

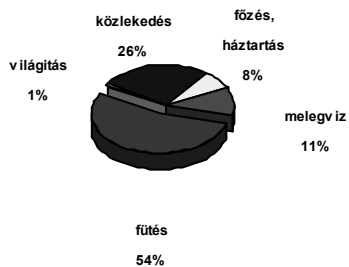
Az épületfizika tárgya

Az épületfizika tantárgy törzsanyagában szereplő témák

A tárgyalt jelenségek zöme transzportfolyamat
Lényege: valamilyen potenciálkülönbség miatt valami áramlik
Az épületfizikában vizsgált transzportfolyamatok
- hő
hőmérsékletkülönbség hatására
- vízgőz
parciális nyomáskülönbség hatására
- levegő
nyomáskülönbség hatására

A transzportfolyamatok vizsgálatának célja:
• az áramok pillanatnyi értékének meghatározása \Rightarrow épületgépészeti rendszerek beépítendő teljesítménye
• az áramok integrálértékének meghatározása \Rightarrow fogyasztás
• a potenciáeloszlások meghatározása \Rightarrow állagvédelem
• a jó hőérzeti feltételek és belső levegőminőség biztosítása

Az építészeti és szerkezettervezés célja többek között a fogyasztás csökkentése az észszerűség határáig, az állagvédelem és a megfelelő komfort biztosítása.



A HAZAI LAKOSSÁGI ENERGIAFOGYÁSTÁS MEGOSZLÁSA

”A FÉNY, A HŐ, A NAPSUGÁRZÁS AZ ÉPÍTÉSZET ANYAGAI, AMELYEKET UGYANOLYAN GONDOSAN KELL TERVEZNI, MINT A BETONT VAGY AZ ACÉLT”

M. Papadopoulos

”EZEKNEK NEM A STÍLUST KELL BEFOLYÁSOLNIUK, NEM VALAMI HOZZÁTOLDOTT MÓDON KELL MEGJELENNIÜK, HANEM A LÉNYEGET KELL MEGHATÁROZNIUK.”

A. Tombazis

Hőtranszport a határolószerkezetekben

Sugárzást át nem bocsátó szerkezetek
 „opaque” szerkezetek
(azért nem „átlátszatlan”, mert nemcsak a látható, hanem az infrasugárzás is szerepel)

Miért „**hőtranszport**” ?

mert többféle folyamat játszódik le

- **vezetés** szilárd anyagban, nyugalomban lévő folyadékban, gázban
*azaz a határolószerkezet szilárd anyagú rétegeiben
kis vastagságú vízszintes légrétegekben, iránytól függően*
- **átadás** felület és áramló levegő között
*helyiség levegője és belső felület között
ahol a levegő jellemzően a hőmérsékletkülönbség miatt mozog
külső levegő és külső felület között
ahol a szélhatás miatt még intenzívebb a légmozgás*
- **sugárzás** két olyan felület között, amelyek egymást „látják”
*belső térhatarolás és külső határolás belső felületei között
külső felületek és talaj, burkolat, más épületek között
külső felületek és égbolt között
külső felületek és a Nap között
belső felületek és a Nap között transzparens szerkezeteken át*

Ezek a folyamatok gyakran „keverednek”, például egy felületen átadás és sugárzás, egy laza szálás hőszigetelésben vezetés és átadás, egy légrétegben vezetés, átadás és a szembenéző felületek között sugárzás

További lehetséges forma: a levegő valahonnan valahová áramlik vagy hőmérsékletkülönbség vagy kényszer (pl. szél, szellőztető berendezés) hatására és az áramló levegő hőt is szállít - ez a *konvektív* transzport. Előfordul légrétegben, laza szálás hőszigetelő anyagokban.

Hővezetés: az anyag jellemzője

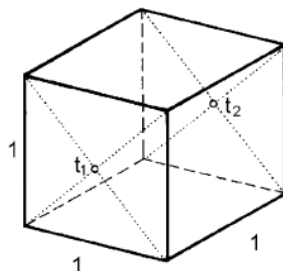
Értelmezése: egységnyi élhosszúságú kocka, két szemközti felülete között egységnyi hőmérsékletkülönbség

A **hővezetési tényező az időegység alatt átjutó hő mennyisége**

Mértékegysége

$$\frac{J}{smK} = \frac{W}{mK}$$

Jele λ



A hővezetési tényező nagyságrendje:

kis sűrűségű (15-20 kg/m ³) hőszigetelő anyagok:	0,035-0,040
nagyobb sűrűségű hőszigetelő anyagok	0,1-0,2
könnyű falazóelemek:	0,3-0,6
tégla	0,6-0,9
könnyű beton (1200-1800 kg/m ³)	0,4-0,8
vasbeton	1,55
acél	58
aluminium	185

Tendencia: könnyebb anyag \square kisebb hővezetési tényező
 Izotróp anyag: a hővezetési tényező nem függ az iránytól
 Anizotróp anyag: a vezetés irányfüggő (fa)

A hővezetési tényező nem állandó: függ az anyag nedvességtartalmától, esetleges roskadástól, tömörödéstől (önsúly, más réteg, helyzete), hőmérséklettől.
 λ deklarált értéke: gyári új állapotban
 λ tervezési értéke: beépített állapotban, az előbbi hatások alatt

$$\lambda_{tervezési} = \lambda_{deklarált} (1 + \sum \kappa)$$

A különbség többször 10 % is lehet !
 Mi történik a szilvával, midőn lekvár lesz belőle ?
 És mi történik a hőszigeteléssel, ha sablonban szendvicspanel készül ?

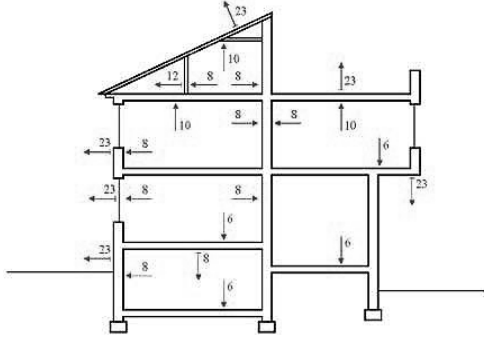
A határolószervezetek többnyire párhuzamos síklapokkal határoltak, amelyek hőmérsékletei különböznek. A hőáram ezek síkjára merőlegesen, egy irányban áramlik (*egydimenziós*). A hőmérsékletek időben állandóak, a hőáram *stationer*. A hőáram egyenesen arányos a hőmérsékletkülönbséggel és a hővezetési tényezővel, fordítottan a réteg vastagságával. Egységnyi homlokfelületre

$$q = \frac{\lambda}{d} (t_1 - t_2) W / m^2$$

A réteg jellemzője a vezetési ellenállás $R = \frac{d}{\lambda} m^2 K / W$

Több réteg esetén az egyes rétegek ellenállásai összegeződnek (az egyszerű Ohm törvény analógiájára)

A felület és a környezet közötti hőcserét a hőátadási tényező jellemzi. Jele α (h), mértékegysége W/m^2K , a belső oldalra i , a külsőre e indexek utalnak. A hőátadási tényezők reciprokai a felületi ellenállások: R_i, R_e . *Átadásra és sugárzásra együtt jellemző értékek.*



A teljes ellenállás

$$R_{\sigma} = R_i + \sum R_j + R_e$$

Ennek reciproka $k = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^{j=n} R_j + R_e} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^{j=n} \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}}$

a hőátbocsátási tényező (k, U), mértékegysége W/m^2K

Jellemző értékek:

fal:	0,4 - 0,7
felső zárófödém:	0,1 - 0,4
alsó zárófödém:	0,5 - 0,9
ablak	1,5 - 2,8

A hőátbocsátási tényező ismeretében a hőáram számítható. Az épületből távozó összes hőáram (transzmissziós hővesztés):

$$Q = \sum A_j \cdot k_j \cdot (t_i - t_e)$$

A hőáram ismeretén túl állagvédelmi szempontból szükséges a keresztmetszetben kialakuló hőmérsékleteloszlás ismerete is (páralecsapódás a belső felületen, a kapillárisokban, a szerkezet belsejében, fagyhatár).

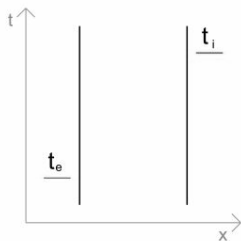
A hőmérsékleteloszlás meghatározásának elve:

- az áram bármely, a homlokfelülettel párhuzamos síkban ugyanakkora,
- vagyis minden rétegen ugyanaz az áram halad át,
- és ugyanez az áram halad át a belső és a külső felületen is. Ugyanakkora áram „áthajtásához” annál nagyobb hőmérsékletkülönbség kell, minél nagyobb az áramút adott szakaszának az ellenállása.

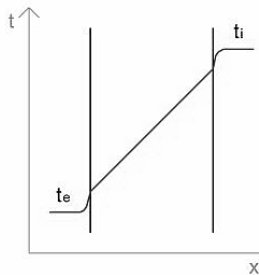
⇨ Az egy szakaszra jutó hőmérsékletkülönbség úgy aránylik a teljes $(t_i - t_e)$ hőmérsékletkülönbséghez, ahogyan a szakasz ellenállása aránylik a teljes hőátbocsátási ellenálláshoz:

$$R_j / R_{\sigma} = \Delta t_j / (t_i - t_e)$$

A szakaszhatárokon a hőmérsékletet tehát úgy állapítjuk meg, hogy a teljes hőmérsékletkülönbséget a szakasz-ellenállások arányában felosztjuk. Tekintsük a belső és a külső hőmérséklet tervezési értékeit: egyrétegű fal esetén különbségüket három részre kell osztani aszerint, hogy a két felületi ellenállás és a fal vezetési ellenállása hogyan aránylik az összes ellenálláshoz.



Egy homogén anyagú rétegben a hőmérsékleteloszlás egyenes mentén változik. A felületek mentén a hőmérséklet a felülettel érintkező igen vékony *határrétegben* változik. Részletek nélkül ezt csak egy ívvel jelezzük, ennek a felületet ábrázoló vonal az érintője.

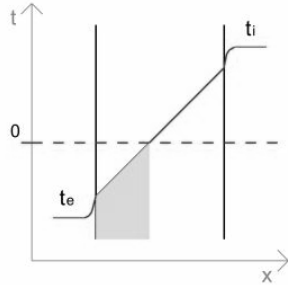


A hőmérsékleteloszlás vonalának meredeksége arányos a hőárammal amely -egységnyi homlokfelületre - a következő formában is felírható:

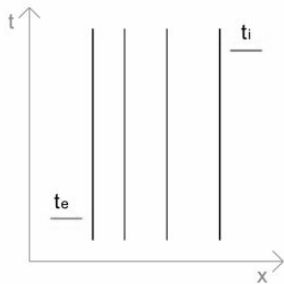
$$q = \frac{\lambda}{d}(t_1 - t_2) = \lambda \frac{t_1 - t_2}{d}$$

Az utóbbi formában a képletben szereplő hányados az adott $x - t$ koordinátarendszerben a *vonala meredeksége*.
 Időben állandósult folyamat esetén egy rétegből annyi áram távozik, amennyi abba lép, az áram az x tengely mentén *nem* változik. Ezért, amíg λ nem változik (az anyag homogén), addig a vonal meredeksége sem változik \Rightarrow homogén rétegben az eloszlás lineáris. A réteghatárokon λ változik, ezzel a meredekség is változik - de a szorzati-azaz az áram - nem !

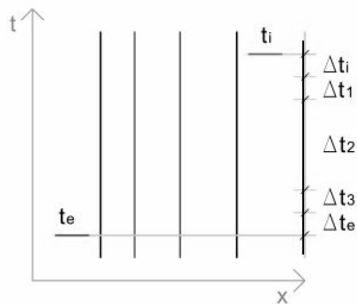
A hőmérsékleteloszlás ismeretében a fagyhatár kijelölhető.
 (Megjegyzendő, hogy a pórusokban -azok méretétől függően a H₂O 0 °C-nál alacsonyabb hőmérsékleten lesz szilárd halmazállapotú.)



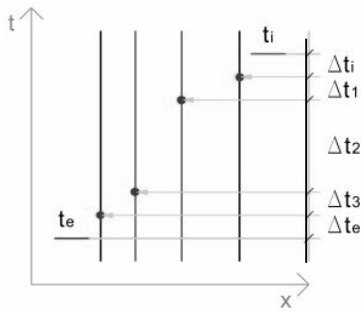
Elvileg nem változik a kép akkor sem, ha a szerkezet többretegű. A kiinduló adatpár a belső és a külső hőmérséklet tervezési értéke:



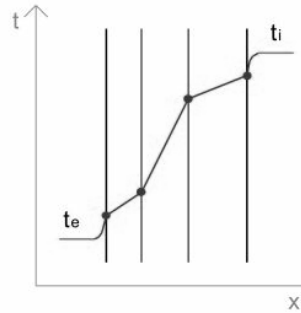
A teljes hőmérsékletkülönbséget felosztjuk az ellenállások arányában



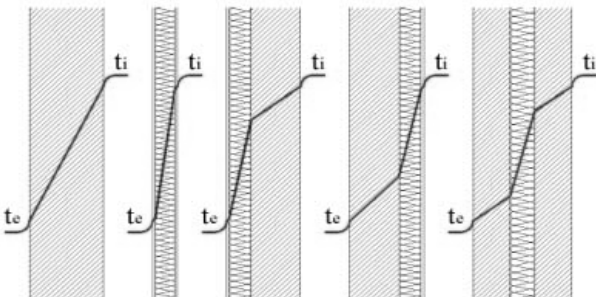
A felületeken és a réteghatárokon jelöljük a t értékeket:



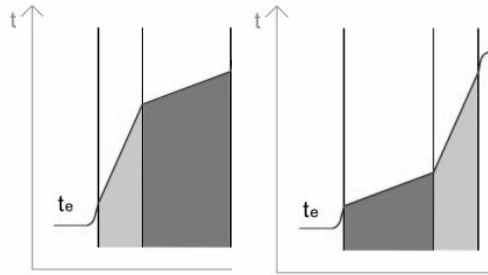
A réteghatárokon kijelölt pontokat egy-egy rétegen belül egyenesekkel összekötjük - a szakaszok meredeksége azonnal mutatja, hol van hőszigetelő réteg:

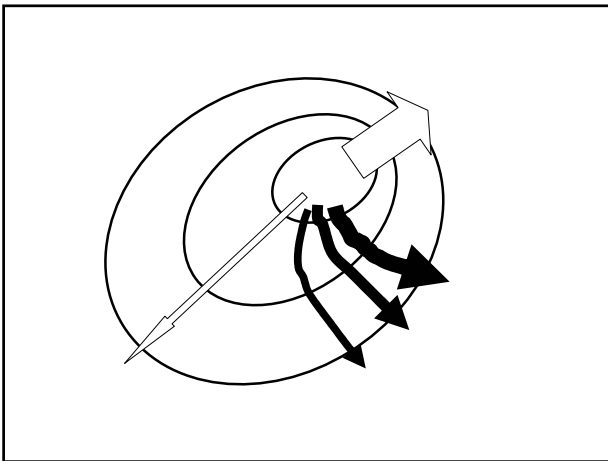


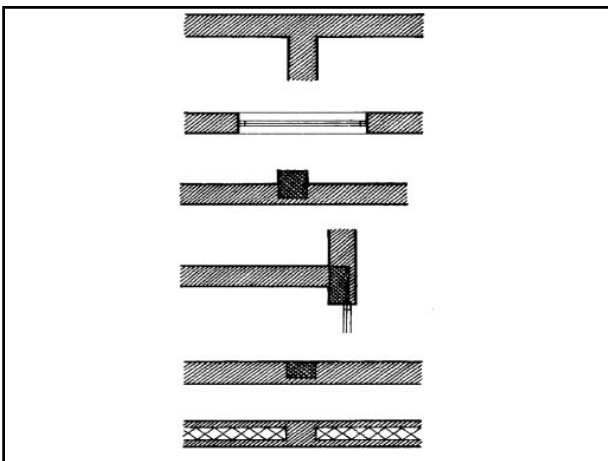
Jellemző hőmérsékleteloszlások: egyrétegű, külső, belső és közbelső hőszigetelés.
A felületeknél a hőmérsékletkülönbség annál kisebb, minél nagyobb a teljes szerkezet hőátbocsátási ellenállása

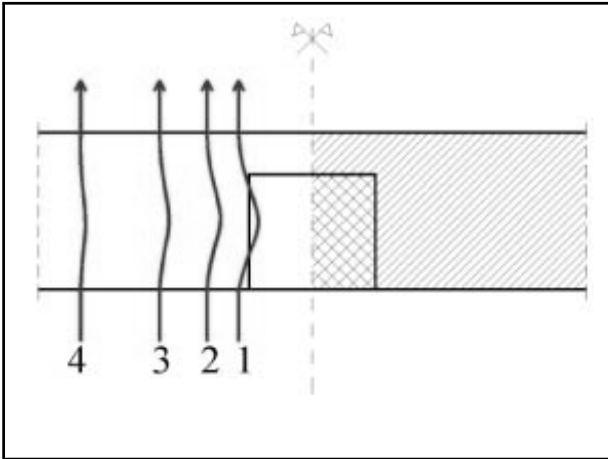


A valóságban időben változó folyamatok szempontjából fontos, hogy a szerkezet mennyi hőt tárol - ez nagyban függ a rétegsorrendtől!









Hőhidak - falsarok

<ul style="list-style-type: none"> o B30 falazat (tégla + gipszvakolat) o $\lambda_{B30} = 0.64 \text{ W/mK}$ o $\lambda_{vak} = 0.34 \text{ W/mK}$ o $k_f = 0.15 \text{ W/mK}$ o $t_e (t_e = -2^\circ\text{C}) = 10.7^\circ\text{C}$ o $t (t_e = -2^\circ\text{C}) = 14.2^\circ\text{C}$ o A vizsgált falszakasz hővesztése : 62.4w/m 	<ul style="list-style-type: none"> o B30 falazat (+ 5cm expandált polisztirol) o $\lambda_{B30} = 0.64 \text{ W/mK}$ o $\lambda_{vak} = 0.054 \text{ W/mK}$ o $k_f = 0.19 \text{ W/mK}$ o $t_e (t_e = -2^\circ\text{C}) = 14.8^\circ\text{C}$ o $t (t_e = -2^\circ\text{C}) = 17.3^\circ\text{C}$ o A vizsgált falszakasz hővesztése : 30.5w/m
--	---

Visselátás - Csáfordi

Hőhidak - falsarok

<ul style="list-style-type: none"> o B30 falazat (+ 5cm exp.pol kívü) o $\lambda_{B30} = 0.64 \text{ W/mK}$ o $\lambda_{vak} = 0.054 \text{ W/mK}$ o $k_f = 0.19 \text{ W/mK}$ o $t_e (t_e = -2^\circ\text{C}) = 14.8^\circ\text{C}$ o $t (t_e = -2^\circ\text{C}) = 17.3^\circ\text{C}$ o A vizsgált falszakasz hővesztése : 30.5w/m 	<ul style="list-style-type: none"> o B30 falazat (tégla + gipszvakolat) o $\lambda_{B30} = 0.64 \text{ W/mK}$ o $\lambda_{vak} = 0.054 \text{ W/mK}$ o $k_f = 0.05 \text{ W/mK}$ o $t_e (t_e = -2^\circ\text{C}) = 10.7^\circ\text{C}$ o $t (t_e = -2^\circ\text{C}) = 14.2^\circ\text{C}$ o A vizsgált falszakasz hővesztése : 62.4w/m
--	---

Visselátás - Csáfordi

Hídak – vb fődém(25cm), Porotherm NF30

NEV	LEÍRÁS	LEVEGŐ	FAZIS	HOSSZSÁG
A	Mezőfal	0.10	0	1.00
B	Mezőfal	0.20	0	0.10
C	Mezőfal	0.15	0	0.10
D	Mezőfal	0.15	0	0.10
E	Mezőfal	0.15	0	0.10
F	Mezőfal	0.15	0	0.10
G	Mezőfal	0.15	0	0.10
H	Mezőfal	0.15	0	0.10
I	Mezőfal	0.15	0	0.10
J	Mezőfal	0.15	0	0.10
K	Mezőfal	0.15	0	0.10
L	Mezőfal	0.15	0	0.10
M	Mezőfal	0.15	0	0.10
N	Mezőfal	0.15	0	0.10
O	Mezőfal	0.15	0	0.10
P	Mezőfal	0.15	0	0.10
Q	Mezőfal	0.15	0	0.10
R	Mezőfal	0.15	0	0.10
S	Mezőfal	0.15	0	0.10
T	Mezőfal	0.15	0	0.10
U	Mezőfal	0.15	0	0.10
V	Mezőfal	0.15	0	0.10
W	Mezőfal	0.15	0	0.10
X	Mezőfal	0.15	0	0.10
Y	Mezőfal	0.15	0	0.10
Z	Mezőfal	0.15	0	0.10

A külső fal „meleg” a padló „hideg”
($k_f=0.90$)

Visselátás - Csatornázás

Hídak – vb fődém(25cm), Porotherm NF30

NEV	LEÍRÁS	LEVEGŐ	FAZIS	HOSSZSÁG
A	Mezőfal	0.10	0	1.00
B	Mezőfal	0.20	0	0.10
C	Mezőfal	0.15	0	0.10
D	Mezőfal	0.15	0	0.10
E	Mezőfal	0.15	0	0.10
F	Mezőfal	0.15	0	0.10
G	Mezőfal	0.15	0	0.10
H	Mezőfal	0.15	0	0.10
I	Mezőfal	0.15	0	0.10
J	Mezőfal	0.15	0	0.10
K	Mezőfal	0.15	0	0.10
L	Mezőfal	0.15	0	0.10
M	Mezőfal	0.15	0	0.10
N	Mezőfal	0.15	0	0.10
O	Mezőfal	0.15	0	0.10
P	Mezőfal	0.15	0	0.10
Q	Mezőfal	0.15	0	0.10
R	Mezőfal	0.15	0	0.10
S	Mezőfal	0.15	0	0.10
T	Mezőfal	0.15	0	0.10
U	Mezőfal	0.15	0	0.10
V	Mezőfal	0.15	0	0.10
W	Mezőfal	0.15	0	0.10
X	Mezőfal	0.15	0	0.10
Y	Mezőfal	0.15	0	0.10
Z	Mezőfal	0.15	0	0.10

5cm exp. pol. Hőhid megszakítás. ($k_f=0.47$)

Visselátás - Csatornázás

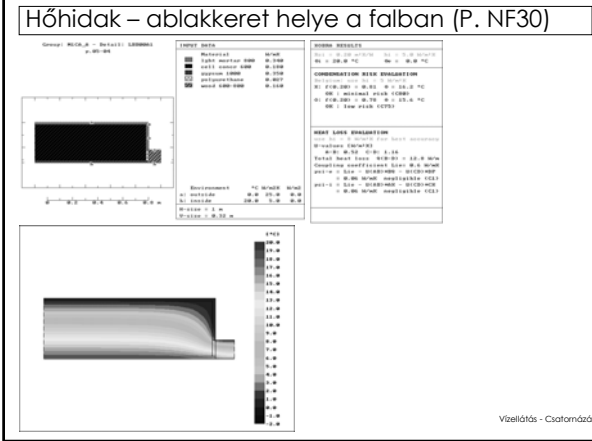
Hídak – vb fődém(25cm), Porotherm NF30

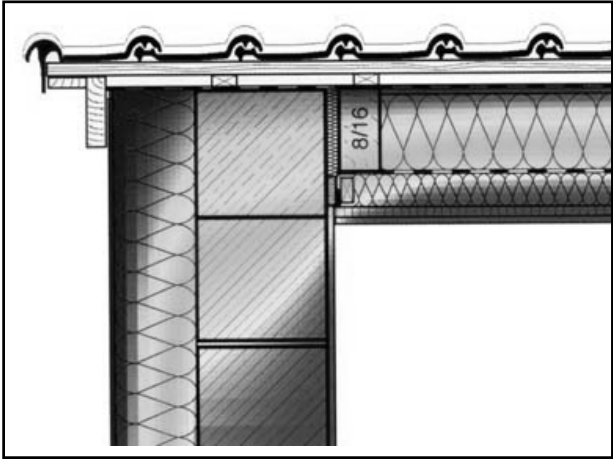
NEV	LEÍRÁS	LEVEGŐ	FAZIS	HOSSZSÁG
A	Mezőfal	0.10	0	1.00
B	Mezőfal	0.20	0	0.10
C	Mezőfal	0.15	0	0.10
D	Mezőfal	0.15	0	0.10
E	Mezőfal	0.15	0	0.10
F	Mezőfal	0.15	0	0.10
G	Mezőfal	0.15	0	0.10
H	Mezőfal	0.15	0	0.10
I	Mezőfal	0.15	0	0.10
J	Mezőfal	0.15	0	0.10
K	Mezőfal	0.15	0	0.10
L	Mezőfal	0.15	0	0.10
M	Mezőfal	0.15	0	0.10
N	Mezőfal	0.15	0	0.10
O	Mezőfal	0.15	0	0.10
P	Mezőfal	0.15	0	0.10
Q	Mezőfal	0.15	0	0.10
R	Mezőfal	0.15	0	0.10
S	Mezőfal	0.15	0	0.10
T	Mezőfal	0.15	0	0.10
U	Mezőfal	0.15	0	0.10
V	Mezőfal	0.15	0	0.10
W	Mezőfal	0.15	0	0.10
X	Mezőfal	0.15	0	0.10
Y	Mezőfal	0.15	0	0.10
Z	Mezőfal	0.15	0	0.10

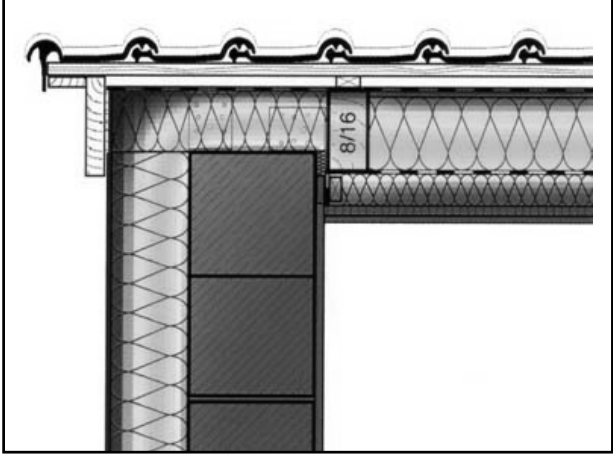
5cm exp. pol. Hőhid megszakítás. ($k_f=0.47$)

5cm Padló hőszigetelés. ($k_f=0.45$)

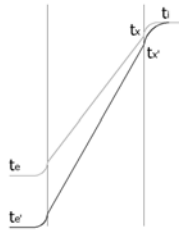
Visselátás - Csatornázás







Hőhidak
Sajátléptékekben mért hőmérséklet



$$\Theta_x = \frac{t_x - t_e}{t_i + t_e}$$

$$\Theta_x = \Theta'_x$$

Vizellátás - Csatornázás

Hőhidak
Vonalmenti hőátbocsátási tényező

$$Q_l = l \times k_l (t_i - t_e)$$

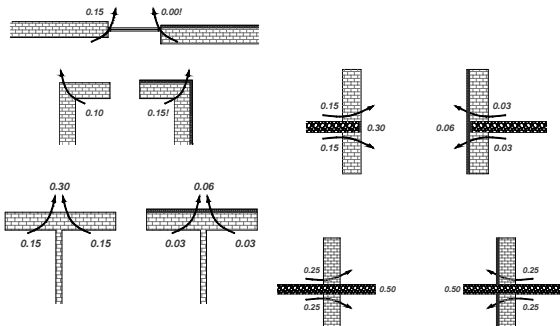
- ▷ Definiáció
- ▷ A hőhidak miatti többlet hőveszteség
- ▷ Vonatkozási felület

$$Q = Q_{rig} + \sum_j Q_{lj} = A_{fal} k_{rig} (t_i - t_e) + \sum_j l_j k_{lj} (t_i - t_e)$$

$$k_e = +k_{rig} + \frac{\sum_j l_j k_{lj} (t_i - t_e)}{A}$$

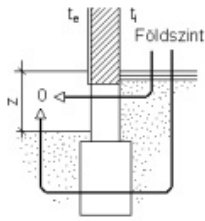
Vizellátás - Csatornázás

Épületszerkezeti elemek vonalmenti hőátbocsátási tényezői



Vizellátás - Csatornázás

Hőhidak Talajra fektetett padló



Hővesztése az építmény kerületéhez köthető, ezért ezt is vonalmenti hőátbocsátási tényezővel jellemezzük, mely függ:

- o A padló rétegrendjétől, különös tekintettel a benne lévő hőszigetelés vastagságától
- o A lábazat kialakításától, annak hőszigetelésétől
- o „Z”-től

Vizellátás - Csatornázás

Hőhidak Vasbetétrel áttört hőszigetelő réteg

$$\lambda_r = \frac{\lambda_{sz}(1 + \kappa)A_{sz} + \lambda_v A_v}{A_{sz} + A_v}$$

- o A hőszigetelés hővezetési tényezőjét módosítja
- o A társított anyagok hővezetési tényezőinek nagy a különbsége
- o Példák:
 - o Vasbetétrel áttört hőszigetelő réteg
 - o Szarufák között hőszigetelés
 - o Bordázott felület
- o A számítási modell feltétele, hogy oldal irányú hővezetés nincs
- o Számítása a felülettel, vagy térfogattal súlyozott számtani közép

Vizellátás - Csatornázás
