

HŐVÉDELEM

Hőátviteli folyamatok

Dr. Harmathy Norbert, PhD



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

Hővédelem

Határolószerkezetek energiamérlege

Hőátviteli folyamatok (hőtranszport)

Időben állandósult egydimenziós hőáram

Felületi hőátadási tényező

Többrétegű sík fal állandósult állapotú hővezetése

Hőmérsékleteloszlás többrétegű falban

Hősugárzás

Hőátbocsátás

Hőhidak

Talajra fektetett szerkezetek

Hőátbocsátás

Hőátbocsátási tényező (U-érték)

A fal- és födém szerkezet két szemben levő (külső és belső) oldala rendszerint különböző hőmérsékletű levegővel érintkezik. A hő a melegebb oldaltól a szerkezeten át levegőből-levegőbe megy át. Ezt a folyamatot a hőátbocsátási tényező jellemzi.

A **hőátbocsátási tényezőt**, párhuzamos síklapokkal határolt, rétegekből álló szerkezetek esetén, **időben állandósult folyamatra** a következő kifejezéssel írható le:

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

Hőátbocsátás

Hőátbocsátási tényező (U-érték)

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

A fenti kifejezés részben kimondott, részben pedig hallgatólagos feltételekhez kötött. Az összefüggés **időben állandósult állapotot** tételez fel és olyan párhuzamos síklapokkal határolt szerkezetre vonatkozik, amelyben a **hőáram egyirányú**. Ezek szerint a szerkezet mindkét (külső és belső) felülete sugárzásos hőcserében áll más felületekkel. Ez a sugárzásos hőcsere nincs közvetlen kapcsolatban a hőátadással.

Gyakorlatban az α_i és α_e helyébe rendszerint olyan számértékeket helyettesítenek be, amelyek **nemcsak a konvektív hőátadási tényezőt tartalmazzák**, hanem többkevesebb **közelítéssel a sugárzásos hőleadás hatását is tükrözik**.

A közelítés célja kizárólag a számítás egyszerűsítése és a valóságos fizikai folyamatoktól többé kevésbé eltér!

Hőátbocsátás

6. melléklet a 7/2006. (IV. 24.) TNM rendelethez

6. melléklet a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelethez*

A közel nulla energiaigényű épületek követelményszintje

I. A határoló- és nyílászáró szerkezetek hőátbocsátási tényezőire vonatkozó követelmények

A közel nulla energiaigényű épületeknek meg kell felelnie az 5. melléklet I. részében meghatározott követelményeknek.

1. táblázat: A hőátbocsátási tényező követelményértékei

	Épülethatároló szerkezet	A hőátbocsátási tényező követelményértéke $U \text{ W/m}^2 \text{ K}$
1	Homlokzati fal	0,24
2	Lapostető	0,17
3	Fűtött tetőteret határoló szerkezetek	0,17
4	Padlás és búvótér alatti földem	0,17
5	Árkád és áthajtó feletti földem	0,17
6	Alsó záróföldem fűtetlen terek felett	0,26
7	Üvegezés	1
8	Különleges üvegezés*	1,2
9	Fa vagy PVC keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró (>0,5m ²)	1,15
10	Fém keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró	1,4
11	Homlokzati üvegfal, függönyfal	1,4
12	Üvegtető	1,45
13	Tetőfelülvilágító, füstelvezető kupola	1,7
14	Tetősíki ablak	1,25
15	Ipari és tűzgátló ajtó és kapu (fűtött tér határolására)	2
16	Homlokzati, vagy fűtött és fűtetlen terek közötti ajtó	1,45
17	Homlokzati, vagy fűtött és fűtetlen terek közötti kapu	1,8
18	Fűtött és fűtetlen terek közötti fal	0,26
19	Szomszédos fűtött épületek és épületrészek közötti fal	1,5
20	Lábazati fal, talajjal érintkező fal a terepszinttől 1 m mélységig (a terepszint alatti rész csak új épületeknél)	0,3
21	Talajon fekvő padló (új épületeknél)	0,3
22	Hagyományos energiagyűjtő falak (pl. tömegfal, Trombe fal)	1

* Magas akusztikai vagy biztonsági követelményű üvegezés esetén érvényes követelményértékek.

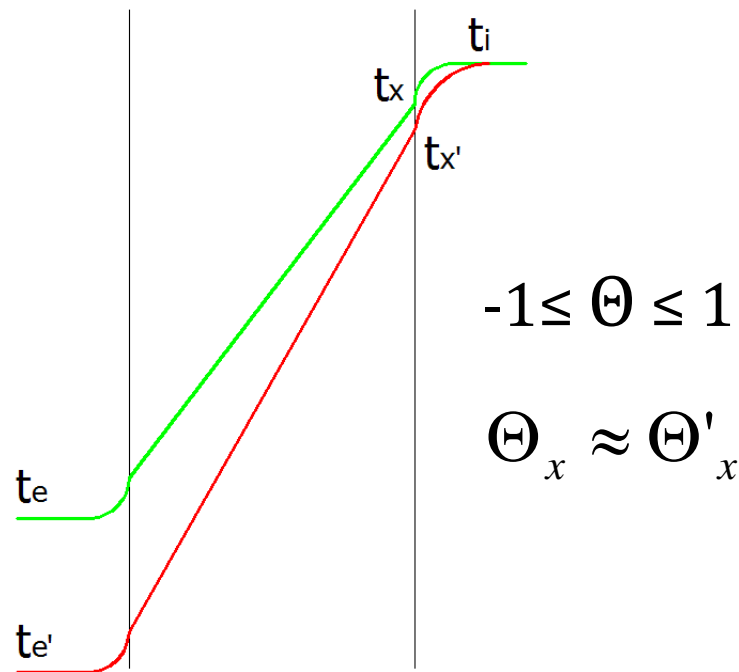
Saját léptékben mért hőmérséklet

Kifejezi, hogy egy szerkezeti pont t_x és a külső környezet t_e közötti hőmérsékletkülönbség hányadrésze a belső t_i és külső t_e hőmérsékletkülönbségének.

$$\Theta_x = \frac{t_x - t_e}{t_i - t_e} \quad [-]$$

A vizsgált pont hőmérséklete:

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



A belső felületi hőmérséklet meghatározása a külső hőmérséklet változás függvényében.

Saját léptékben mért hőmérséklet

A belső felületi hőmérséklet egyenlet használatával és a hőáram egyenlőségére alapozva könnyen kialakítható az alábbi egyenlet:

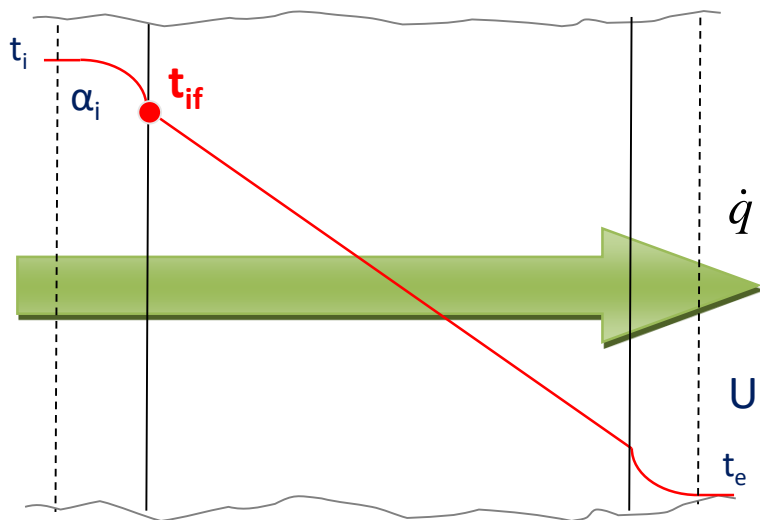
$$\dot{q} = U \cdot (t_i - t_e) = \alpha_i \cdot (t_i - t_{if})$$

Az egyenlet átrendezése után :

$$\frac{t_i - t_{if}}{t_i - t_e} = \frac{U}{\alpha_i}$$

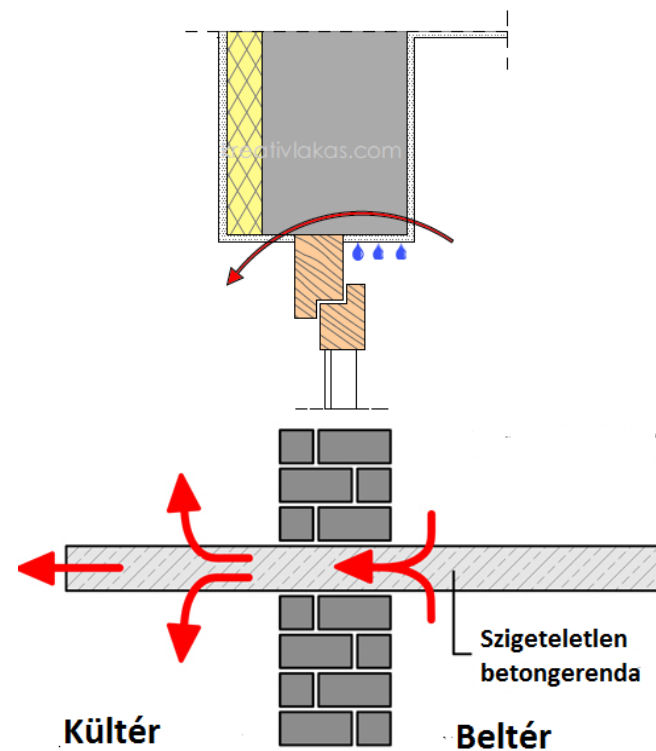
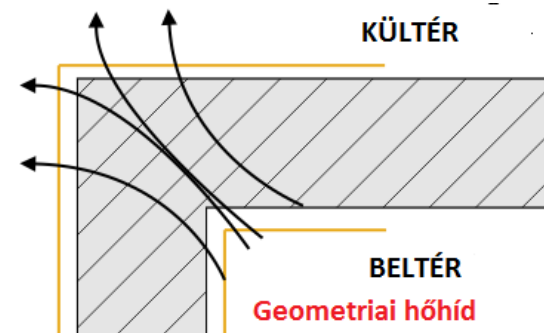
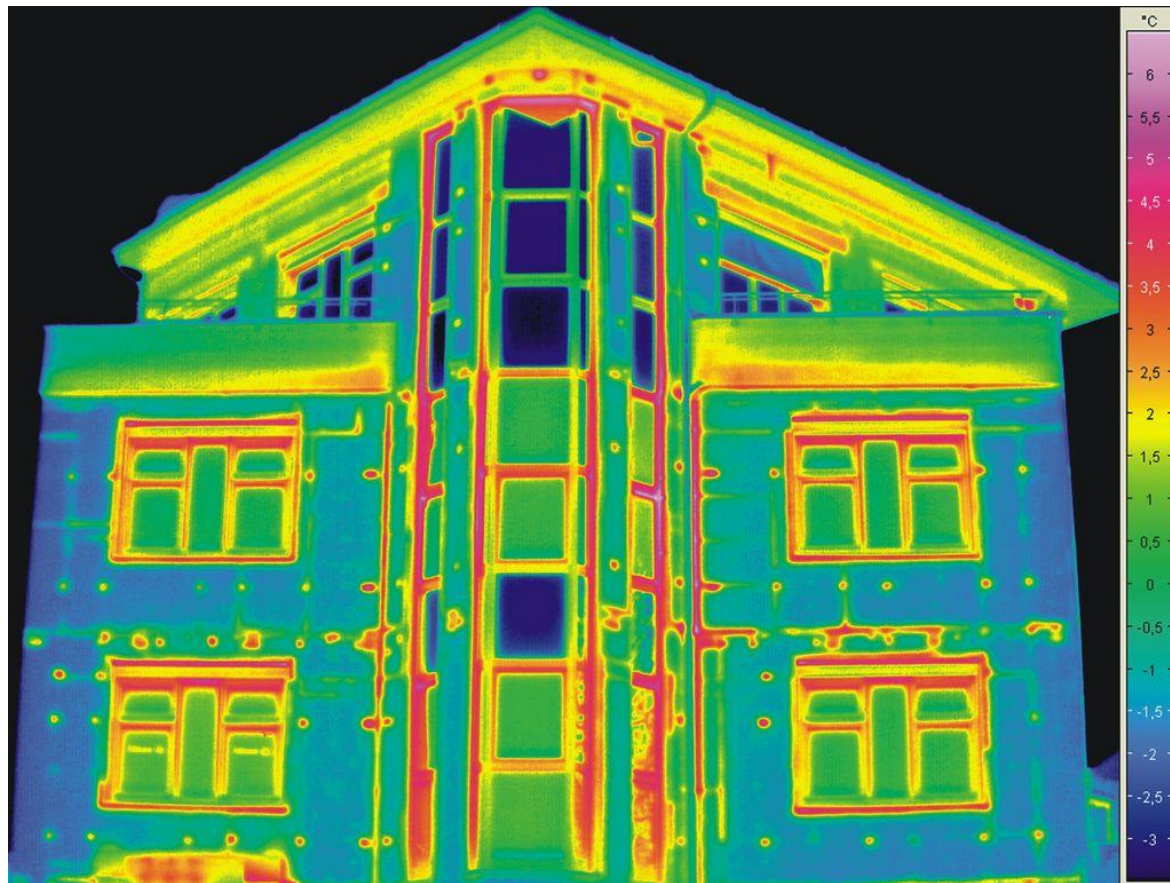
Határozzuk meg a saját léptékben mért hőmérsékletet, amikor a belső hőmérsékletkülönbséget elosztjuk a teljes hőmérsékletkülönbséggel:

$$\Theta = \frac{t_i - t_{if}}{t_i - t_e} \qquad \Theta = \frac{U}{\alpha_i}$$



Hőhidak

Termovíziós (hőkamerás) felvételek



Hőhidak

Időben állandósult, többdimenziós hőmérsékletmező

A valóságos körülmények között mindig vannak a határolószervezeteknek olyan részei, amelyek mentén az egydimenziós hővezetés még közelítő feltételezések mellett sem fogadható el.

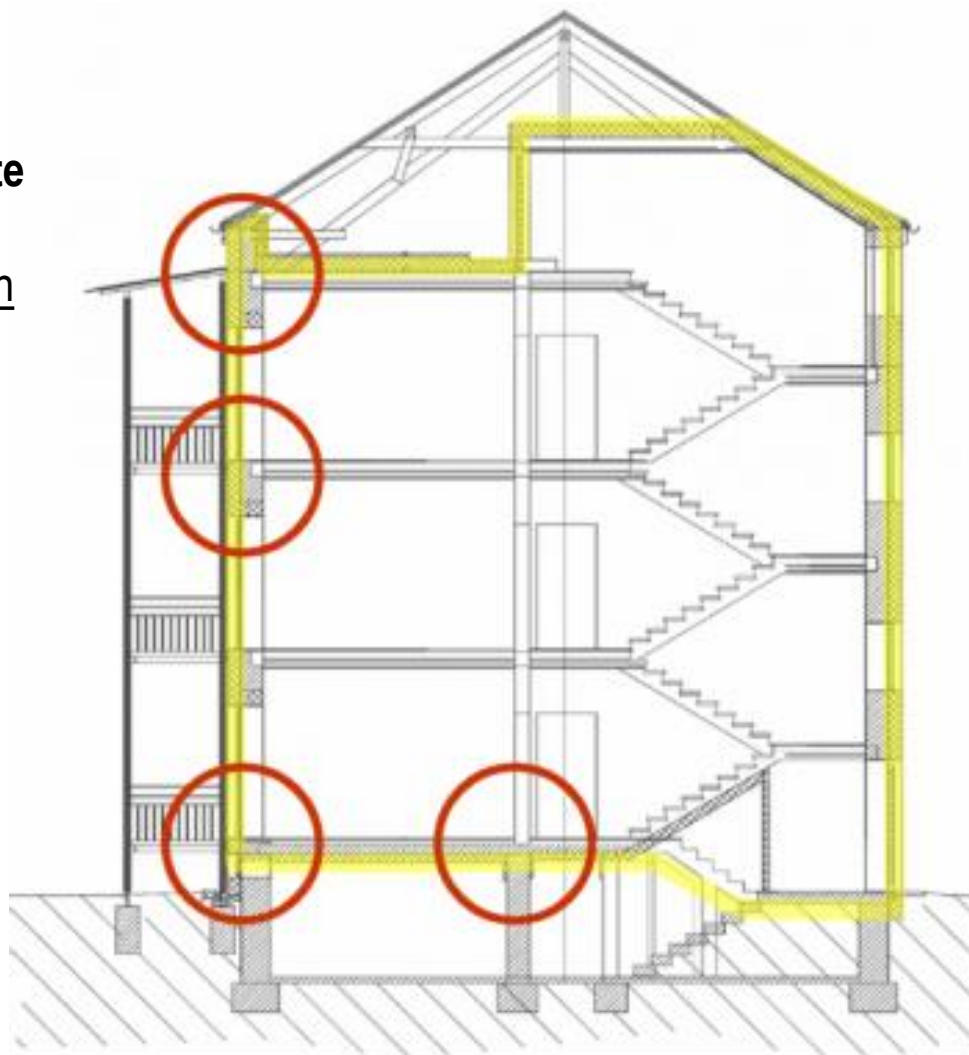
1. A szerkezeti részt nem két párhuzamos síkfelület határolja (pl. falsarok, falkereszteződés, fal és földemcsatlakozás stb.)
2. A határolószervezet egy-egy rétege, szakasza, része nem homogén (pl. ha a falban pillér vagy merevítőborda kerül, a hőszigetelő réteg anyaga vált)
3. A szerkezet keresztmetszetváltása vagy heterogenitása egy helyen és együtt jelentkezik (pl. ha különböző anyagú falak csatlakoznak, kereszteződnek)

A határolószervezeteknek azokat a helyeit (pontjait, sávjait, szakaszait) ahol a **geometriai viszonyok** és/vagy a **különböző tulajdonságú anyagok** együttes alkalmazása következtében **két- vagy háromdimenziós hőáramok alakulnak ki, hőhidaknak** nevezzük.

Hőhidak

A hőhidak hatása kettős:

1. A **hőhidak belső felületi hőmérséklete** a szerkezet hőhídmentes általános felületének hőmérsékletétől lényegesen kisebb is lehet, ami rontja a szerkezet állapotát (pl. páraecsapódás, penészképződés)
2. A **hőhidakon áthaladó hőáramok nagyobbak**, mint a határolószerkezet ugyanakkora hőhídmentes felületén áthaladó hőáramok. Ennek a következményeként a szerkezeten áthaladó hőáram lényegesen nagyobb (akár 50-100%-kal is).



Hőhidak

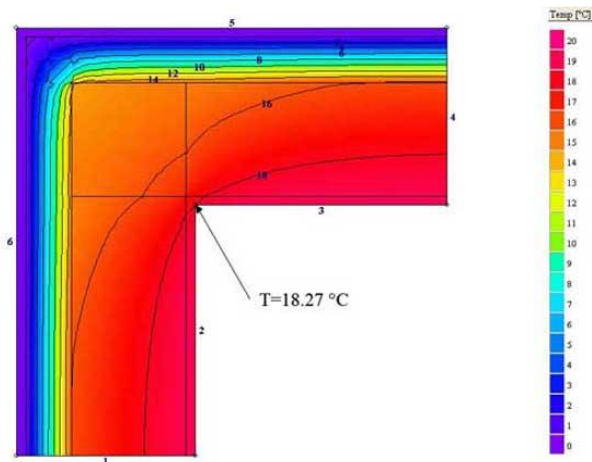
Léteznek-e hőhidmentes szerkezetek???

Nem

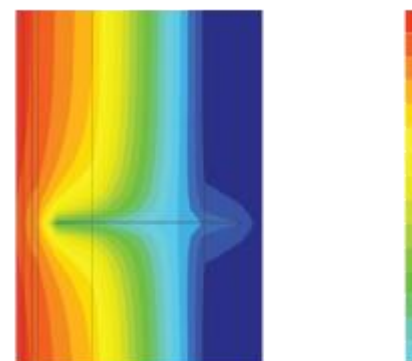
A hőhidak épületfizikai szempontból még a leggondosabb tervezés esetén is elkerülhetetlenek.

A gyakorlat szóhasználatában hőhidmentesnek azokat a szerkezeteket nevezik, amelyekben az inhomogén szerkezet, a különböző hőtechnikai tulajdonságú anyagok beépítése alig, vagy csak elhanyagolható mértékben idéz elő változást a belső felület hőmérsékletében, ill. a hőáram nagyságában.

Falsarok



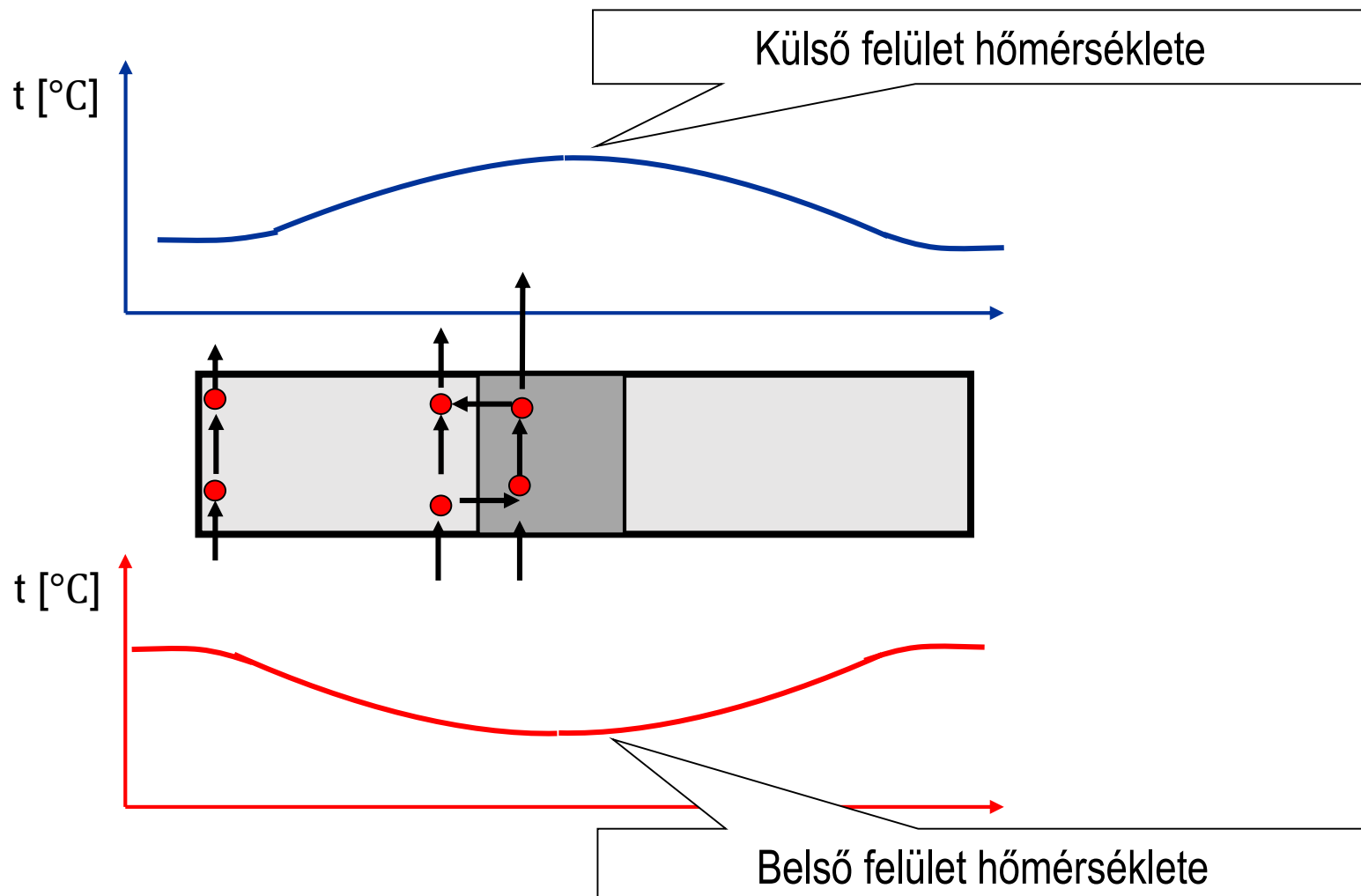
Pontszerű hőhid



Hőhidak

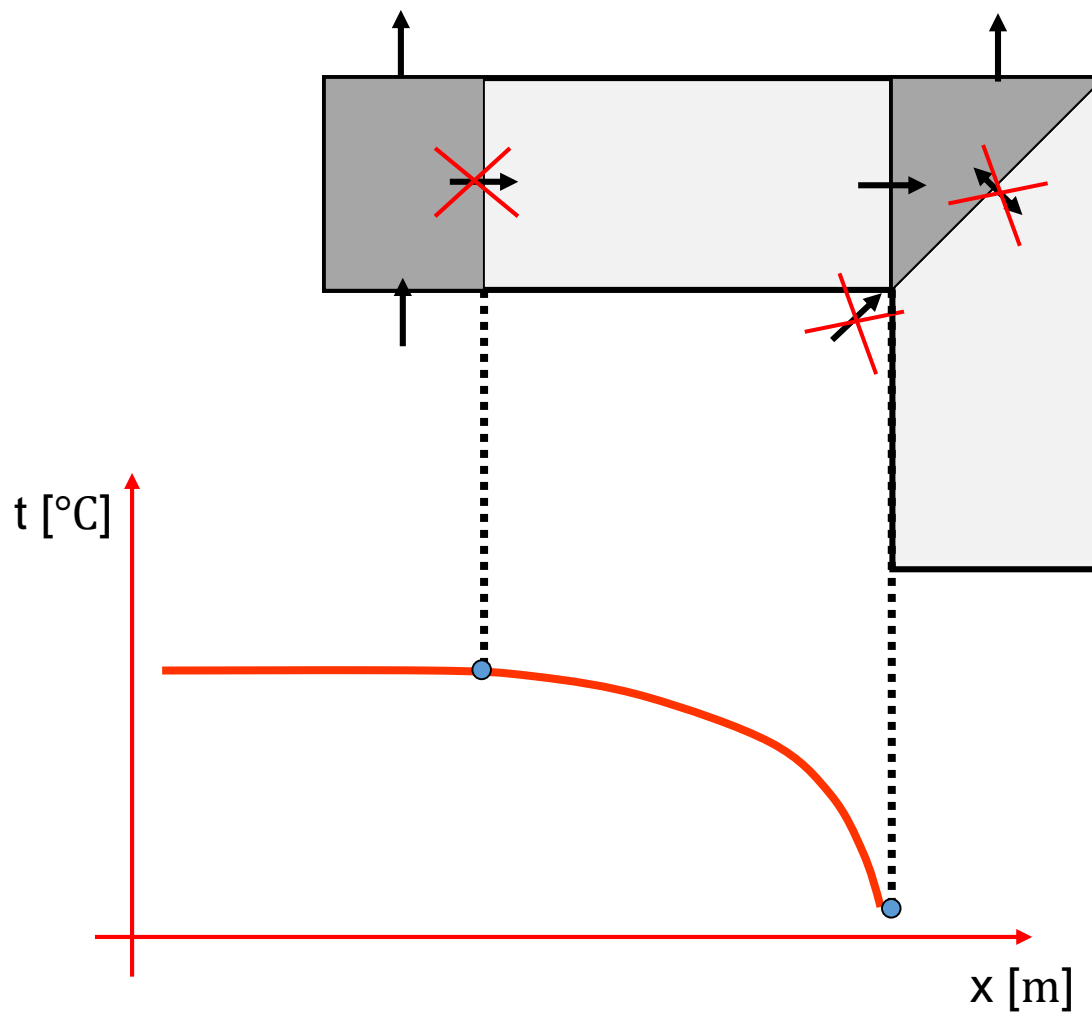
A hőhíd jelenség

A hőhidak megváltoztatják a belső felületi hőmérséklet eloszlását



Hőhidak

A hőhíd jelenség



Hőhidak

Homogén határolószerkezetek hőhidjai

A homogén vagy jó közelítéssel annak tekinthető (öntött, falazott, blokkos) egyrétegű határolószerkezetben a geometriai viszonyok miatt alakul ki bizonyos helyeken hőmérsékletmező (sarokban, ablakkávánál, fal- és földemcsatlakozásnál).

A hőhidak hatásának közelítő számítására szolgáló egyik módszer az ún. **formatényező** fogalmán alapul.

Formatényező

A **formatényező kifejezi**, hogy a geometriai forma következtében a vizsgált hőhid mentén a **hőáramsűrűség hányszor nagyobb**, mint a **határolószerkezet, hőhidmentes, általános helyén**.

A formatényező a hőhid (pl. falsarok) mentén húzódó, képzeletbeli falvastagság kétszeresének megfelelő szélességű sávra vonatkozik.

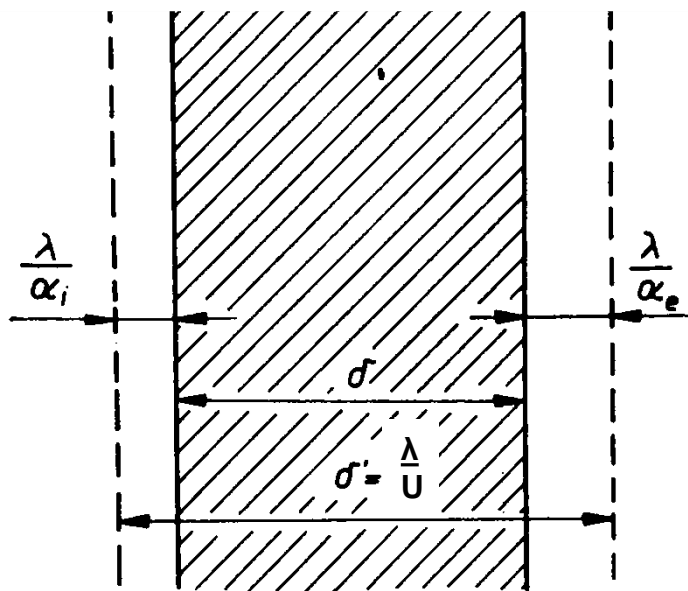
Hőhidak

Homogén határolószervezetek hőhídjai

δ – valós falvastagság

δ' – képzeletbeli falvastagság

λ/α_i , λ/α_e – felületi hővezetési ellenállásnak megfelelő rétegekkel vastagabb valós méretű fal δ



ábra. A képzeletbeli falvastagság értelmezése
 δ valós falvastagság; δ' képzeletbeli falvastagság

$$\delta = \delta'_i + \delta + \delta'_e$$

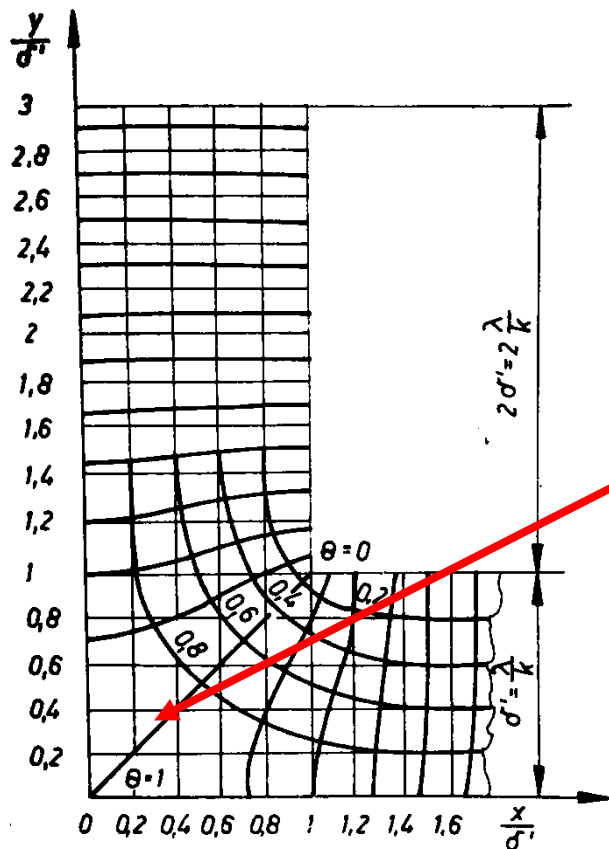
$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}$$

$$\frac{\lambda}{U} = \frac{\lambda}{\alpha_i} + \delta + \frac{\lambda}{\alpha_e} = \delta'$$

Hőhidak

Falsarok hőhid vizsgálata



A sarokban a belső felületen kialakuló, saját léptékben mért hőmérséklet (Θ_s):

$$\Theta_s = \frac{t_i - t_s}{t_i - t_e}$$

A saját léptékben mért hőmérsékletből a sarok felületi hőmérséklete:

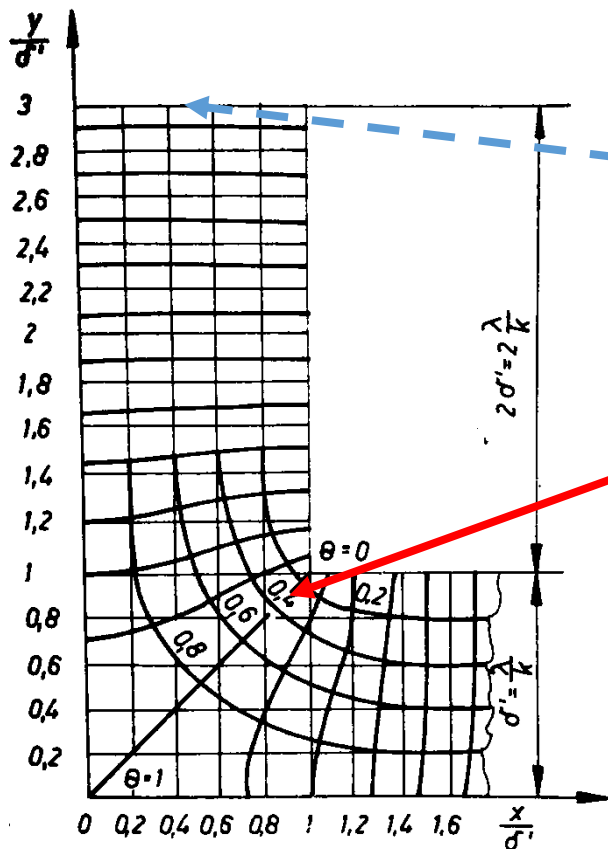
$$t_s = t_i - \Theta_s (t_i - t_e)$$

I-28. ábra. A falsarokban kialakuló izotermák

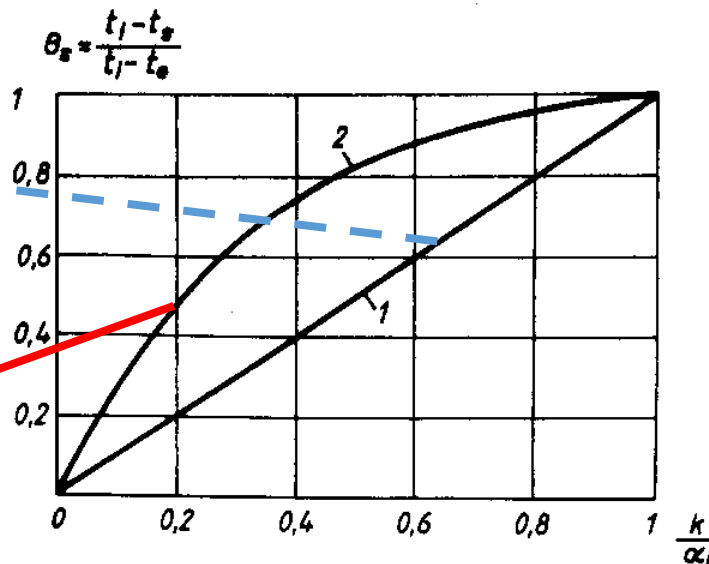
$\frac{t_1 - t}{t_1 - t_0}$; $t = t_1 - \theta(t_1 - t_0)$; t_1 belső hőmérséklet; t_0 külső hőmérséklet;
 θ hőmérséklet az izoterma mentén

Hőhidak

Falsarok hőhid vizsgálata



I-28. ábra. A falsarokban kialakuló izotermák
 $\frac{t_1 - t}{t_1 - t_0}$; $t = t_1 - \theta(t_1 - t_0)$; t_1 belső hőmérséklet; t_0 külső hőmérséklet;
 θ hőmérséklet az izoterma mentén



I-30. ábra. A falsarokban kialakuló, saját léptékben mért felületi hőmérséklet
 θ_s hőmérséklet a fal belső síkján a saroktól távolsága; θ_s hőmérséklet a sarokban

A sarokban a belső felületen kialakuló, saját léptékben mért hőmérséklet (θ_s) a belső felületi hőátadási tényező (α_i) és a szerkezet hőátbocsátási tényezőjének (U , másnéven (k)) a függvényében a felső ábra szerint határozható meg.

Hőhidak

Ablakkáva hőhíd vizsgálata

Az ablakkávák – különösen vastag fal- és vékony tokszerkezetek esetén – lényegében bordáknak tekinthetők. A számítási és mérési eredmények egyaránt azt igazolják, hogy a falszerkezeteken belül az ablakszerkezet középvonalának folytatásában egy, a fal síkjával párhuzamosan *t₀* izoterma alakul ki, amely a következő összefüggés fejez ki:

$$\frac{t_i - t_0}{t_i - t_e} = \frac{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_0}{\lambda}}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}}$$

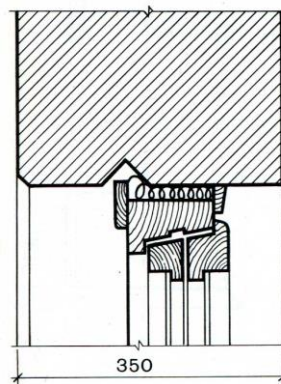


Рис. 26

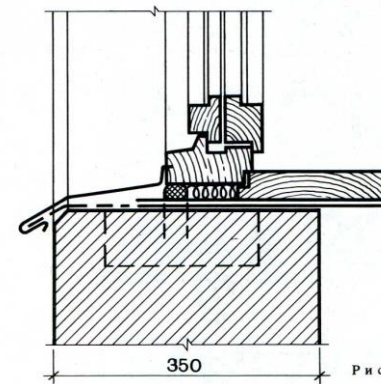


Рис. 27

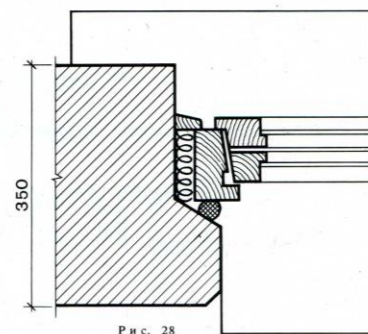
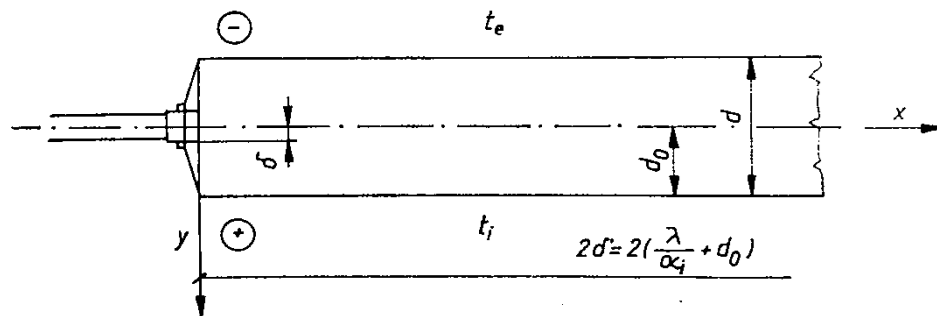


Рис. 28

Hőhidak

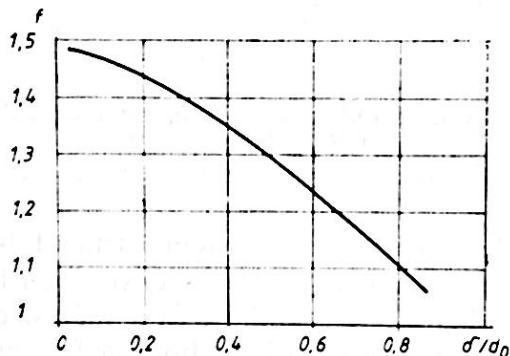
Ablakkáva hőhid vizsgálata

Elhanyagolható tokvastagság esetén az izotermák az ábra szerint alakulnak, a saját léptékben leolvasható Θ hőmérsékletből.

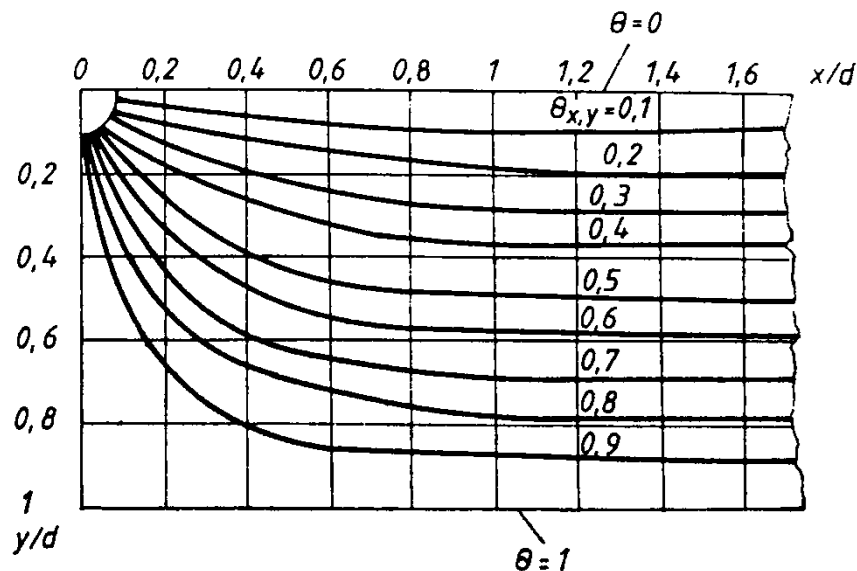


$$t(x, y) = \Theta(x, y) [t(x, \delta) - t(x, 0)] + t(x, 0)$$

A formatényező f , amely a belső felület mentén mért $2\delta'$ széles sávra vonatkozik:



Ablakkávánál kialakuló izotermák



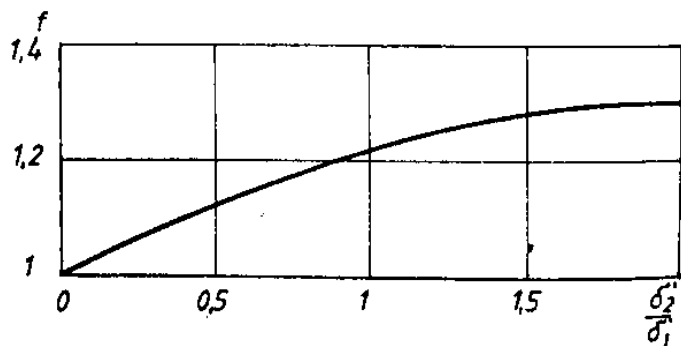
Hőhidak

Falsarok

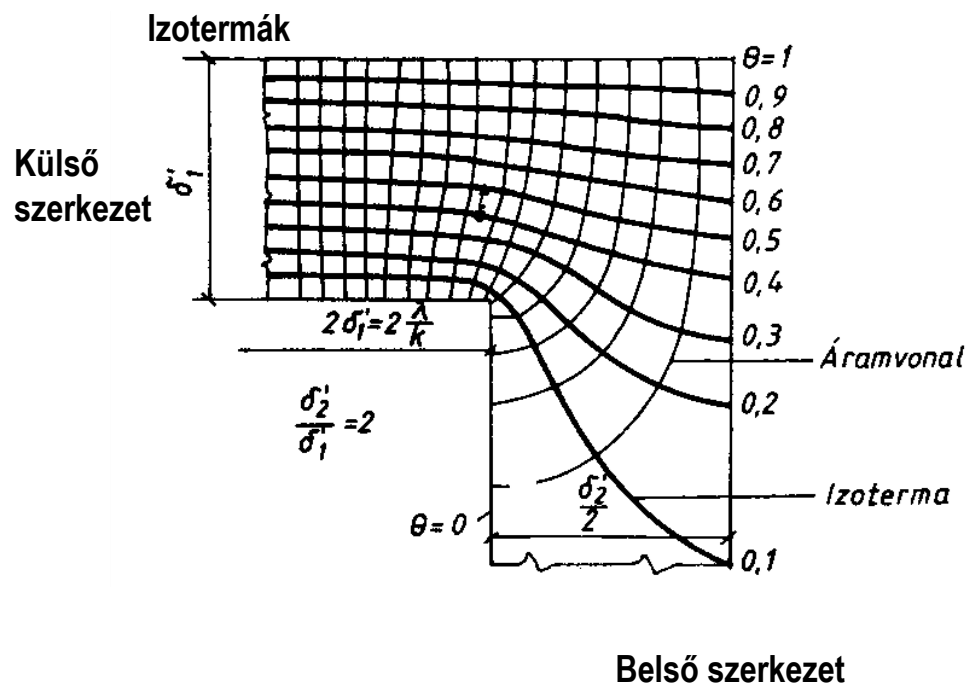
(külső és belső szerkezet)

A külső és belső homogén határoló szerkezetek csatlakozásánál a sarokban kialakuló túlhőmérséklet és a formatényező az ábrákon láthatók. $U(k)$

Formatényező f (a belső felület mentén mért sávra)



A falsarokban kialakuló saját léptékben mért hőmérséklet



Hőhidak

Eredő hőátbocsátási tényező, U_R

Az **eredő hőátbocsátási tényező** a külső határolószerkezet valamilyen nagyobb, rendszerint természetes egységére (pl. egy panelre, egy szoba falára) vonatkozik.

Értékét számítással vagy méréssel határozzák meg, oly módon, hogy azt a **felület egészére alkalmazva** a transzmissziós energiaáram akkora legyen, mint amekkora a **hőhidas és a hőhídmentes felületeken áthaladó áramok összegeként** a valóságban kialakul.

Az eredő hőátbocsátási tényező számításának általánosan alkalmazható módszere a **felületi és a vonalmenti hőátbocsátási tényezők kombinációján alapul.**

Hőhidak

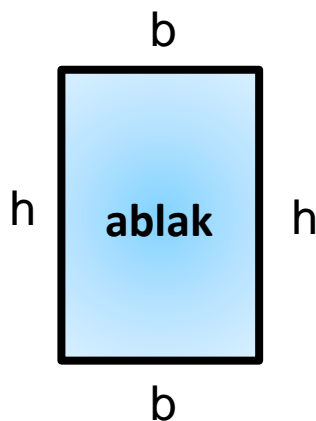
A vonalmenti hőátbocsátási tényező (Ψ)

A hőhidak általában vonalak mentén húzódnak (pillér, vb koszorú, csatlakozási élek, nyílások kerülete stb.)

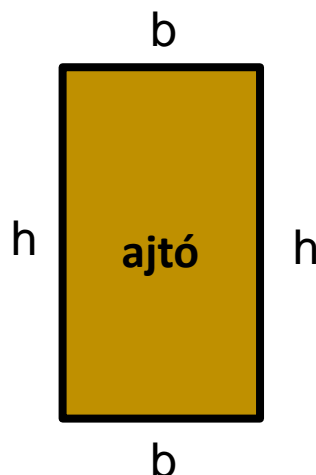
A **vonalmonti (lineáris) hőátbocsátási tényező (Ψ)** azt fejezi ki, hogy egységnyi hőmérsékletkülönbség mellett mekkora hőáram alakul ki egy méternyi él mentén [**W/mK**].

A hőáram számítására szolgáló összefüggés:

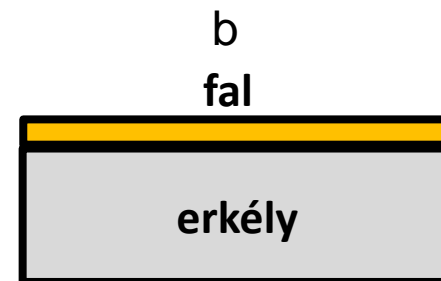
$$Q_{\Psi} = L \cdot \Psi \cdot (t_i - t_e) [\text{W}]$$



$$L = 2b + 2h$$



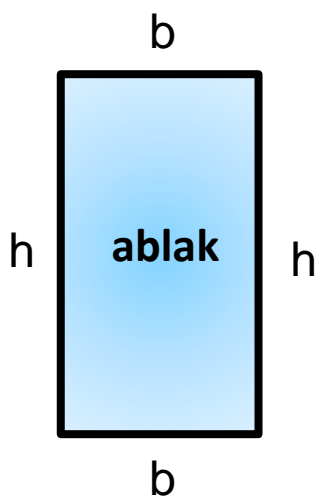
$$L = 2b + 2h$$



$$L = b$$

Hőhidak

Vonalmenti hőhidak



$$Q_{\Psi} = L \cdot \Psi \cdot (t_i - t_e) [\text{W}]$$

$$Q_R = Q_A + \sum_j Q_{\Psi_j} = AU(t_i - t_e) + \sum_j L_j \Psi_j (t_i - t_e)$$

Eredő hőátbocsátási tényező

$$U_R = U + \frac{\sum_j L_j \Psi_j}{A}$$

Hőhidak

Vonalmenti hőhidak

$$U_R = U + \frac{\sum_j l_j \Psi_j}{A}$$

A TNM 7/2006 rendelet **egyszerűsített eljárás** esetén nem foglalkozik az egyes éltípusok vonalmenti hőátbocsátási tényezőivel, hanem a **rétegtervi hőátbocsátási tényezőt megszorozza egy korrekciós tényezővel**, az így kapott „eredő” hőátbocsátási tényező a hőhidak hatását is kifejezi.

$$U_R = U + \frac{U}{U} \frac{\sum_j l_j \Psi_j}{A} = U \cdot \left(1 + \frac{\sum_j l_j \Psi_j}{A \cdot U} \right)$$

$$x = \frac{\sum_j l_j \Psi_j}{A \cdot U} \quad [-]$$

$$U_R = U(1 + x)$$

Hőhidak

Vonalmenti hőhidak

Az épülethatároló szerkezetek besorolása a hőhidak fajlagos hossza alapján

A besoroláshoz szükséges tájékoztató adatokat a II.2. táblázat tartalmazza

II.2. táblázat: Tájékoztató adatok a χ korrekciós tényező kiválasztásához

Határoló szerkezetek	A hőhidak hosszának fajlagos mennyisége (fm/m ²)		
	Határoló szerkezet besorolása		
	gyengén hőhidas	közepesen hőhidas	erősen hőhidas
Külső falak	< 0,8	0,8 - 1,0	> 1,0
Lapostetők	< 0,2	0,2 - 0,3	> 0,3
Beépített tetőtereket határoló szerkezetek	< 0,4	0,4 - 0,5	> 0,5

Hőhidak

Vonalmenti hőhidak

A x korrekciós tényező értékeit a szerkezet típusa és a határolás tagoltsága függvényében az alábbi táblázat tartalmazza:

II.1. táblázat. A hőhidak hatását kifejező korrekciós tényező

Határoló szerkezetek		A hőhidak hatását kifejező korrekciós tényező x	
Külső falak ¹⁾	külső oldali, vagy szerkezeten belüli megszakítatlan hőszigeteléssel	gyengén hőhidas	0,15
		közepesen hőhidas	0,20
		erősen hőhidas	0,30
	egyéb külső falak	gyengén hőhidas	0,25
		közepesen hőhidas	0,30
		erősen hőhidas	0,40
Lapostetők ²⁾	gyengén hőhidas	0,10	
	közepesen hőhidas	0,15	
	erősen hőhidas	0,20	
Beépített tetőteret határoló szerkezetek ³⁾	gyengén hőhidas	0,10	
	közepesen hőhidas	0,15	
	erősen hőhidas	0,20	
Padlásfödémek ⁴⁾		0,10	
Árkádfödémek ⁴⁾		0,10	
Pincefödémek ⁴⁾	szerkezeten belüli hőszigeteléssel	0,20	
	alsó oldali hőszigeteléssel	0,10	
Fűtött és fűtetlen terek közötti falak, fűtött pincetereket határoló, külső oldalon hőszigetelt falak		0,05	

Hőhidak

Vonalmenti hőhidak

Az előző táblázat magyarázata:

- 1) Besorolás a pozitív falsarkok, a falazatokba beépített acél vagy vasbeton pillérek, a homlokzatsíkból kinyúló falak, a nyílászáró-kerületek, a csatlakozó födémek és belső falak, erkélyek, lodzsák, függőfolyosók hosszának fajlagos mennyisége alapján (a külső falak felületéhez viszonyítva).
- 2) Besorolás az attikafalak, a mellvédfalak, a fal-, felülvilágító- és felépítmény-szegélyek hosszának fajlagos mennyisége alapján a (tető felületéhez viszonyítva, a tetőfödém kerülete a külső falaknál figyelembe véve).
- 3) Besorolás a tetőélek és élszaruk, a felépítményszegélyek, a nyílászáró-kerületek hosszának, valamint a térd- és ormfalak és a tető csatlakozási hosszának fajlagos mennyisége alapján (a födém kerülete a külső falaknál figyelembe véve).
- 4) A födém kerülete a külső falaknál figyelembe véve.

Hőhidak

Vonalmenti hőhidveszteségek , MSZ EN ISO 14683

Thermal bridges in building construction — Linear thermal transmittance — Simplified methods and default values ISO/FDIS 14683(E)

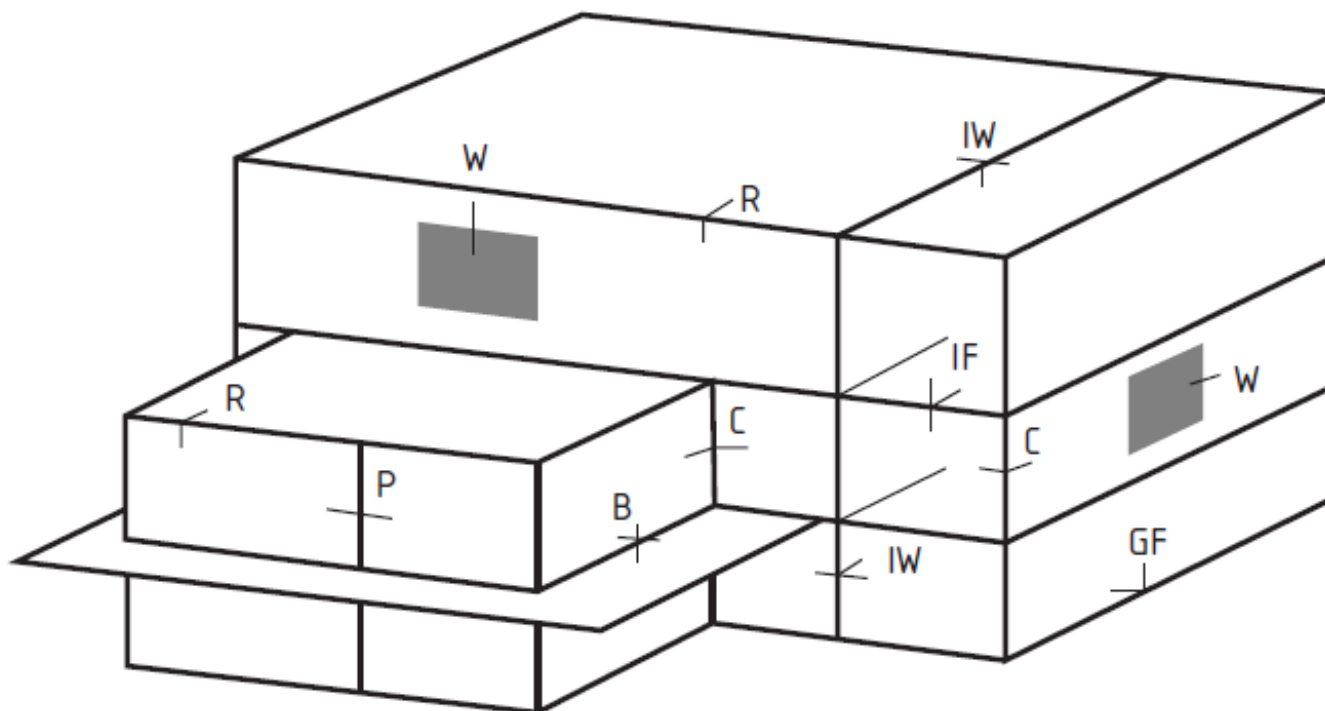


Figure A.1 — Sketch of a building showing the location and type of commonly occurring thermal bridges according to the scheme given in Table A.2

Hőhidak

Vonalmenti hőhídveszteségek, részletes módszer

Transzmissziós veszteség:

$$H_T = H_D + H_g + H_U$$

H_D – hőveszteségek a határolószerkezeteken keresztül

H_g – hőveszteségek a talajjal érintkező szerkezeteken keresztül ISO 13370

H_u – veszteségek a fűtetlen tereken keresztül ISO 13789

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k$$

Számítási módszerek:

- szabvány által megadott alapértékek (MSZ EN ISO 14683)
- hőhíd katalógusok, pl. DE Warmebrücken
- modellezés és szimuláció az MSZ EN ISO 10211 alapján – 2D vagy 3D módszer

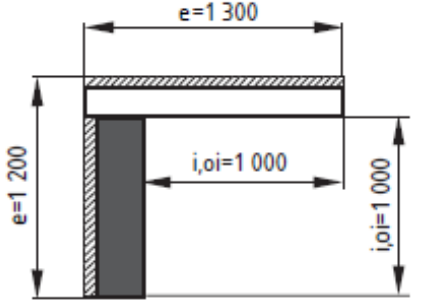


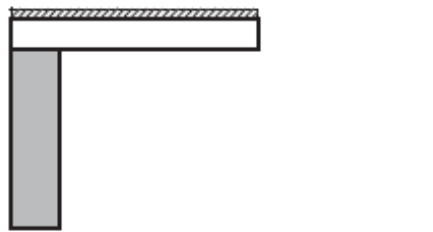
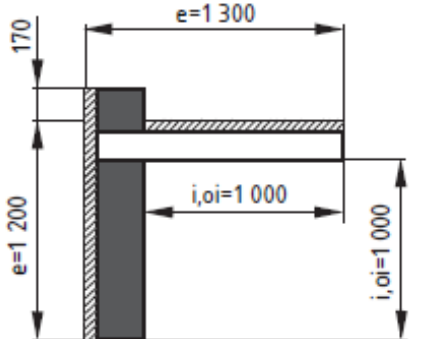
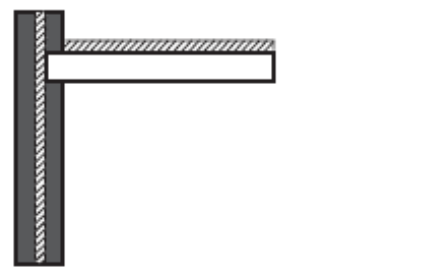
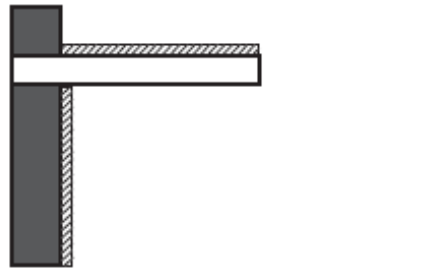
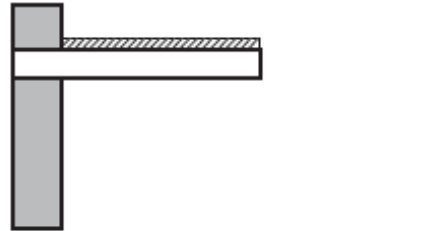
Eredmények:

- **Felületi hőmérsékletek** meghatározása a vonalmenti hőhidakon
- **Páralecsapódás kockázatának** a megállapítása a vonalmenti hőhidakon

Hőhidak

Vonalmenti hőhidveszteségek , MSZ EN ISO 14683

Födémek

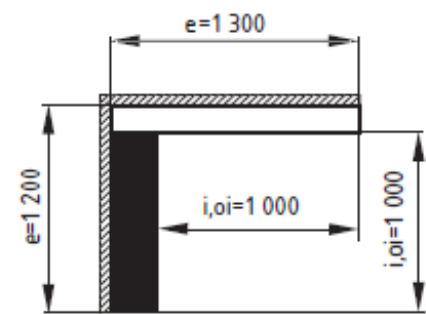
Roofs			
 <p>R1</p> $\psi_e = 0,55$ $\psi_{oi} = 0,75$ $\psi_i = 0,75$	 <p>R2</p> $\psi_e = 0,50$ $\psi_{oi} = 0,75$ $\psi_i = 0,75$	 <p>R3</p> $\psi_e = 0,40$ $\psi_{oi} = 0,75$ $\psi_i = 0,75$	 <p>R4</p> $\psi_e = 0,40$ $\psi_{oi} = 0,65$ $\psi_i = 0,65$
 <p>R5</p> $\psi_e = 0,60$ $\psi_{oi} = 0,80$ $\psi_i = 0,80$	 <p>R6</p> $\psi_e = 0,50$ $\psi_{oi} = 0,70$ $\psi_i = 0,70$	 <p>R7</p> $\psi_e = 0,65$ $\psi_{oi} = 0,85$ $\psi_i = 0,85$	 <p>R8</p> $\psi_e = 0,45$ $\psi_{oi} = 0,70$ $\psi_i = 0,70$

Hőhidak

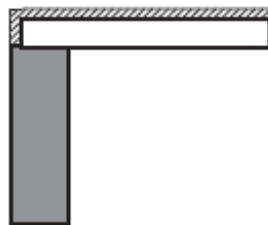
Vonalmenti hőhidveszteségek , MSZ EN ISO 14683

Födémek

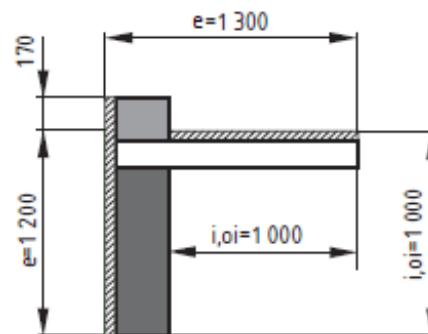
Roofs (continued)



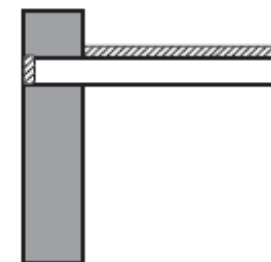
R9
 $\psi_e = -0,05$
 $\psi_{oi} = 0,15$
 $\psi_i = 0,15$



R10
 $\psi_e = 0,00$
 $\psi_{oi} = 0,20$
 $\psi_i = 0,20$

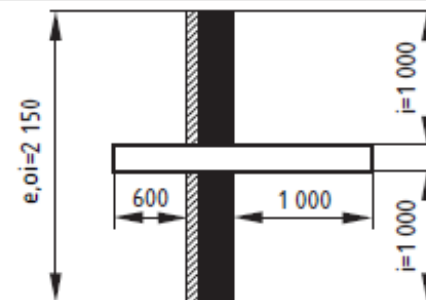


R11
 $\psi_e = 0,05$
 $\psi_{oi} = 0,25$
 $\psi_i = 0,25$

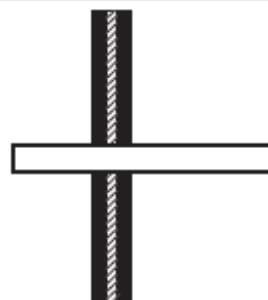


R12
 $\psi_e = 0,15$
 $\psi_{oi} = 0,40$
 $\psi_i = 0,40$

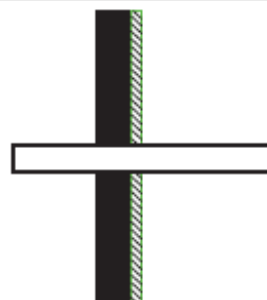
Balconies



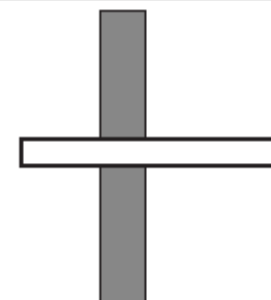
B1
 $\psi_e = 0,95$
 $\psi_{oi} = 0,95$
 $\psi_i = 1,05$



B2
 $\psi_e = 0,95$
 $\psi_{oi} = 0,95$
 $\psi_i = 1,05$



B3
 $\psi_e = 0,90$
 $\psi_{oi} = 0,90$
 $\psi_i = 1,00$



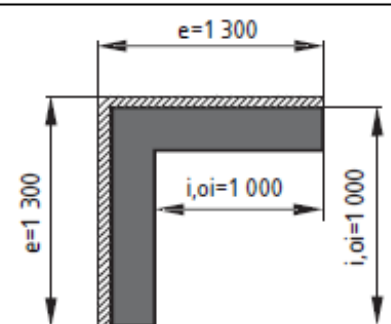
B4
 $\psi_e = 0,70$
 $\psi_{oi} = 0,70$
 $\psi_i = 0,80$

Hőhidak

Vonalmenti hőhidveszteségek , MSZ EN ISO 14683

Sarokváltakozatok

Corners

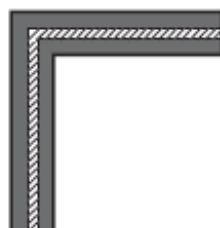


C1

$$\psi_e = -0,05$$

$$\psi_{oi} = 0,15$$

$$\psi_i = 0,15$$

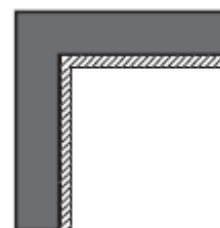


C2

$$\psi_e = -0,10$$

$$\psi_{oi} = 0,10$$

$$\psi_i = 0,10$$

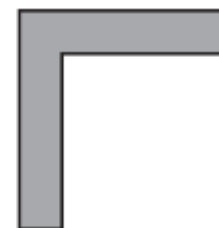


C3

$$\psi_e = -0,20$$

$$\psi_{oi} = 0,05$$

$$\psi_i = 0,05$$

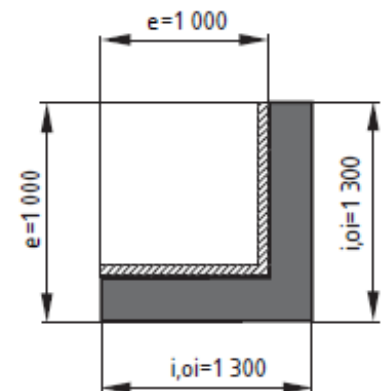


C4

$$\psi_e = -0,15$$

$$\psi_{oi} = 0,10$$

$$\psi_i = 0,10$$

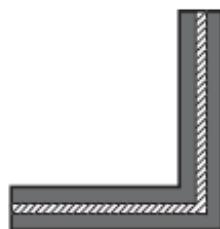


C5

$$\psi_e = 0,05$$

$$\psi_{oi} = -0,15$$

$$\psi_i = -0,15$$



C6

$$\psi_e = 0,15$$

$$\psi_{oi} = -0,10$$

$$\psi_i = -0,10$$



C7

$$\psi_e = 0,15$$

$$\psi_{oi} = -0,05$$

$$\psi_i = -0,05$$



C8

$$\psi_e = 0,10$$

$$\psi_{oi} = -0,10$$

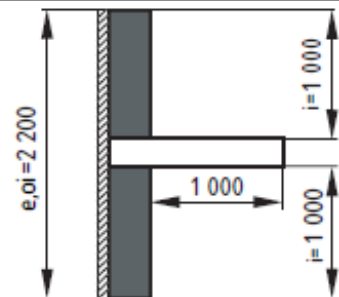
$$\psi_i = -0,10$$

Hőhidak

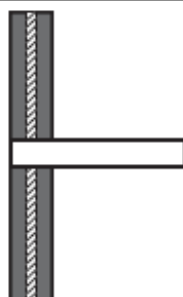
Vonalmenti hőhidveszteségek , MSZ EN ISO 14683

Köztés földémek

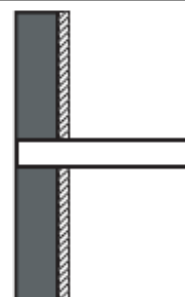
Intermediate floors



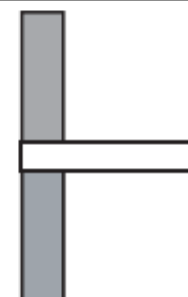
IF1
 $\psi_e = 0,00$
 $\psi_{oi} = 0,00$
 $\psi_i = 0,10$



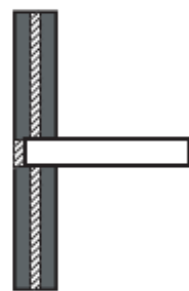
IF2
 $\psi_e = 0,95$
 $\psi_{oi} = 0,95$
 $\psi_i = 1,05$



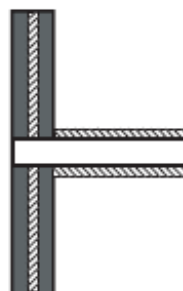
IF3
 $\psi_e = 0,90$
 $\psi_{oi} = 0,90$
 $\psi_i = 1,00$



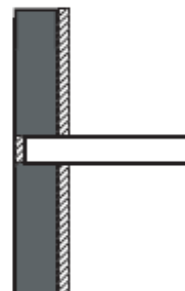
IF4
 $\psi_e = 0,70$
 $\psi_{oi} = 0,70$
 $\psi_i = 0,80$



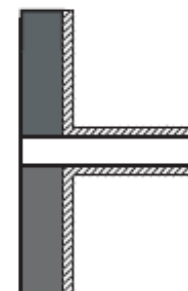
IF5
 $\psi_e = 0,60$
 $\psi_{oi} = 0,60$
 $\psi_i = 0,65$



IF6
 $\psi_e = 0,90$
 $\psi_{oi} = 0,90$
 $\psi_i = 1,00$



IF7
 $\psi_e = 0,70$
 $\psi_{oi} = 0,70$
 $\psi_i = 0,80$

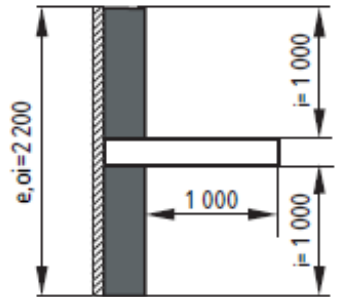
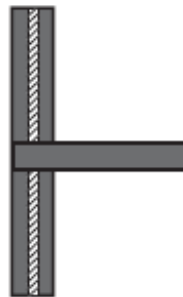
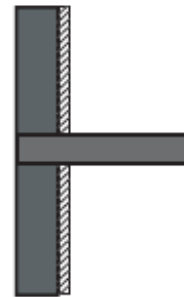
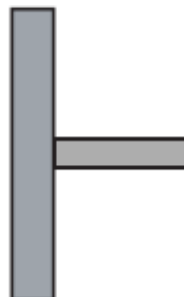
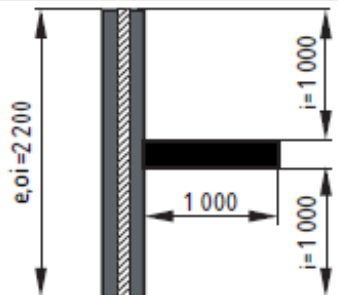
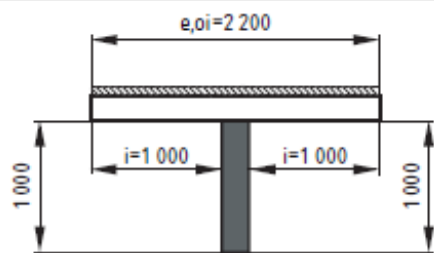


IF8
 $\psi_e = 0,45$
 $\psi_{oi} = 0,45$
 $\psi_i = 0,60$

Hőhidak

Vonalmenti hőhidveszteségek , MSZ EN ISO 14683

Beltéri falak

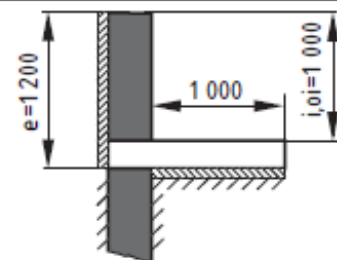
Internal walls			
 <p>IW1</p> <p> $\psi_e = 0,00$ $\psi_{oi} = 0,00$ $\psi_i = 0,10$ </p>	 <p>IW2</p> <p> $\psi_e = 0,95$ $\psi_{oi} = 0,95$ $\psi_i = 1,05$ </p>	 <p>IW3</p> <p> $\psi_e = 0,90$ $\psi_{oi} = 0,90$ $\psi_i = 1,00$ </p>	 <p>IW4</p> <p> $\psi_e = 0,00$ $\psi_{oi} = 0,00$ $\psi_i = 0,20$ </p>
 <p>IW5</p> <p> $\psi_e = 0,00$ $\psi_{oi} = 0,00$ $\psi_i = 0,10$ </p>	 <p>IW6</p> <p> $\psi_e = 0,00$ $\psi_{oi} = 0,00$ $\psi_i = 0,10$ </p>		

Hőhidak

Vonalmenti hőhidveszteségek , MSZ EN ISO 14683

Talajra fektetett padlók

Slab-on-ground floors

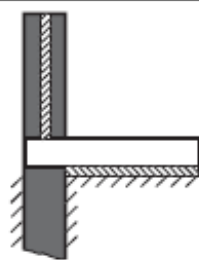


GF1

$$\psi_e = 0,65$$

$$\psi_{oi} = 0,80$$

$$\psi_i = 0,80$$

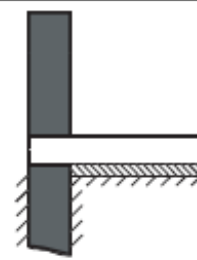


GF2

$$\psi_e = 0,60$$

$$\psi_{oi} = 0,75$$

$$\psi_i = 0,75$$

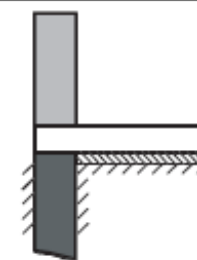


GF3

$$\psi_e = 0,55$$

$$\psi_{oi} = 0,70$$

$$\psi_i = 0,70$$

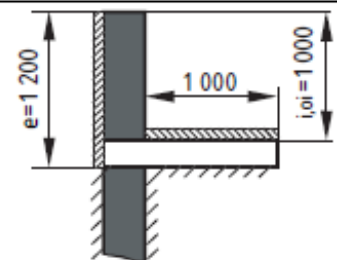


GF4

$$\psi_e = 0,50$$

$$\psi_{oi} = 0,65$$

$$\psi_i = 0,65$$

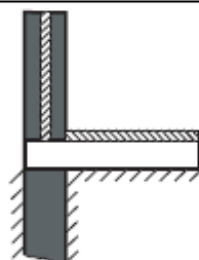


GF5

$$\psi_e = 0,60$$

$$\psi_{oi} = 0,75$$

$$\psi_i = 0,75$$

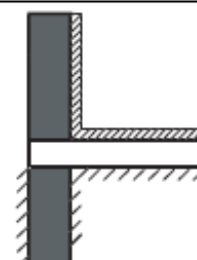


GF6

$$\psi_e = 0,45$$

$$\psi_{oi} = 0,60$$

$$\psi_i = 0,60$$

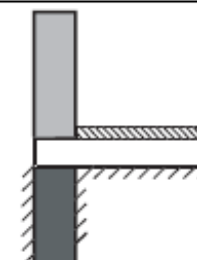


GF7

$$\psi_e = -0,05$$

$$\psi_{oi} = 0,10$$

$$\psi_i = 0,10$$



GF8

$$\psi_e = 0,05$$

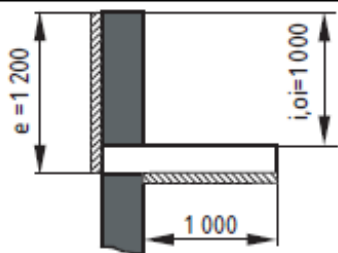
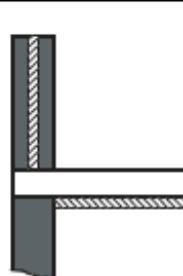
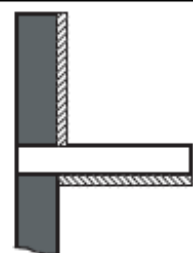
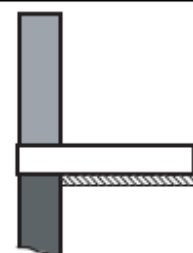
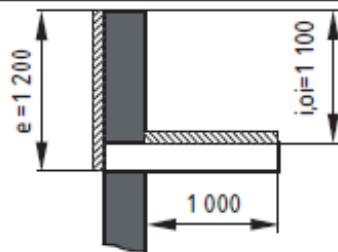
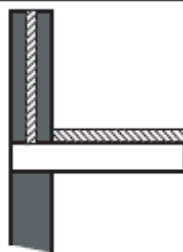
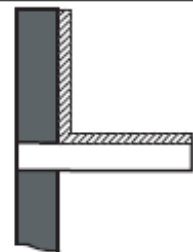
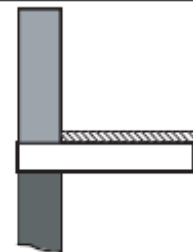
$$\psi_{oi} = 0,20$$

$$\psi_i = 0,20$$

Hőhidak

Vonalmenti hőhidveszteségek , MSZ EN ISO 14683

Felfüggesztett padló lemez

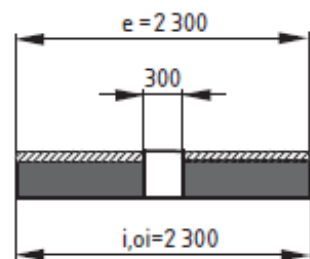
Suspended ground floors			
 <p>GF9</p> $\psi_e = 0,75$ $\psi_{oi} = 0,95$ $\psi_i = 0,95$	 <p>GF10</p> $\psi_e = 0,65$ $\psi_{oi} = 0,85$ $\psi_i = 0,85$	 <p>GF11</p> $\psi_e = 0,55$ $\psi_{oi} = 0,75$ $\psi_i = 0,75$	 <p>GF12</p> $\psi_e = 0,50$ $\psi_{oi} = 0,70$ $\psi_i = 0,70$
 <p>GF13</p> $\psi_e = 0,60$ $\psi_{oi} = 0,80$ $\psi_i = 0,80$	 <p>GF14</p> $\psi_e = 0,45$ $\psi_{oi} = 0,65$ $\psi_i = 0,65$	 <p>GF15</p> $\psi_e = -0,10$ $\psi_{oi} = 0,10$ $\psi_i = 0,10$	 <p>GF16</p> $\psi_e = 0,00$ $\psi_{oi} = 0,20$ $\psi_i = 0,20$

Hőhidak

Vonalmenti hőhídveszteségek , MSZ EN ISO 14683

Bordák

Pillars



P1

$$\begin{aligned}\psi_e &= 1,30 \\ \psi_{oi} &= 1,30 \\ \psi_i &= 1,30\end{aligned}$$



P2

$$\begin{aligned}\psi_e &= 1,20 \\ \psi_{oi} &= 1,20 \\ \psi_i &= 1,20\end{aligned}$$



P3

$$\begin{aligned}\psi_e &= 1,15 \\ \psi_{oi} &= 1,15 \\ \psi_i &= 1,15\end{aligned}$$



P4

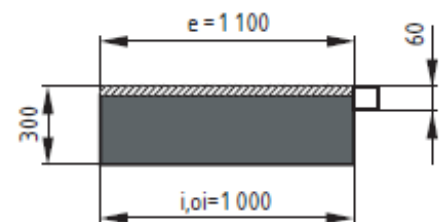
$$\begin{aligned}\psi_e &= 0,90 \\ \psi_{oi} &= 0,90 \\ \psi_i &= 0,90\end{aligned}$$

Hőhidak

Vonalmenti hőhidveszteségek , MSZ EN ISO 14683

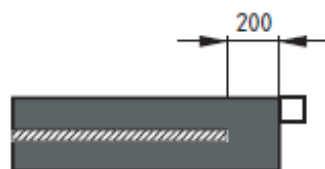
Nyílászárók

Window and door openings



W1

$$\begin{aligned}\psi_e &= 0,00 \\ \psi_{oi} &= 0,00 \\ \psi_i &= 0,00\end{aligned}$$



W2

$$\begin{aligned}\psi_e &= 1,00 \\ \psi_{oi} &= 1,00 \\ \psi_i &= 1,00\end{aligned}$$



W3

$$\begin{aligned}\psi_e &= 0,80 \\ \psi_{oi} &= 0,80 \\ \psi_i &= 0,80\end{aligned}$$



W4

$$\begin{aligned}\psi_e &= 0,15 \\ \psi_{oi} &= 0,15 \\ \psi_i &= 0,15\end{aligned}$$



W5

$$\begin{aligned}\psi_e &= 0,40 \\ \psi_{oi} &= 0,40 \\ \psi_i &= 0,40\end{aligned}$$



W6

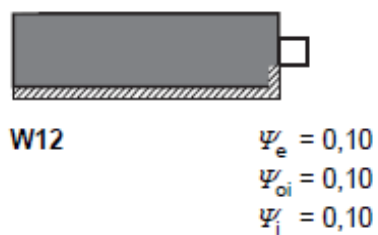
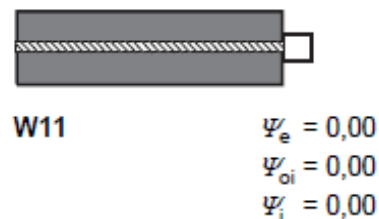
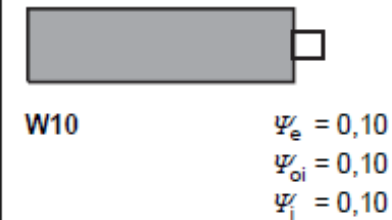
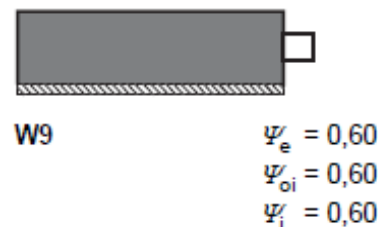
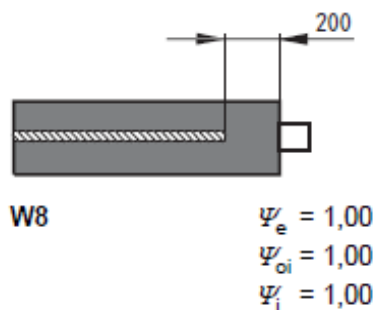
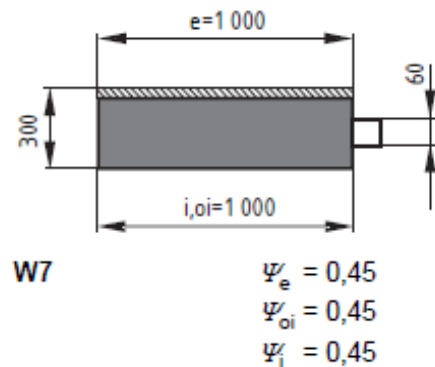
$$\begin{aligned}\psi_e &= 0,10 \\ \psi_{oi} &= 0,10 \\ \psi_i &= 0,10\end{aligned}$$

Hőhidak

Vonalmenti hőhídveszteségek , MSZ EN ISO 14683

Nyílászárók

Window and door openings (continued)

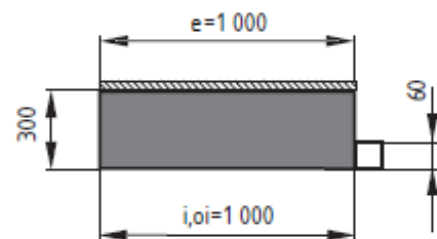


Hőhidak

Vonalmenti hőhídveszteségek , MSZ EN ISO 14683

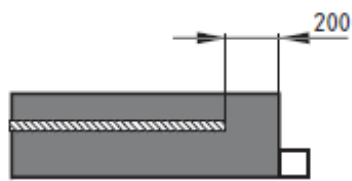
Nyílászárók

Window and door openings (continued)



W13

$$\begin{aligned}\psi_e &= 0,80 \\ \psi_{oi} &= 0,80 \\ \psi_i &= 0,80\end{aligned}$$



W14

$$\begin{aligned}\psi_e &= 1,00 \\ \psi_{oi} &= 1,00 \\ \psi_i &= 1,00\end{aligned}$$



W15

$$\begin{aligned}\psi_e &= 0,00 \\ \psi_{oi} &= 0,00 \\ \psi_i &= 0,00\end{aligned}$$



W16

$$\begin{aligned}\psi_e &= 0,15 \\ \psi_{oi} &= 0,15 \\ \psi_i &= 0,15\end{aligned}$$



W17

$$\begin{aligned}\psi_e &= 0,40 \\ \psi_{oi} &= 0,40 \\ \psi_i &= 0,40\end{aligned}$$



W18

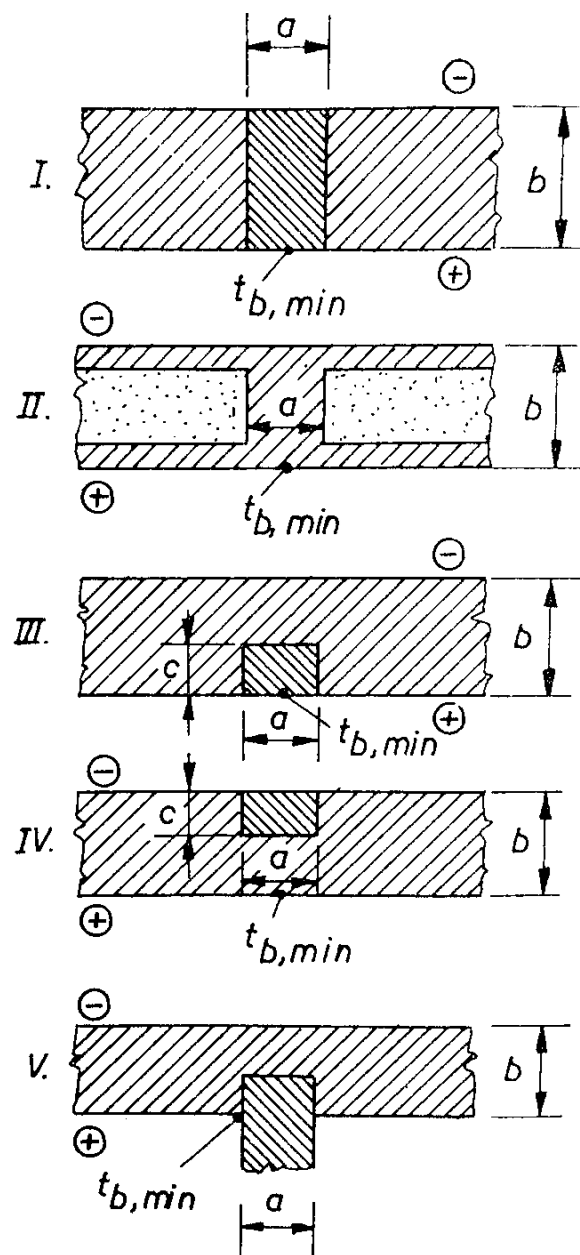
$$\begin{aligned}\psi_e &= 0,20 \\ \psi_{oi} &= 0,20 \\ \psi_i &= 0,20\end{aligned}$$

Hőhidak

Nem homogén szerkezetek

Gyakran kerülnek egymás mellé különböző hővezetési tényezőjű anyagokból készült tartó, hőszigetelő és felületképző rétegek, ezeket összekapcsoló merevítők, bordák, pillérek.

Különböző fajtájú anyagok együttes alkalmazása következtében kialakuló hőhidak öt alaptípusa:



Padlószerkezetek

Talajra fektetett padlószerkezetek és pincefalak

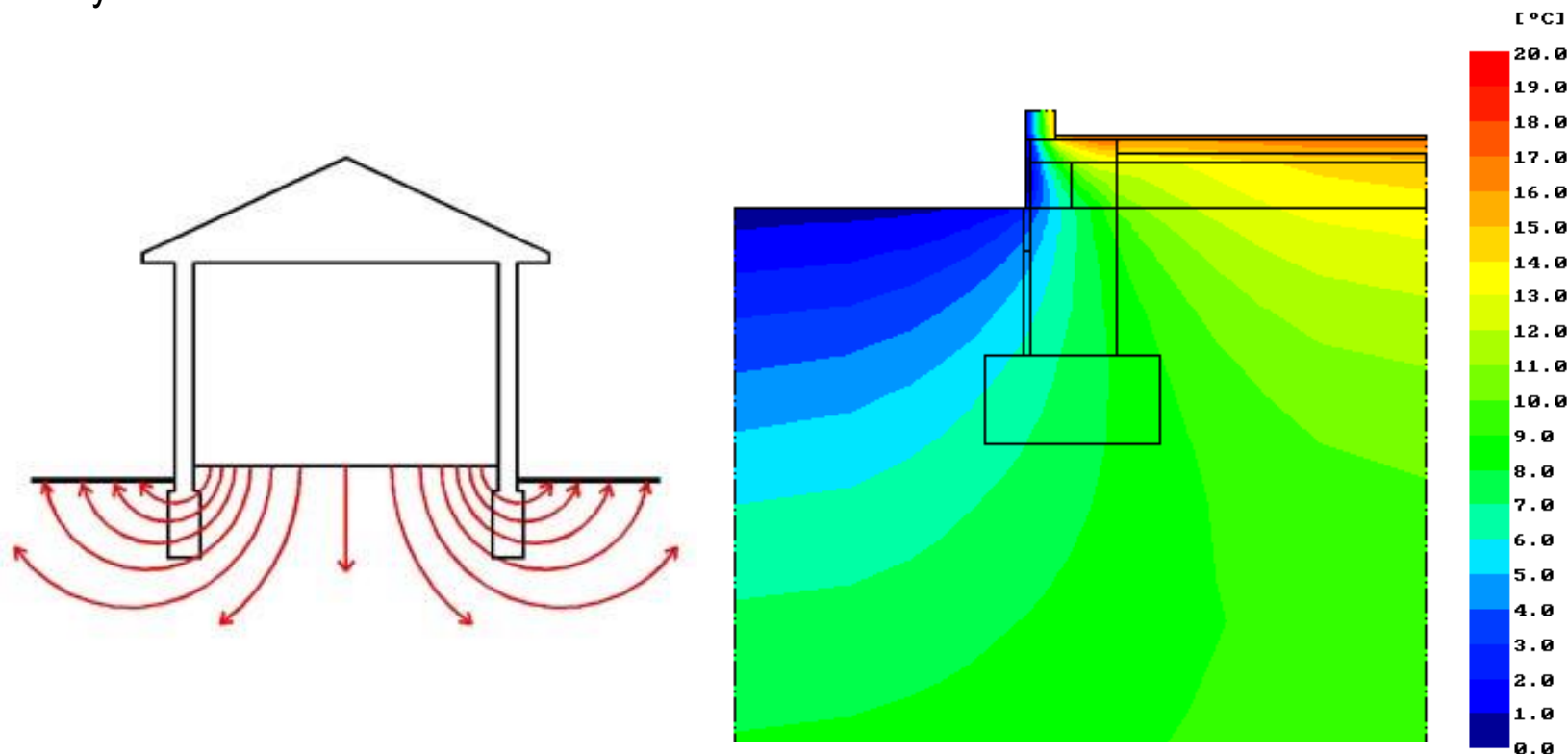
A talajra fektetett padlószerkezetek hőtechnikai méretezése több szempontból is eltér az egyéb határolószerkezetek méretezésétől. Ennek okai a következők:

- a **határolószerkezetek**, vagyis a padlót alkotó rétegek egy olyan **szilárd közeggel érintkeznek**, amely gyakorlatilag végtelen féltérnek tekinthető;
- ha a **talajra fektetett padló és a talaj közötti egydimenziós hőáram alakul ki**, amely kezdetben (a helyiség fűtő- vagy hűtőberendezésének üzembe helyezésekor) viszonylag nagyobb, de az **idő folyamán csökken**, mégpedig annak megfelelően, ahogy a padló alatti talaj egyre inkább felmelegszik vagy lehűl; egy-két hét után a talajba hatoló hőáram a kezdeti érték néhány százalékára csökken;
- a padló alatti átmelegedett vagy áthűlt **talajtömeg jelentős hőmérséklet-stabilizáló hatást gyakorol a helyiségre**, amely ennek következtében kevésbé érzékenyebbé válik a rövid ideig tartó időjárásváltozásokra, a napi periódusú vagy a hét végi fűtési üzemszünetre;
- a **talaj hőmérséklete a felszínhez közelebb érzékenyebben**, a mélyebb rétegkben egyre nagyobb csillapodással és késleltetéssel követi az időjárás változásait, néhány méterrel a felszín alatt pedig gyakorlatilag az egész év folyamán állandó.

Padlószerkezetek

Talajra fektetett padlószerkezetek és pincefalak

A padlónak az épület kontúrához közel eső sávjai és a talaj között **többdimenziós hőáramok** alakulnak ki, az épület alapterületén kívül eső talajtömegek és a talaj felszíne irányában.



Padlószerkezetek

Talajra fektetett padlószerkezetek és pincefalak

A talajra fektetett padló egészén áthaladó hőáram a padló alapterületének nagyságától, az alapterület és a körvonalméret viszonyától függ. A hőszigetelés elsősorban a kerület menti néhány méter szélességű sávban, és/vagy a lábazat és az alapozás felmenőrészeinek függőleges felületein elhelyezve hatékony.

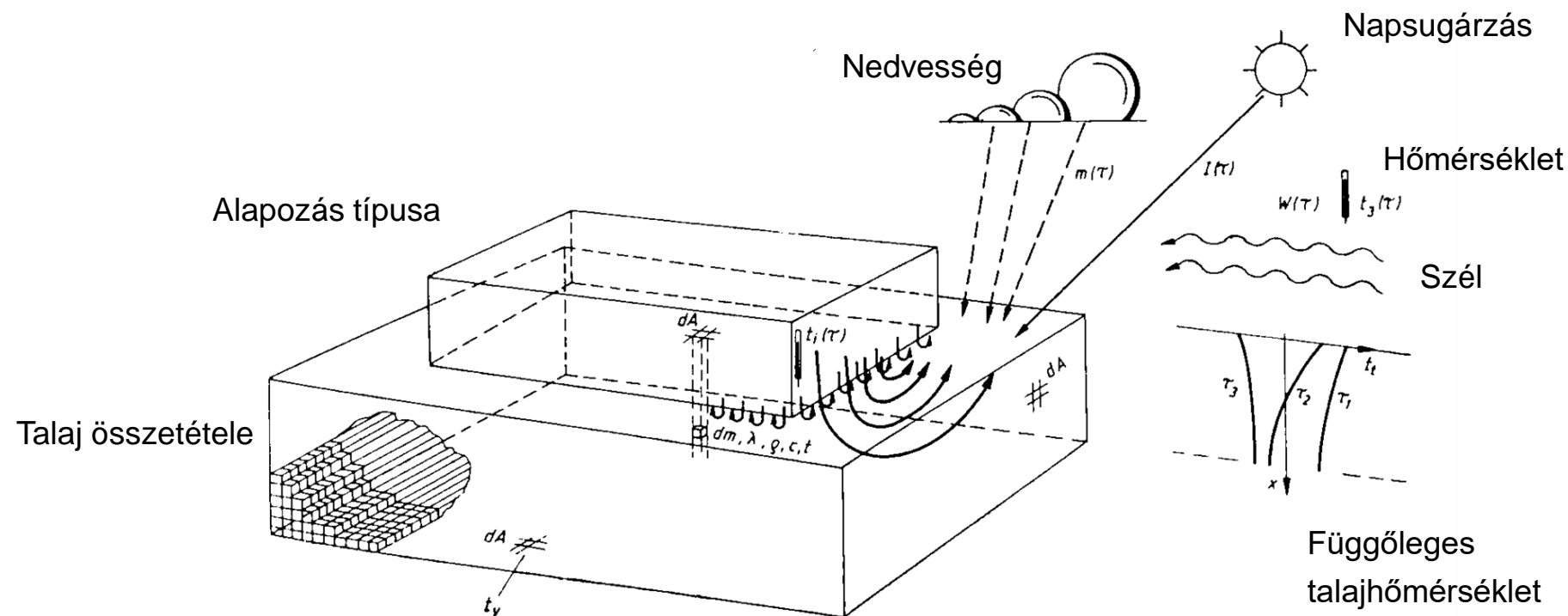
A padlószerkezeteken át a **talajba bejutó hőáram** valamennyire is pontos **számítása meglehetősen bonyolult feladat**, mert:

- A talaj hőtechnikai jellemzőinek pontos értéke nem mindig ismert (sűrűség, fajhő, hővezetési tényező)
- Az épület körvonala mentén – kisebb épületek esetében gyakorlatilag az egész alapterület alatt többdimenziós hőáramok alakulnak ki;
- A talaj hőmérséklete részben az épület, részben az időjárás hatására az épület alatt és az épület körüli sávban is változik.

Padlószerkezetek

Talajra fektetett padlószerkezetek és pincefalak

A feladat megoldható, ha a rendszer energiamérlegét éves periódusú kvázi-stacioner folyamatra határozzuk meg. Egy ilyen terjedelmű feladat megoldására csak különleges esetekben kerül sor, ha kizárólagos igény van rá, habár a talajba irányuló energiaáram az épület energiamérlegének nem döntő jelentőségű tényezője.



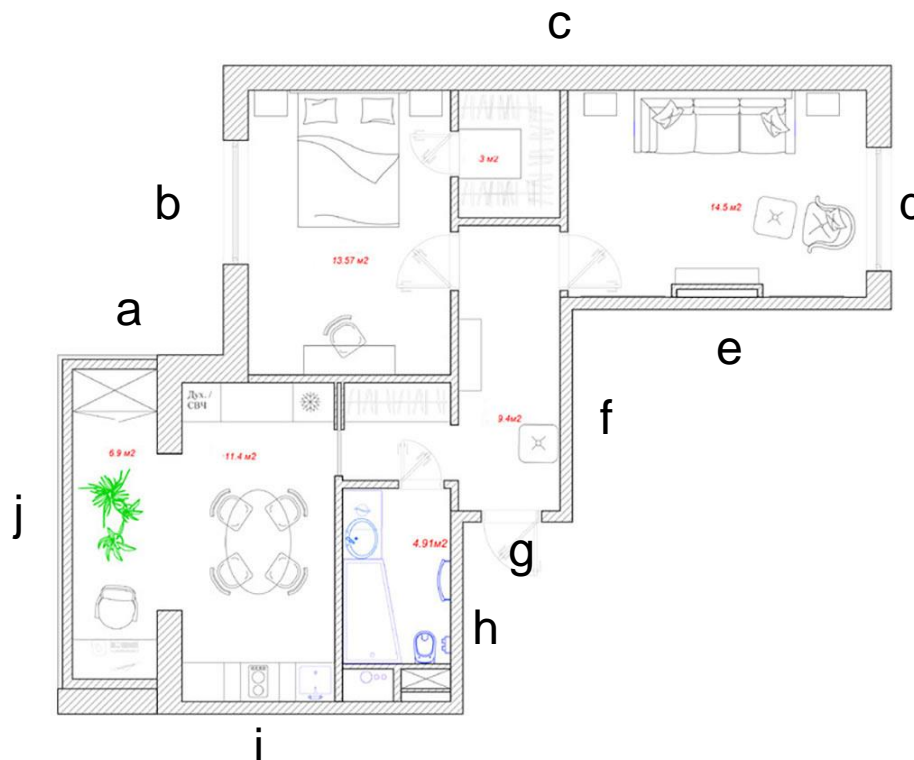
Padlószerkezetek

Talajra fektetett padlószerkezetek és pincefalak

Hővesztés közelítő értéke a körvonalrajz alapján

A tervezés során alkalmazható közelítő összefüggések közös jellemzője az, hogy egy **fiktív hőátviteli tényezőt tartalmaznak és a terület mentén**, a peremzónában kialakuló többdimenziós hőmérsékleteloszlás hatását is tükrözik.

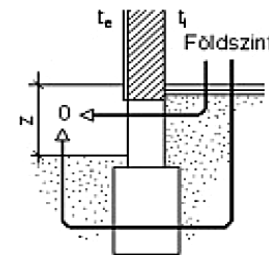
$$Q = L \cdot \Psi \cdot (t_i - t_e) [\text{W}]$$



Padlószerkezetek

Talajra fektetett padlószerkezetek

$$Q = L \cdot \Psi \cdot (t_i - t_e) [\text{W}]$$

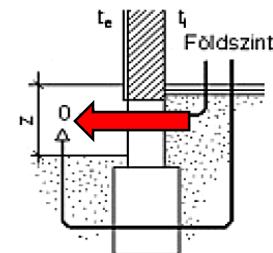


A padló és a talajszint közötti magasságkülönbség [m]	A padlószerkezet hővezetési ellenállása R [m ² K/W]						
	Nem szigetelt	0,20- -0,35	0,40- -0,55	0,60- -0,75	0,80- -1,00	1,05- -1,50	1,55- -2,00
z (m)							
-6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-6,00...-4,05	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
-4,00...-2,55	0,40	0,40	0,35	0,35	0,35	0,35	0,30
-2,50...-1,85	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45
-1,80...-1,25	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,55
-1,20...-0,75	1,00	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65
-0,70...-0,45	1,20	1,05	1,00	0,95	0,90	0,80	0,75
-0,40...-0,25	1,40	1,20	1,10	1,05	1,00	0,90	0,80
-0,20...+0,20	1,75	1,45	1,35	1,25	1,15	1,05	0,95
0,25...0,40	2,10	1,70	1,55	1,45	1,30	1,20	1,05
0,45...1,00	2,35	1,90	1,70	1,55	1,45	1,30	1,15
1,05...1,50	2,55	2,05	1,85	1,70	1,55	1,40	1,25

Padlószerkezetek

Pincefalak

$$Q = L \cdot \Psi \cdot (t_i - t_e) [\text{W}]$$



III.2. táblázat: A pincefalak vonalmenti hőátbocsátási tényezői a kerület hosszegységére vonatkoztatva

A talajjal érintkező falszakasz magassága [m]	A falszerkezet hőátbocsátási tényezője								
	0,30... 0,39	0,40... 0,49	0,50... 0,64	0,65... 0,79	0,80... 0,99	1,00... 1,19	1,20... 1,49	1,50... 1,79	1,80... 2,20
...- 6,00	1,20	1,40	1,65	1,85	2,05	2,25	2,45	2,65	2,80
- 6,00...- 5,05	1,10	1,30	1,50	1,70	1,90	2,05	2,25	2,45	2,65
- 5,00...- 4,05	0,95	1,15	1,35	1,50	1,65	1,90	2,05	2,25	2,45
- 4,05...- 3,05	0,85	1,00	1,15	1,30	1,45	1,65	1,85	2,00	2,20
- 3,00...- 2,05	0,70	0,85	1,00	1,15	1,30	1,45	1,65	1,80	2,00
- 2,00...- 1,55	0,55	0,70	0,85	1,00	1,15	1,30	1,45	1,65	1,80
- 1,50...- 1,05	0,45	0,60	0,70	0,85	1,00	1,10	1,25	1,40	1,55
- 1,00...- 0,75	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,90	1,00	1,15	1,30
- 0,70...- 0,45	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,65	0,80	0,90	1,05
- 0,40...- 0,25	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,65	0,74
- 0,40...	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,45	0,45