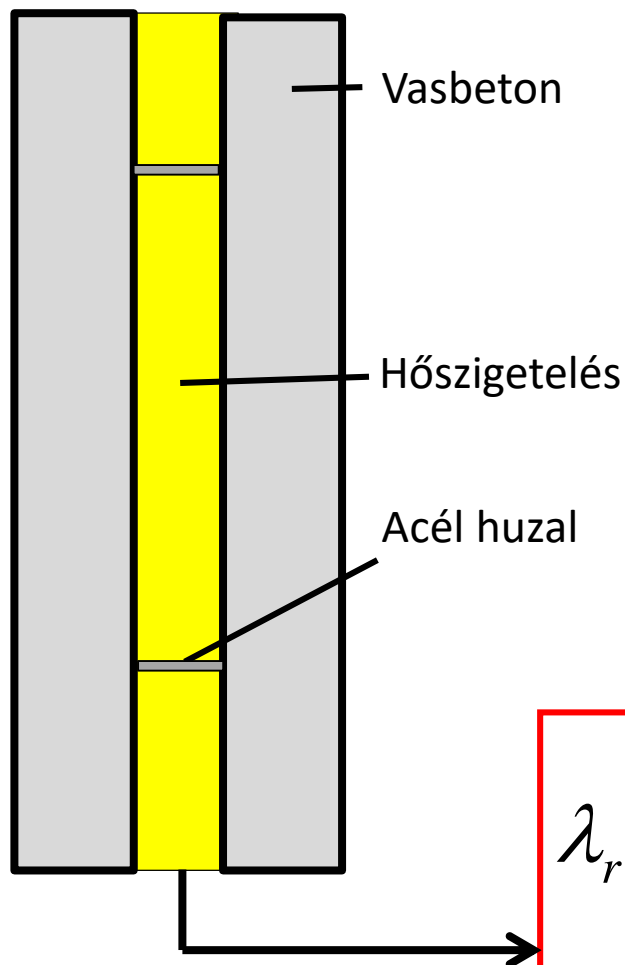
$$\Theta = \frac{t_x' - t_e'}{t_i - t_e'} = \frac{t_x' - (-15)}{20 - (-15)} = 0,93$$

A belső felületi hőmérséklet:

$$t_x' = \Theta \cdot (t_i - t_e') + t_e' = 0,93 \cdot 35 - 15 = 17,55^\circ\text{C}$$



4. Feladat – összetett szerkezet hőátbocsátási tényezője, pontszerű hőveszteség



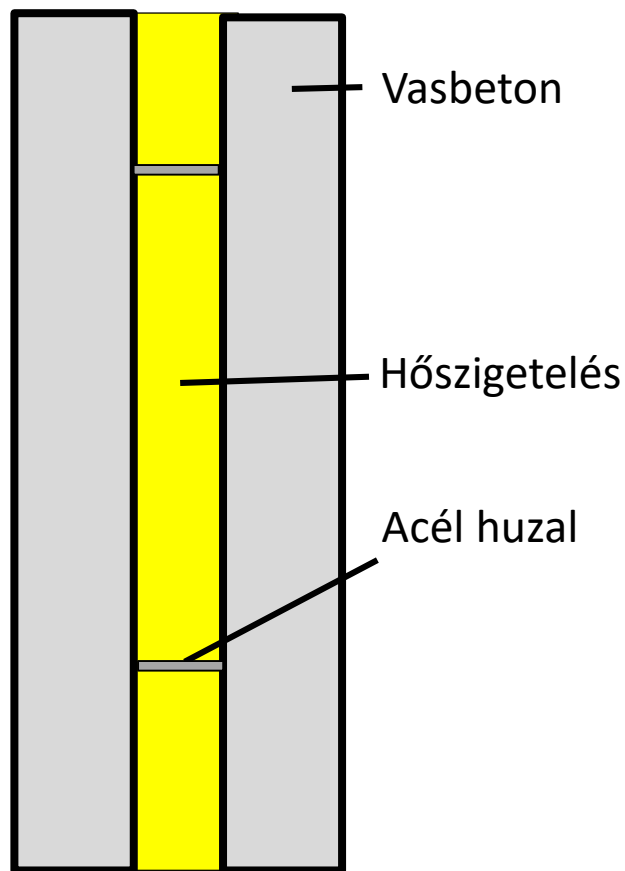
A szigetelésen áthatoló acél megerősítés növeli a szerkezet hővezetési tényezőjét.

Feltételezés:

- Az acél huzal felé merőleges hőátadás nincs

$$\lambda_r = \frac{\lambda_{szig} \cdot (1 + \kappa) \cdot A_{szig} + \lambda_{acél} \cdot A_{acél}}{A_{szig} + A_{acél}}$$

4. Feladat – az egyenértékű hővezetési tényező kiszámítása

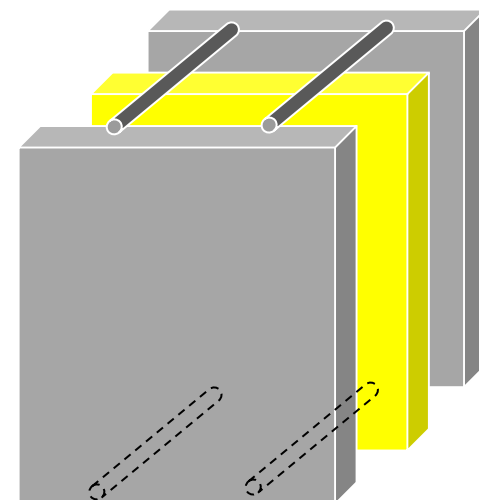


A szendvicspanel egy 8 cm-es EPS hőszigetelést tartalmaz két 15cm-es vasbeton réteg között.

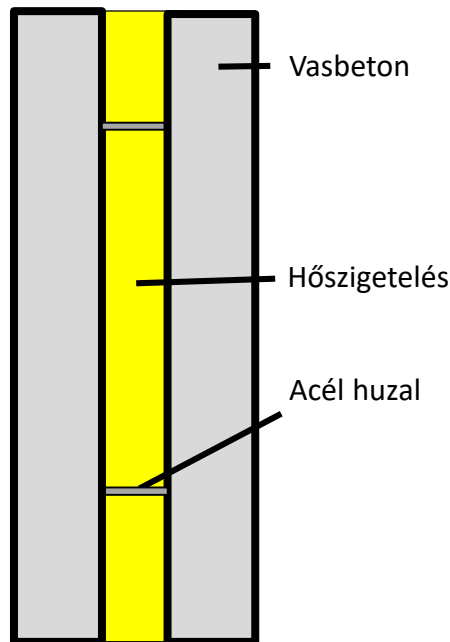
1m²-es felületen négy 16 mm-es átmérőjű acélhuzal helyezkedik el, amely áthatol az EPS hőszigetelésen.

Számoljuk ki a szerkezet hőátbocsátási tényezőjét mindkét esetre:

1. termikus pontok hatása nélkül,
2. beleértve a termikus pontok hatását.



4. Feladat – Az egyenértékű hővezetési tényező



Adatok (méret és hővezetési tényező)

1. Vasbeton panel 0,15m; 1,55W/mK

2. EPS hőszigetelés 0,08m; 0,04W/mK

3. Vasbeton panel 0,15m; 1,55 W/mK

Felület: $A=1\text{m}^2$

Hőátadási tényező: $\alpha_i=8\text{W/m}^2\text{K}$, $\alpha_e=25\text{W/m}^2\text{K}$

Ellenállás: $R_i=1/8=0,125\text{m}^2\text{K/W}$, $R_e=1/25=0,04\text{m}^2\text{K/W}$

Acél hővezetési tényezője: $\lambda = 58\text{W/mK}$

EPS hővezetési tényezője beépítési tényezővel

$\kappa=0,42$

$\lambda_{EPS}=\lambda_0 \cdot (1+\kappa)=0,04 \cdot (1+0,42)=0,0568\text{W/mK}$

$$\lambda_r = \frac{\lambda_{EPS} \cdot (A - A_{acél}) + \lambda_{acél} \cdot A_{acél}}{A}$$

$$\lambda_r = 0,1032 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

$$A_{acél} = 4 \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \pi = 4 \cdot \frac{D^2}{4} \pi = 0,016^2 \pi = 0,0008\text{m}^2$$

$$\frac{A_{acél}}{A} \approx 0$$

4. Feladat – Az egyenértékű hővezetési tényező

1: U-érték termikus pontok hatása nélkül

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + 2 \cdot \frac{b_{vb.}}{\lambda_{vb.}} + \frac{b_{EPS}}{\lambda_{EPS}} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0.3}{1.55} + \frac{0.08}{0.0568} + \frac{1}{25}} = 0.565 \frac{W}{m^2 K}$$

2: U-érték termikus pontok hatásával

36%

$$U_r = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + 2 \cdot \frac{b_{vb.}}{\lambda_{vb.}} + \frac{b_{EPS}}{\lambda_r} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0.3}{1.55} + \frac{0.08}{0.1032} + \frac{1}{25}} = 0.88 \frac{W}{m^2 K}$$

5. Feladat – Szerkezet hőtároló kapacitása

A tárolt hő arányos a hőmérséklet különbség, tömeg és fajlagos hőkapacitás (fajhő) szorzatával:

$$\Delta Q = M \cdot c \cdot \Delta t \quad [\text{kg}] \cdot [\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})] \cdot [\text{K}] = [\text{J}]$$

A nagyobb tömegű vagy nagyobb fajlagos hőtároló kapacitással rendelkező szerkezet kisebb hőmérsékletváltozás mellett nagyobb hőmennyiséget szabadít fel:

Az építőanyagot többségének a fajlagos hőkapacitása:

$$c = 0,85-0,95 \text{ kJ/kgK}$$

A fa fajlagos hőkapacitása viszont: $c = 1,7-3,0 \text{ kJ/kgK}$.

Az aktív mélység termikus ellenállásban mérendő, 24 órás időszakban.
(egyszerűsített módszer)

$$R = 0.15 \text{ m}^2 \text{K/W}$$

Az előző szabály szerint az aktív réteg vastagsága:

$$d_i = \lambda_i \cdot R = \lambda_i \cdot 0.15 [\text{m}]$$

5. Feladat – Szerkezet hőtároló kapacitása

1. Állapítsd meg a téglafal aktív hőtároló zónáját!
2. Mekkora 5m² falszerkezet hőtároló kapacitása?

$$d_i = \lambda_i \cdot R = \lambda_i \cdot 0.15 [\text{m}]$$

$$d_i = 1,31 \cdot 0,15 = 0,19 \text{ m}$$

$$\Delta Q = M \cdot c \cdot \Delta t$$

$$\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$c = 0,9 \text{ kJ/kgK}$$

$$\Delta t = 1,7 \text{ }^\circ\text{C [K]}$$

$$\Delta Q = M \cdot c \cdot \Delta t = 0,19 \text{ m} \cdot 5 \text{ m}^2 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,9 \text{ kJ/kgK} \cdot 1,7 \text{ K}$$

$$\Delta Q = 3488 \text{ kJ}$$

