

Épületburok számítása részletes módszerrel

Szakmai továbbképzés energetikai tanúsítók részére

Előadó: Dr. Szalay Zsuzsa egy. docens
BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

Figyelem!

Az előadás anyaga szerzői jogvédelem alatt áll, azt a szerző kizárólag a tanfolyam résztvevői számára, saját felhasználásra bocsátotta rendelkezésre, harmadik személyek számára nem átruházható. Jelen dokumentum a szerző írásos engedélye nélkül sem elektronikus, sem más adathordozón nem terjeszthető, másolható.

Számítási módszerek a 7/2006. TNM rendeletben



Egyszerűsített módszer

A rendelet által megadott közelítő összefüggések, bizonyos elhanyagolások megengedettek

A biztonság javára téved!

Részletes módszer

Vonatkozó EN, MSZ szabvány vagy számítógépes módszer

Pontosabb eredményeket ad!

Számítógépes szimulációs módszer

A rendelet által megadott módszerrel egyenértékű, a nemzetközi gyakorlatban elfogadott szimulációs módszerrel

Szabadság a módszerek megválasztásában (akár lépésenként felváltva)
Az épületek sokfélék
Pontosság – ráfordított idő

Az épület besorolása (2016-tól)

- „AA” vagy annál jobb besorolás csak akkor adható:
 - ha **részletes módszerrel vagy dinamikus szimulációval készült a számítás**. A dinamikus szimulációs esetén is a TNM-ben meghatározott méretezési alapadatokkal egyenértékű adatokkal kell végezni a méretezést.
 - ha a hőtermelő időjárásfüggő szabályozása megoldott,
 - ha a hűtési és fűtési rendszer helyiségenkénti szabályozhatósága megoldott,
 - ha az önálló tulajdonú vagy külön bérbe adható épületrészek energiafogyasztásának mérése külön legalább költségosztók felszerelésével vagy egyedi mérőkkel megoldott.

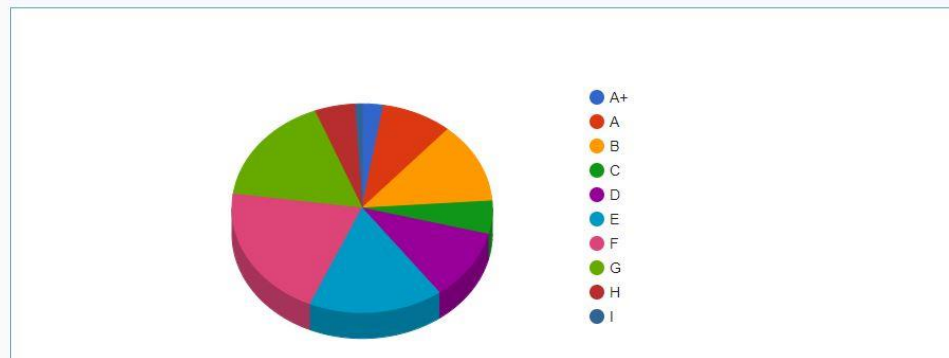
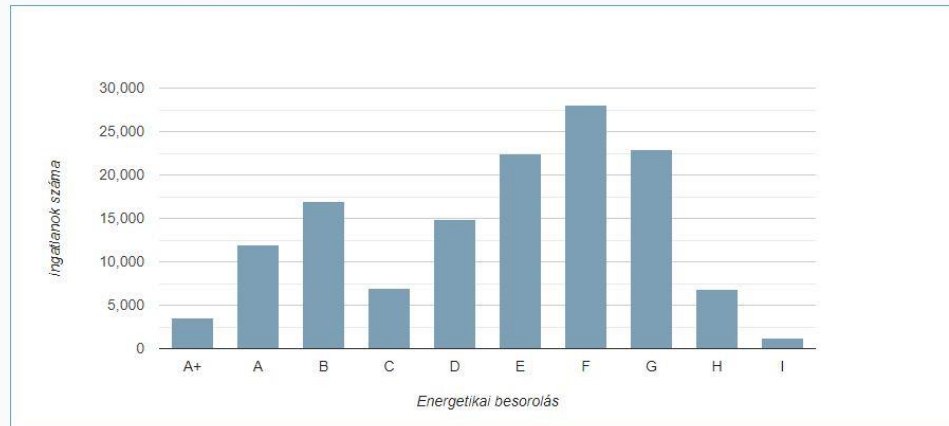
Energetikai tanúsítványok megoszlása

Paraméterek - dinamikus

Ingtatlan megyéje: [országos] Tanúsítás éve: 2015 Épület típus: [mind]

Lekérdezés típusa: Energetikai besorolás szerint

Figyelembe vett tanúsítványok száma: 135783 db

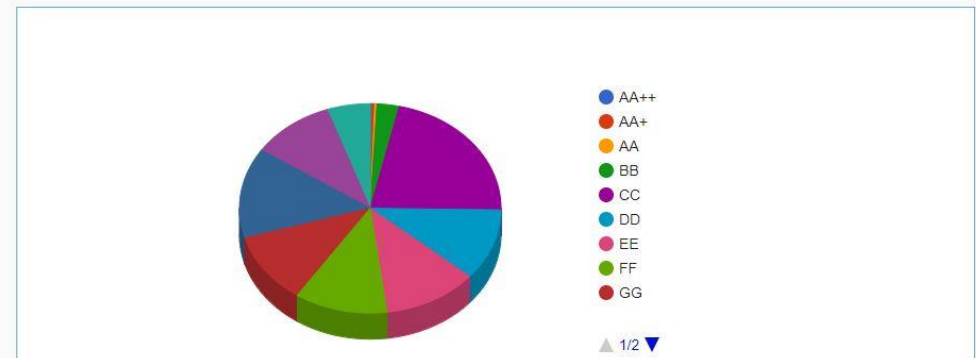
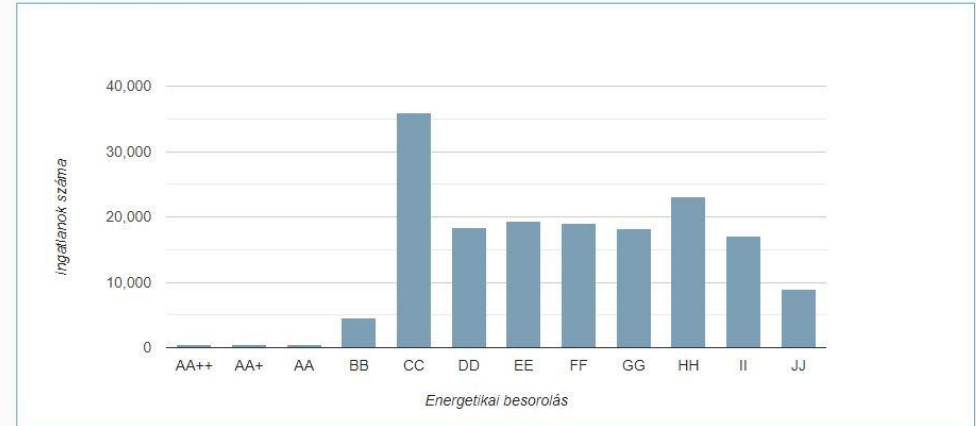


Paraméterek - dinamikus

Ingtatlan megyéje: [országos] Tanúsítás éve: 2019 Épület típus: [mind]

Lekérdezés típusa: Energetikai besorolás szerint

Figyelembe vett tanúsítványok száma: 165735 db



https://entan.e-epites.hu/?stat_megoszlas

„Elágazások” – részletesen vagy egyszerűsített módszerrel

- A rétegtervben szereplő inhomogeneitásból származó hőhidak
- Fűtetlen terek hatása
- Talajjal érintkező szerkezetek veszteségáramai
- Csatlakozási hőhidveszteségek
- Benapozás ellenőrzése
- Fajlagos hőtároló tömeg
- Direkt sugárzási nyereség fűtési idényre vonatkoztatva (Q_{sd})
- Direkt sugárzási nyereség egyensúlyi hőmérséklet számításához (Q_{sd})
- Nyári sugárzási hőterhelés ($Q_{sdnyár}$)
- Indirekt sugárzási nyereség (Q_{sid})
- Egyensúlyi hőmérsékletkülönbség – hőfokhíd és idényhossz
- A fűtési és melegvízellátó rendszer teljesítménytényezője (hatásfok), a veszteségek és a segédenergia igény (elosztó vezetékek hővesztesége, szivattyúk villamos energiafogyasztása)
- Helyiség-hőmérséklet ???

A „részletes” módszer

BB vagy jobb besorolású épületek tanúsítása - kamarai figyelemfelívás

Az 1997. évi LXVIII. törvény (étv) 38. C paragrafusban kapott felhatalmazás alapján a Budapesti és Pest Megyei Mérnöki Kamara az e-tanúsítás alkalmazásba feltöltött tanúsítványok 2.5%-át ellenőrzi. Az ellenőrzés kiterjed a tanúsítványok szakmai alátámasztó munkarészére, illetve a tanúsítványok 0.5 %-a esetében helyszíni ellenőrzés is történik.

Az ellenőrzések tapasztalatai alapján a BPMK az alábbiakra kívánja felhívni a tanúsító szakemberek figyelmét:

„BB” vagy annál jobb besorolású épület esetén az alátámasztó munkarésznek tartalmaznia kell a megújuló részarány meghatározását [Korm. rend 2. sz. melléklet, 2.15]. Az alátámasztó munkarészben igazolni kell a megújuló részarányra vonatkozó feltétel teljesülését.

AA” vagy annál jobb besorolás csak a kormányrendelet szerinti részletes módszerrel vagy dinamikus szimulációval alátámasztott módon adható. [Korm. Rend 3. sz. melléklet, 3.]. Részletes módszer esetén ez a következőket jelenti:

- A hőhidak számítása hőhidkatalógussal, az MSZ EN ISO 10211 szabvány szerint, esetleg csomóponti modellezéssel történik. [TNM rend. 2. sz. melléklet, II. 6.]
- Az esetleges indirekt szoláris nyereségek (csatlakozó üvegház, energiagyűjtő fal) az MSZ EN ISO 13790 szabvány szerint, vagy egyéb részletes módszerrel kerülnek meghatározásra. [TNM rend. 2. sz. melléklet. III. 6.]
- A fűtési hőfokhid értéke és a fűtési idény hosszának számítása részletes módszerrel történik. [TNM. rend 3. sz. melléklet. III. I. Éghajlati adatok 1.]
- A talaj felé irányuló veszteségek számítása az EN 13370 szabvánnyal vagy egyéb részletmódszerrel történik. [TNM rend. 2. sz. melléklet II. 5.]
- A hőtermelők teljesítménytényezőjének figyelembevétele nem a TNM rendelet egyszerűsített módszere szerint, hanem minősítési iratok (katalógus, gázkazán címke, független tanúsító szervezet) alapján történik. [TNM rend.2. sz. melléklet VI.1.]

„Elágazások” – részletesen vagy egyszerűsített módszerrel

- A rétegtervben szereplő inhomogeneitásból származó hőhidak
- Fűtetlen terek hatása
- **Talajjal érintkező szerkezetek veszteségáramai**
- **Csatlakozási hőhidveszteségek**
- Benapozás ellenőrzése
- Fajlagos hőtároló tömeg
- Direkt sugárzási nyereség fűtési idényre vonatkoztatva (Q_{sd})
- Direkt sugárzási nyereség egyensúlyi hőmérséklet számításához (Q_{sd})
- Nyári sugárzási hőterhelés ($Q_{sdnyár}$)
- Indirekt sugárzási nyereség (Q_{sid})
- **Egyensúlyi hőmérsékletkülönbség – hőfokhid és idényhossz**
- **A fűtési és melegvízellátó rendszer teljesítménytényezője** (hatásfok), a veszteségek és a segédenergia igény (elosztó vezetékek hővesztesége, szivattyúk villamos energiafogyasztása)
- Helyiség-hőmérséklet ???

Hőátbocsátási tényező

A hőátbocsátási tényező

- „Rétegtervi” hőátbocsátási tényező:

az adott épülethatároló szerkezet **átlagos** hőátbocsátási tényezője: ha tehát a szerkezet, vagy annak egy része több anyagból összetett (pl. váz- vagy rögzítőelemekkel megszakított hőszigetelés, pontszerű hőhidak, stb.), akkor ezek hatását is tartalmazza.

Csatlakozási hőhidakat nem tartalmaz!

- **A nyílászáró szerkezetek** esetében a keretszerkezet, üvegezés, üvegezés távtartói stb. hatását is tartalmazó átlagos hőátbocsátási tényezőt kell figyelembe venni. Szerkezeten belüli hőhidak hatását is (távtartó, üvegezés és keret csatlakozása). Tartalmazhatja a társított szerkezetek (redőny stb.) hatását is: „nyitott” és „csukott” számtani átlaga.

- A csekély számszerű eltérésre tekintettel a **talajjal** érintkező szerkezetek esetében a külső oldali hőátadási tényező hatása elhanyagolható.

A hőátbocsátási tényező

A hővezetési ellenállás reciproka a **hőátbocsátási tényező**: U [W/m²K]
Homogén rétegekből álló szerkezet esetén:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + \sum_{j=1}^{j=n} R_j + R_{se}} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum_{j=1}^{j=n} \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{h_e}}$$

R_T	eredő hővezetési ellenállás [m ² K/W]
R_{si}	belső hőátadási ellenállás [m ² K/W]
R_{se}	külső hőátadási ellenállás [m ² K/W]
h_i	belső oldali hőátadási tényező [W/m ² K] (használatos α_i jelölés is)
h_e	külső oldali hőátadási tényező [W/m ² K] (használatos α_e jelölés is)
d_j	réteg vastagsága [m]
λ_j	réteg tervezési hővezetési tényezője [W/mK]

TNM rendelet: „A rétegterv hőátbocsátási tényezőjét befolyásoló tényezők számításba vételére megfelelő megoldás az MSZ EN ISO 6946 szabvány szerinti vagy azzal azonos eredményt adó számítás.”

Felületi hőátadás

- Hőátadási tényező: a felület és a környezet közötti hőcserét jellemzi: sugárzás és átadás

h [W/m^2K]

(Régen α jelölés)

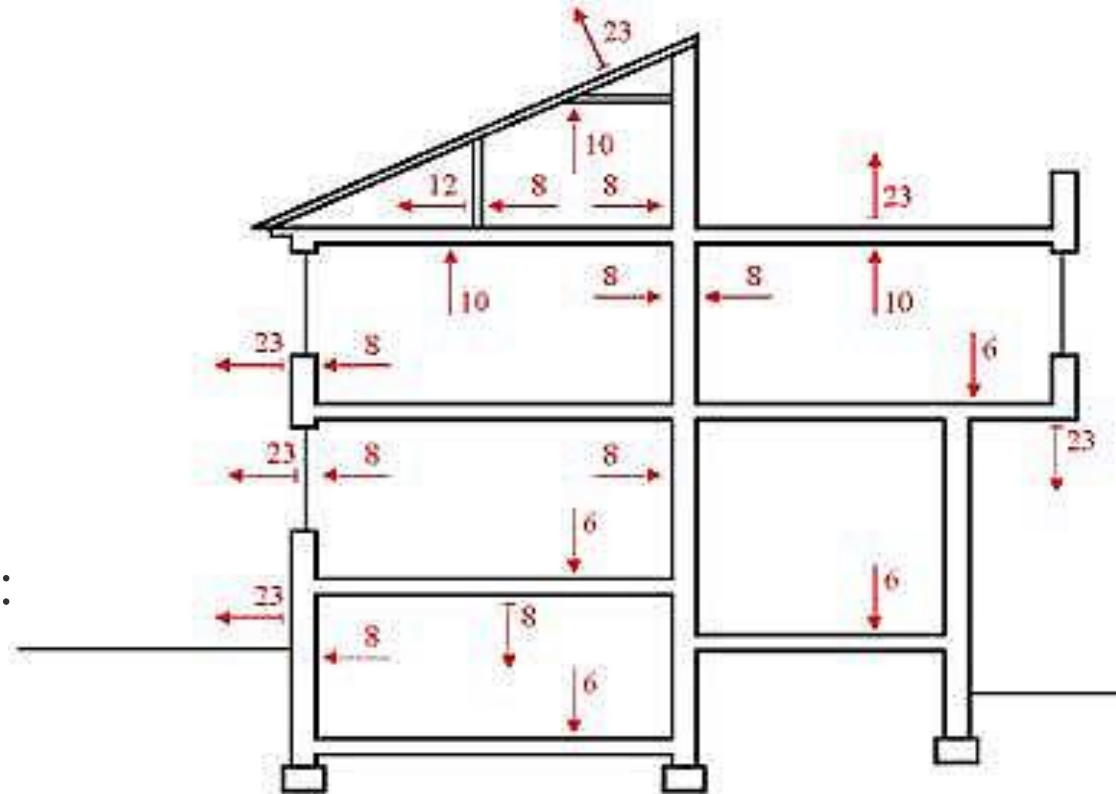
- Hőátadási ellenállás:

a hőátadási tényező reciproka:

$R_s = 1/h$ [m^2K/W]

i index- belső oldal (internal)

e index- külső olda (external)



MSZ EN ISO 6946:2008: Általános eset, mindkét oldalon levegővel határos szerkezet

Hőátadási ellenállás	A hőáram iránya		
	Felfelé	Vízszintes	Lefelé
$m^2 \cdot K/W$			
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

Hővezetési tényező

- **Deklarált (közölt) hővezetési tényező:** laboratóriumi körülmények között, szabványos méréssel, adott hőmérséklet és nedvességtartalom mellett határozzák meg (általánosságban +10 °C-on, kiszárított állapotban, öregítéssel). Korrigálni kell a beépítési körülmények miatt.
- **Tervezési hővezetési tényező:** beépített állapotban, a rendeltetésszerű használat során fellépő hatásoknak kitett anyagra vonatkozik. Amennyiben a laboratóriumi szabványos mérés körülményei eltérnek a jellemző beépítési feltételektől, a deklarált hővezetési tényezőt korrigálni kell.

Ezzel kell számolni!

Hővezetési tényező – honnan vegyük?

MSZ 24140:

„Az anyag- és szerkezetjellemzők értékeit a termék minősítő irata alapján, illetve az MSZ EN ISO 10456 szerint kell figyelembe venni. Meglévő szerkezetek esetében megbízható adatok hiányában az ezen szabvány mellékleteiben található anyagjellemzők használhatók.”

Az anyag megnevezése		Sűrűség (kg/m ³)	Hővezetési tényező (W/mK)	Fajhő (KJ/kgK)	Páradiffúziós tényező (kg/mPas ⁻¹)
Hőszigetelés	üveggyapot	12	0,035–0,048	0,75	0,13
	üveggyapot	40	0,035–0,048	0,75	0,13
	üveggyapot	80	0,035–0,048	0,75	0,13
	kőzetgyapot	100	0,035–0,048	0,75	0,13
	kőzetgyapot	56	0,035–0,048	0,75	0,13
	kőzetgyapot	100	0,035–0,048	0,75	0,13
	kőzetgyapot	148	0,035–0,048	0,75	0,13
	EPS	16	0,04	1,46	0,0045
	EPS	25	0,038–0,045	1,46	0,0027
	EPS	49	0,035–0,047	1,46	0,0019
	PUR hab	35	0,022–0,034	1,42	0,001–0,0045

MSZ 24140

Építési anyagok fizikai tulajdonságai páratechnikai méretezéshez, kivonat

Hővezetési tényező – honnan vegyük?

Termék minősítő irata:
Általában a deklarált
(közölt) értéket adják
meg: korrigálni kell

Austrotherm: Műszaki adatlap

Termékosztály : EPS 80

AT-H80

Műszaki jellemzők

	Mértékegység		Szabvány szerinti osztály vagy fokozat	
Nyomófeszültség 10 %-os összenyomódásnál	kPa	≥ 80	CS(10)80	
Hajlítószilárdság	kPa	≥ 125	BS125	
Felületre merőleges húzószilárdság	kPa	≥ 150	TR150	
Hővezetési tényező (közölt érték)	W/(m·K)	0,038		
Hővezetési tényező (tervezési érték)	W/(m·K)	0,039		
Páradiffúziós ellenállási szám	-	20 - 40	-	
Páradiffúziós tényező	mg/(Pa·h·m)	0,036 – 0,018	-	
Méretállandóság normál klímán	%	± 0,2	DS(N)2	
Méretállandóság adott hő- és nedvességtartalom esetén	%	3	DS(70,-)3	
Tűzvédelmi osztály	-		E	
Méret- pontosság	vastagság	mm	± 1	T1
	hosszúság	mm	± 2	L2
	szélesség	mm	± 2	W2
	derékszögűség	mm / 1000 mm	± 2	S2
	síklapúság	mm	± 5	P5

Hővezetési tényező – honnan vegyük?

MSZ EN ISO 10456 szabvány szerint:

Táblázatos anyagjellemzők: tervezési értékeket tartalmaz: sok anyagra (hőszigetelések ebben nincsenek)

Material group or application		Density ρ kg/m ³	Design thermal conductivity λ W/(m·K)	Specific heat capacity c_p J/(kg·K)	Water vapour resistance factor	
					μ	
					dry	wet
Asphalt		2 100	0,70	1 000	50 000	50 000
Bitumen	Pure	1 050	0,17	1 000	50 000	50 000
	Felt/sheet	1 100	0,23	1 000	50 000	50 000
Concrete^a	Medium density	1 800	1,15	1 000	100	60
		2 000	1,35	1 000	100	60
		2 200	1,85	1 000	120	70
	High density	2 400	2,00	1 000	130	80
	Reinforced (with 1 % of steel)	2 300	2,3	1 000	130	80
	Reinforced (with 2 % of steel)	2 400	2,5	1 000	130	80
Floor coverings	Rubber	1 200	0,17	1 400	10 000	10 000
	Plastic	1 700	0,25	1 400	10 000	10 000
	Underlay, cellular rubber or plastic	270	0,10	1 400	10 000	10 000
	Underlay, felt	120	0,05	1 300	20	15
	Underlay, wool	200	0,08	1 300	20	15
	Underlay, cork	< 200	0,05	1 500	20	10
	Tiles, cork	> 400	0,065	1 500	40	20
	Carpet / textile flooring	200	0,08	1 300	5	5
	Linoleum	1 200	0,17	1 400	1 000	800
Gases	Air	1,23	0,025	1 008	1	1
	Carbon dioxide	1,95	0,014	820	1	1
	Argon	1,70	0,017	519	1	1
	Sulphur hexafluoride	6,38	0,013	614	1	1
	Krypton	3,58	0,009 0	245	1	1
	Xenon	5,88	0,005 4	160	1	1
Glass	Soda lime glass (including "float glass")	2 500	1,00	750	0	0
	Quartz glass	2 200	1,40	750	0	0
	Glass mosaic	2 000	1,20	750	0	0
	Ice at -10 °C	920	2,30	2 000	—	—

MSZ EN ISO
10456, kivonat

A hővezetési tényező korrekciója - RÉGEN

$$\lambda_{be} = \lambda \cdot (1 + \kappa) \quad [W / mK]$$

**MSZ-04-140-2: 1991 szabvány
2012-ben VISSZAVONTÁK**

ahol:

λ gyártó által megadott hővezetési tényezője, W/mK
 κ korrekciós tényező

Anyag és beépítési mód	korrekciós tényező
Polisztirol hab, amelyre rávakolnak vagy rábetonoznak	0.42
Perlitbeton (r \approx 400 kg/m ³), amelyre rábetonoznak	0.57
Bitumoperlit (r \approx 300 kg/m ³), amelyre rábetonoznak	0.51
Expanzit, amelyre rávakolnak	0.20
Polisztirol hab két falazott réteg között	0.10
Isolyth két falazott réteg között	0.10
Perlit ömlesztve, két falazott réteg között	0.38
Poliuretán (40 kg/m ³) kiszellőztetett légrétegben	0.25
Izofen kiszellőztetett légrétegben	0.25
NIKECELL kiszellőztetett légrétegben	0.50

MSZ 04-140-2: 1991

A hővezetési tényező korrekciója, MSZ EN ISO 10456

Deklarált hővezetési tényező
Szabványos mérési körülmények

Tulajdonság	Mérési körülmények			
	I (10 °C)		II (23 °C)	
	a)	b)	a)	b)
Hőmérséklet	10 °C	10 °C	23 °C	23 °C
Nedvességtartalom	$U_{\text{száraz}}$	$U_{23,50}$	$U_{\text{száraz}}$	$U_{23,50}$
Kor	öregített	öregített	öregített	öregített
$U_{\text{száraz}}$ szárítással elért alacsony nedvességtartalom $U_{23,50}$ 23 °C és 50% relatív páratartalom mellett elért egyensúlyi állapot mellett nedvességtartalom				

MSZ EN ISO 10456: Szabványos mérési körülmények

A hővezetési tényező korrekciója, MSZ EN ISO 10456

1. számú feltételek (pl. mérési) átszámítása 2. számú feltételekre (pl. beépítési):

$$\lambda_2 = \lambda_1 F_T F_m F_a$$

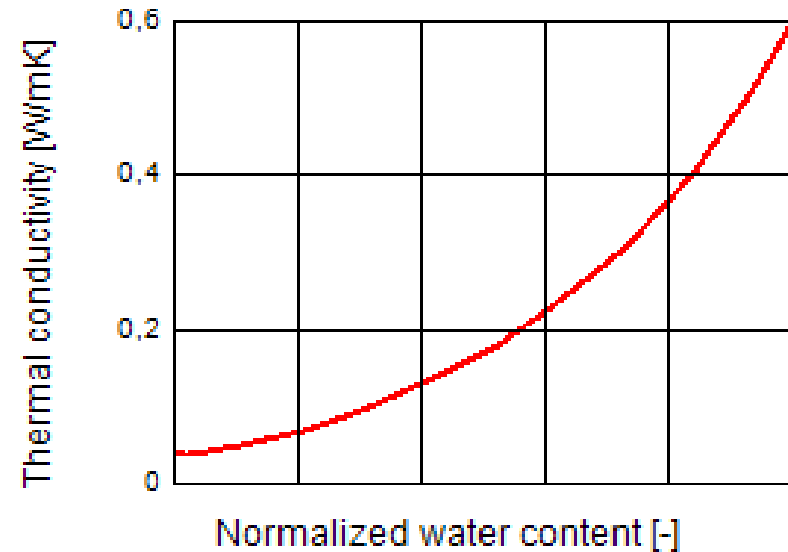
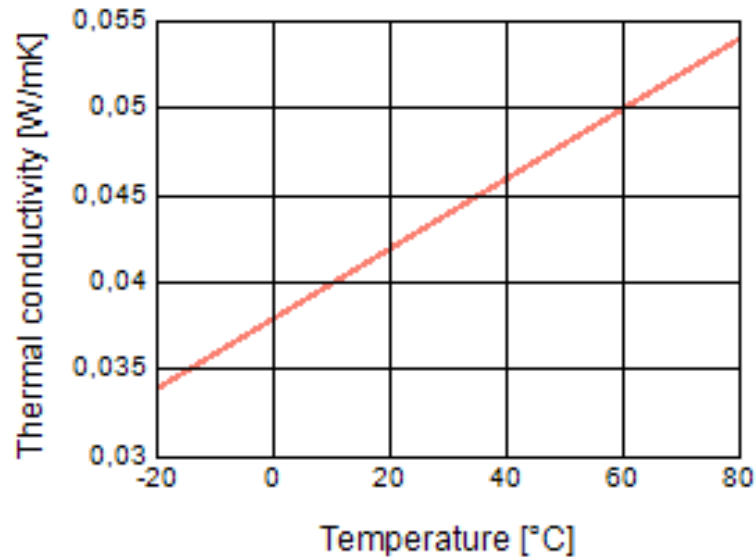
F_T : hőmérséklet átszámítási tényező: a szabványos mérési feltételektől eltérő hőmérséklet hatása,

F_m : nedvességtartalom átszámítási tényező: a szabványos mérési feltételektől eltérő nedvességtartalom hatása,

F_a : avulási átszámítási tényezővel: az avulás hatása

Tényezők számítása a szabványban megadott táblázatos értékek alapján vagy méréssel

A hővezetési tényező korrekciója, MSZ EN ISO 10456



Fraunhofer mérés, EPS (30 kg/m³)

A hővezetési tényező korrekciója, MSZ EN ISO 10456

F_T : hőmérséklet átszámítási tényező

A szabványos mérési feltételektől eltérő hőmérséklet hatása

$$F_T = e^{f_T(T_2 - T_1)}$$

ahol

f_T	hőmérséklet átszámítási együttható – táblázatos érték	
T_1	hőmérséklet az 1. körülmények mellett	
T_2	hőmérséklet a 2. körülmények mellett	(várható átlagérték beépített állapotban)

Szigetelések és falazatok esetén lehet jelentős, más anyagok esetén elhanyagolható

A hővezetési tényező korrekciója, MSZ EN ISO 10456

F_T : hőmérséklet átszámítási tényező

f_T hőmérséklet átszámítási együttható (0-30 °C közötti értékekre)

PI.
expandált
polisztirol

Thickness d mm	Conductivity λ W/(m·K)	Conversion coefficient f_T 1/K
$d < 20$	0,032	0,003 1
	0,035	0,003 6
	0,040	0,004 1
	0,043	0,004 4
$20 < d < 40$	0,032	0,003 0
	0,035	0,003 4
	0,040	0,003 6
$40 < d < 100$	0,032	0,003 0
	0,035	0,003 3
	0,040	0,003 6
	0,045	0,003 8
	0,050	0,004 1
$d > 100$	0,032	0,003 0
	0,035	0,003 2
	0,040	0,003 4
	0,053	0,003 7

MSZ EN ISO 10456: hőmérséklet átszámítási együtthatók,
kivonat

A hővezetési tényező korrekciója, MSZ EN ISO 10456

F_T : hőmérséklet átszámítási tényező

Példa: 8 cm EPS ($\lambda_D = 0,038$ W/mK)
tégla falon

$$F_T = e^{f_T(T_2 - T_1)}$$

$f_T = 0,0035$ (táblázat, interpolálva)

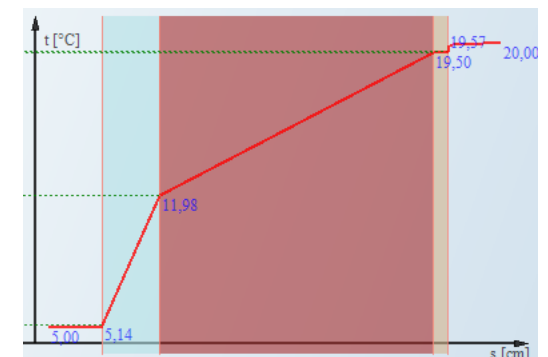
$T_1 = 10$ °C szabványos mérés

$T_2 = 7,86$ °C (stacioner számítás, + 4 °C
átlagos téli hőmérséklet)

$$F_T = e^{0,0035(7,86 - 10)} = 0,9925$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 F_T = 0,038 * 0,9925 = 0,0377 \text{ W/mK}$$

	d (m)	lambda (W/mK)	R (m2K/W)	deltaT (K)	T
					20,00
belső			0,125	0,441788	
					19,56
vakolat	0,02	0,93	0,021505	0,076006	
					19,48
tégla	0,38	0,17	2,235294	7,900201	
					11,58
EPS	0,08	0,038	2,105263	7,440633	
					4,14
külső			0,04	0,141372	
					4,00
			4,527063	16	
			3,534301		



A hővezetési tényező korrekciója, MSZ EN ISO 10456

F_a : avulási átszámítási tényezővel

Az avulás hatása függ anyagtól, felületképzéstől, hőmérséklettől, anyagvastagságtól...

Kísérletekkel validált elméleti modellek. Nincsenek egyszerű szabályok

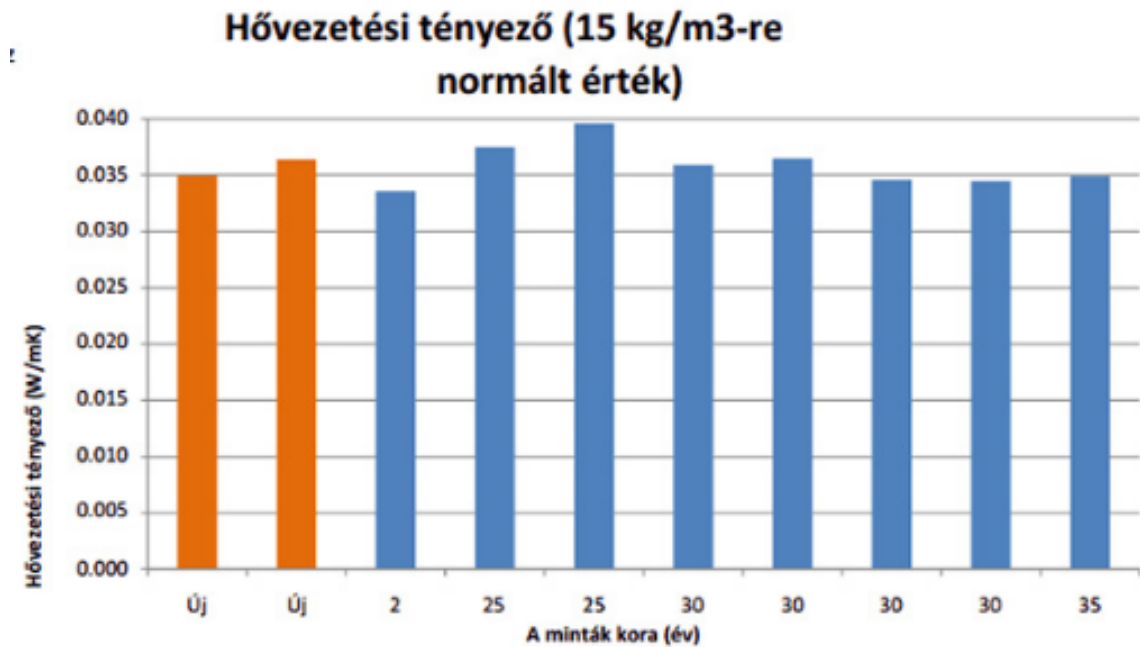
Ha a deklarált érték öregített anyagra vonatkozik, akkor nem kell további korrekció.

Szabvány nem tartalmaz avulási együtthatókat

Avulás hatása

EPS minták mérése

- Első homlokzati szigetelés 1957-ben
- EMPA mérések Németországban
- Hővezetési tényező alig változott
- Nyomószilárdság 7% csökkenés
- Elsősorban vakolat öregszik
- EPS várható élettartama 75 év



<http://www.austrotherm.hu/hirek/meddig-el-a-hoszigeteles.html>

Légrétegek hővezetési ellenállása, MSZ EN ISO 6946

Szabvány szerinti számítási módszer:

- A légréteget két párhuzamos, a hőáram irányára merőleges felület határolja
- Szokványos felületek (nagy emissziós tényező, $> 0,8$)
- A vastagságához képest nagy kiterjedésű (kevesebb a vastagsága a másik két méret 0,1-szeresénél)
- 0,3 m-nél nem vastagabb
- a belső környezettel nincs kapcsolatban

Egyéb esetben a szabványban megadott pontosabb módszer.

Légrétegek csoportosítása:

- Nem vagy gyengén szellőztetett légréteg
- kismértékben kiszellőztetett légréteg
- intenzíven kiszellőztetett légréteg

Légrétegek hővezetési ellenállása, MSZ EN ISO 6946

Nem vagy gyengén szellőztetett légréteg

- Függőleges légrétegek esetén: a nyílások nem haladják meg az 500 mm^2 -t ($A_v < 500 \text{ mm}^2$) 1 m hosszra vetítve (vízszintes irányban)
- Azon vízszintes légrétegek, ahol a nyílások nem haladják meg az 500 mm^2 -t ($A_v < 500 \text{ mm}^2$) 1 m^2 felületre vetítve.

A légréteg vastagsága (mm)	$R_{T,U}$ hővezetési ellenállás [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$] A hőáram iránya*		
	Felfelé	Vízszintes	Lefelé
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

* MEGJEGYZÉS: A közbenső értékek lineáris interpolációval számíthatók.

MSZ EN ISO 6946: Zárt, nagy emissziós tényezőjű felületekkel határolt légrétegek hővezetési ellenállása

Légrétegek hővezetési ellenállása, MSZ EN ISO 6946

Intenzíven kiszellőztetett légréteg

- Függőleges légrétegek esetén $A_v \geq 1500 \text{ mm}^2$ 1 m hossza vetítve (vízszintes irányban);
- Vízszintes légrétegek esetén $A_v \geq 1500 \text{ mm}^2$ 1 m² felületre vetítve

A légréteg és a légréteget a külső környezettől elválasztó réteg(ek) hővezetési ellenállása elhanyagolható.

Felületi hőátadási ellenállás:

- a nyugvó levegőhöz tartozó érték vagy
- az R_{si} belső hőátadási ellenállás megfelelő értéke is használható.

Légrétegek hővezetési ellenállása, MSZ EN ISO 6946

Kismértékben kiszellőztetett légréteg

Zárt és intenzíven kiszellőztetett légréteg között:

- Függőleges légrétegek esetén: $500 \text{ mm}^2 < A_v < 1500 \text{ mm}^2$
1 m hossza vetítve (vízszintes irányban)
- vízszintes légrétegek esetén: $500 \text{ mm}^2 < A_v < 1500 \text{ mm}^2$
1 m² felületre vetítve.

$$R_T = \frac{1500 - A_v}{1000} R_{T,u} + \frac{A_v - 500}{1000} R_{T,v}$$

$R_{T,u}$

a nem szellőztetett légréteg eredő hővezetési ellenállása;

$R_{T,v}$

az intenzíven kiszellőztetett légréteg eredő hővezetési ellenállása

A hőátbocsátási tényező korrekciója

TNM rendelet: „A rétegterv hőátbocsátási tényezőjét befolyásoló tényezők számításba vételére megfelelő megoldás az MSZ EN ISO 6946 szabvány szerinti vagy azzal azonos eredményt adó számítás.”

Korrekciók az MSZ EN ISO 6946 szerint:

- Inhomogén rétegek: pl. szarufák vagy vázoszlopok
- Változó vastagságú réteg: pl. lapostető lejtésadó rétege
- Mechanikai rögzítőelemek
- Hézagok, légüregek
- Fordított rétegrendű lapostető

Inhomogén rétegek - elemen belüli hőhidak

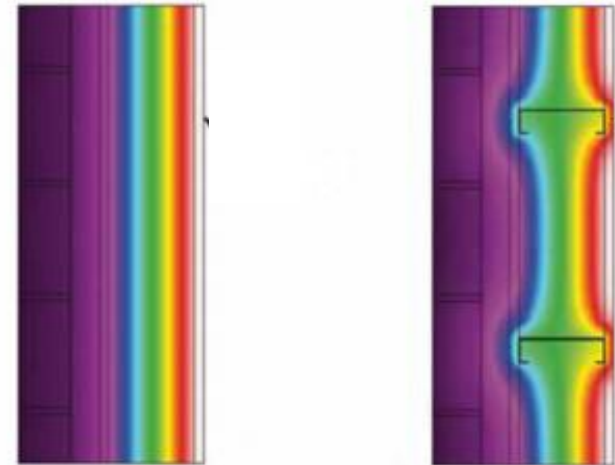
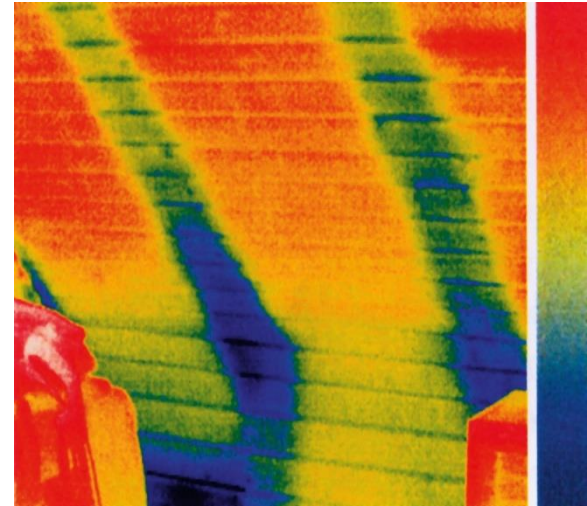
Elemen belüli hőhidak (pl. oszlopok, pillérek, szarufák, szerelt burkolatot tartó bordák):

Egyszerűsített:

- Gyártói megadás
- MSZ EN ISO 6946 szabvány szerint

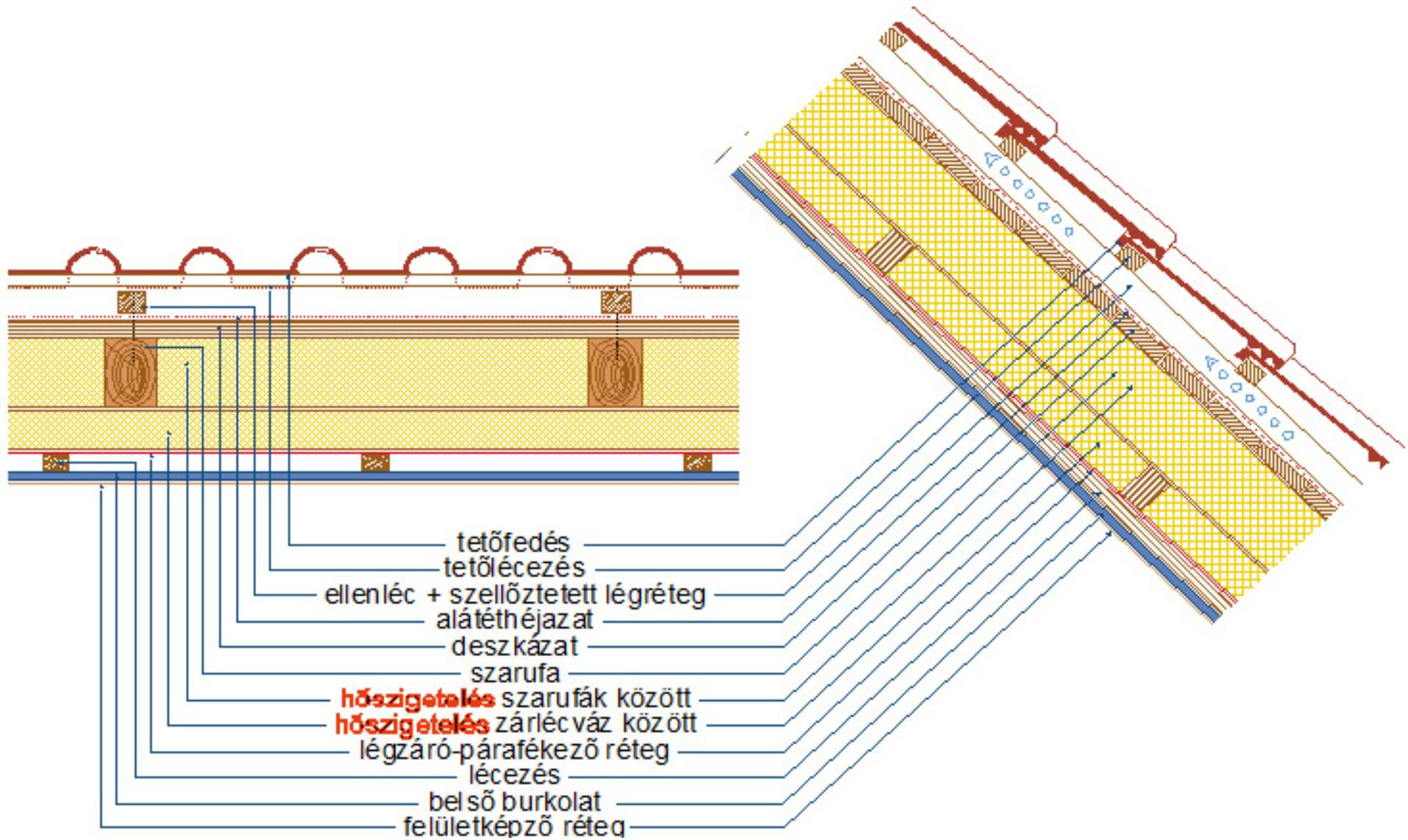
Részletes:

- Hőhídkatalógus
- MSZ EN ISO 10211 szabvány szerinti hőhídszimuláció (pl. Therm, HEAT)



Ábra forrása: www.steelconstruction.info

Inhomogén rétegek - elemen belüli hőhidak



Inhomogén rétegek - elemen belüli hőhidak, MSZ EN ISO 6946

Egyszerűsített eljárás

$$R_T = \frac{R_T' + R_T''}{2}$$

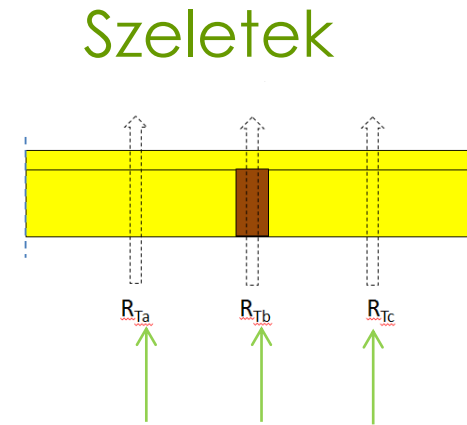
R_T' az eredő hővezetési ellenállás felső határértéke [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]
 R_T'' az eredő hővezetési ellenállás alsó határértéke [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]

A szerkezetet rétegekre és szeletekre kell osztani olyan módon, hogy hőtechnikai szempontból homogén elemek keletkezzenek.

Nem alkalmazható az eljárás:

- Fém kötőelemek esetén
- ha a hővezetési ellenállás felső és alsó határértékének aránya meghaladja az 1,5-t.

Rétegek →

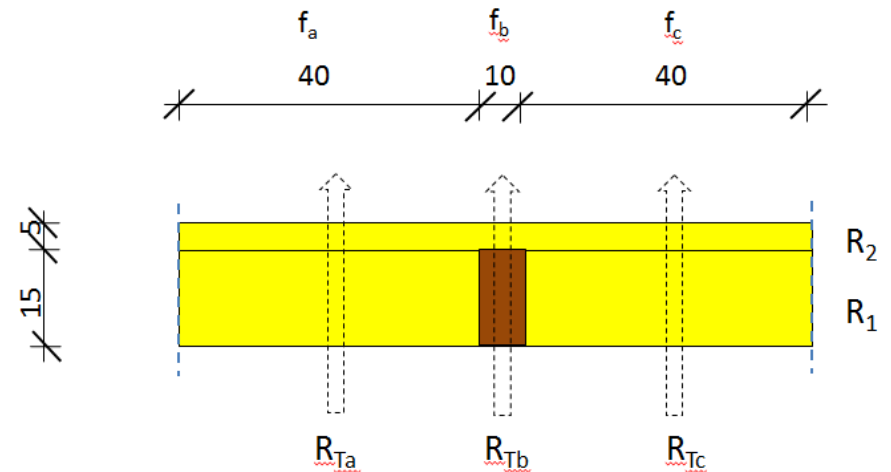


Inhomogén rétegek - elemen belüli hőhidak, MSZ EN ISO 6946

Az eredő hővezetési ellenállás felső határértéke (R'_T) - szeletenként
A szerkezet felületeire merőleges egydimenziós hőáram feltételezésével
határozható meg:

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_q}{R_{Tq}}$$

$R_{Ta}, R_{Tb}, \dots, R_{Tq}$ az egyes szeletek eredő hővezetési ellenállása;
 f_a, f_b, \dots, f_q az egyes szeletek elemi területe (a teljes területhez
viszonyított aránya).



Inhomogén rétegek - elemen belüli hőhidak, MSZ EN ISO 6946

Az eredő hővezetési ellenállás alsó határértéke (R_T'') - rétegenként
 Az épületszerkezet összes, a felülettel párhuzamos síkját izotermális
 (állandó hőmérsékletű) felületnek feltételezve határozható meg.

$$R_T'' = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

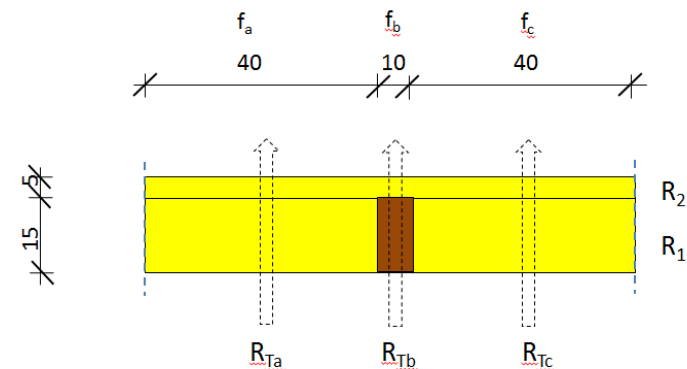
Az egyes hőtechnikailag inhomogén rétegek R_j egyenértékű hővezetési ellenállása:

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_q}{R_{qj}}$$

Vagy a réteg egyenértékű hővezetési tényezője:

$$R_j = d_j / \lambda_j''$$

$$\lambda_j'' = \lambda_{aj} f_a + \lambda_{bj} f_b + \dots + \lambda_{qj} f_q$$



Inhomogén rétegek - elemen belüli hőhidak, MSZ EN ISO 6946

Példa

Szarufa 90cm-ként

$\lambda_{hsz} = 0,04 \text{ W/mK}$, $\lambda_{fa} = 0,13 \text{ W/mK}$

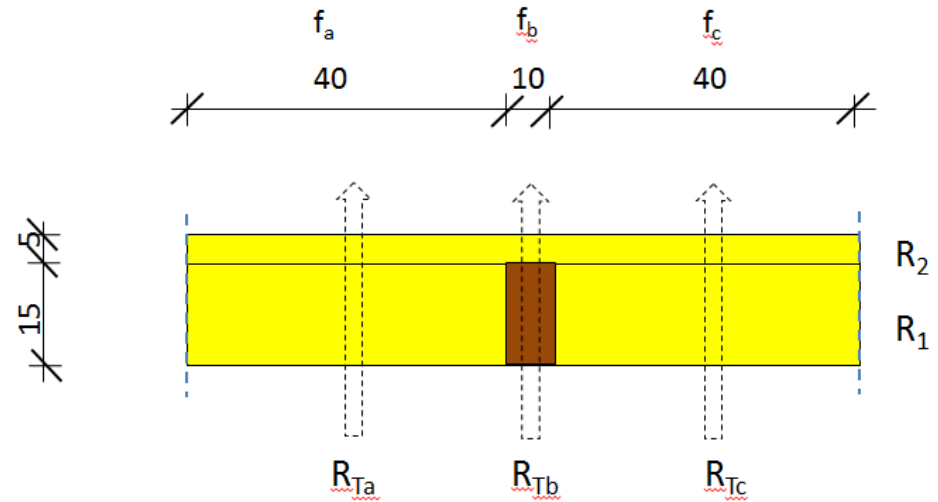
- Hőáram irányával párhuzamosan a,b,c szeletek
- Hőáram irányára merőlegesen 1 és 2 rétegek

A hőszigetelés aránya:

$$f_a = f_c = 0,4 / 0,9 = 0,444$$

A szarufa aránya:

$$f_b = 0,1 / 0,9 = 0,111$$



Inhomogén rétegek - elemen belüli hőhidak, MSZ EN ISO 6946

Az eredő hővezetési ellenállás felső határértéke (R'_T) - szeletenként

Az egyes szeletek eredő hővezetési ellenállása
(a felületi hőátadási ellenállásokkal):

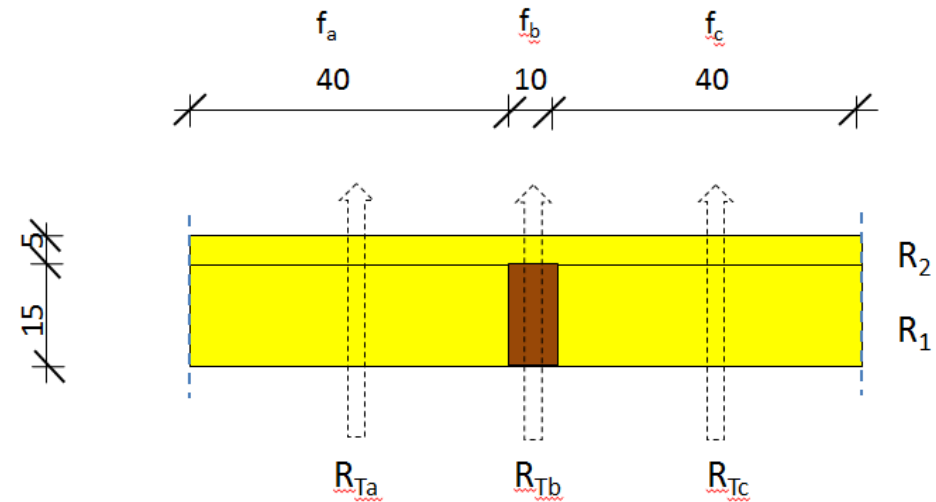
$$R_{Ta} = R_{Tc} = R_{si} + \sum d_j / \lambda_j + R_{se} = 0,1 + 0,15 / 0,04 + 0,05 / 0,04 + 0,04 = 5,14 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{Tb} = 0,1 + 0,15 / 0,13 + 0,05 / 0,04 + 0,04 = 2,544 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Az eredő hővezetési ellenállás felső határértéke:

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \frac{f_c}{R_{Tc}} = \frac{0,444}{5,14} + \frac{0,111}{2,544} + \frac{0,444}{5,14} = 0,217$$

$$R'_T = 4,617 \text{ m}^2\text{K/W}$$



Inhomogén rétegek - elemen belüli hőhidak, MSZ EN ISO 6946

Az eredő hővezetési ellenállás alsó határértéke (R_T'') - rétegenként

Az inhomogenitást tartalmazó R_1 réteg hővezetési ellenállása:

$$\frac{1}{R_1} = \frac{f_a}{R_{a1}} + \frac{f_b}{R_{b1}} + \frac{f_c}{R_{c1}} = \frac{0,444}{0,15/0,04} + \frac{0,111}{0,15/0,13} + \frac{0,444}{0,15/0,04}$$

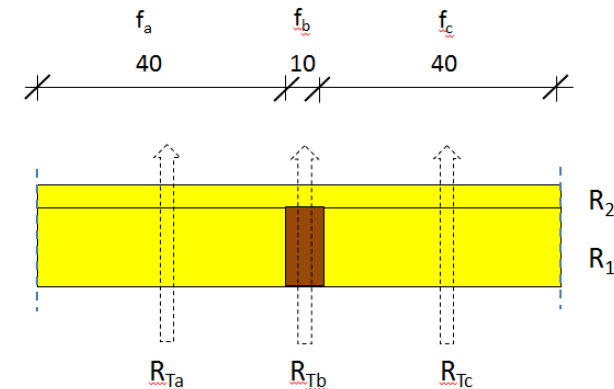
vagy $R_1 = d_1 / \lambda_1'' = d_1 / (\lambda_{a1} f_a + \lambda_{b1} f_b + \lambda_{c1} f_c) = 0,15 / (0,04 \cdot 0,444 + 0,13 \cdot 0,111 + 0,04 \cdot 0,444)$
 $R_1 = 3,0 \text{ m}^2\text{K/W}$

Azon rétegek hővezetési ellenállása, melyek nem tartalmaznak inhomogenitást, egyszerűen számítható (R_2 réteg):

$$R_2 = d_2 / \lambda_2 = 0,05 / 0,04 = 1,25 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Az alsó határérték:

$$R_T'' = R_{si} + R_1 + R_2 + R_{se} = 0,1 + 3,0 + 1,25 + 0,04 = 4,39 \text{ m}^2 \text{ K}^2 / \text{W}$$



Inhomogén rétegek - elemen belüli hőhidak, MSZ EN ISO 6946

A szerkezet eredő hővezetési ellenállása és hőátbocsátási tényezője:

$$R_T = \frac{R_T' + R_T''}{2} = \frac{4,617 + 4,39}{2}$$

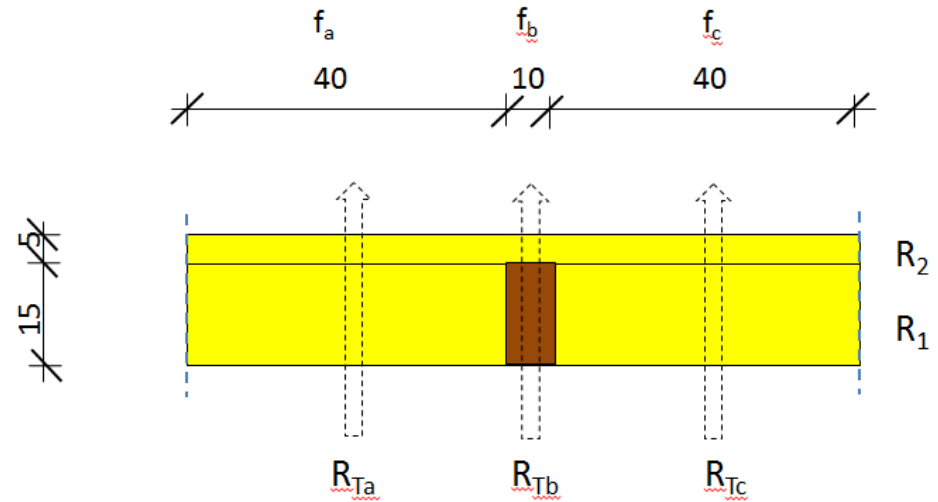
$$R_T = 4,503 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,222 \text{ W/m}^2\text{K}$$

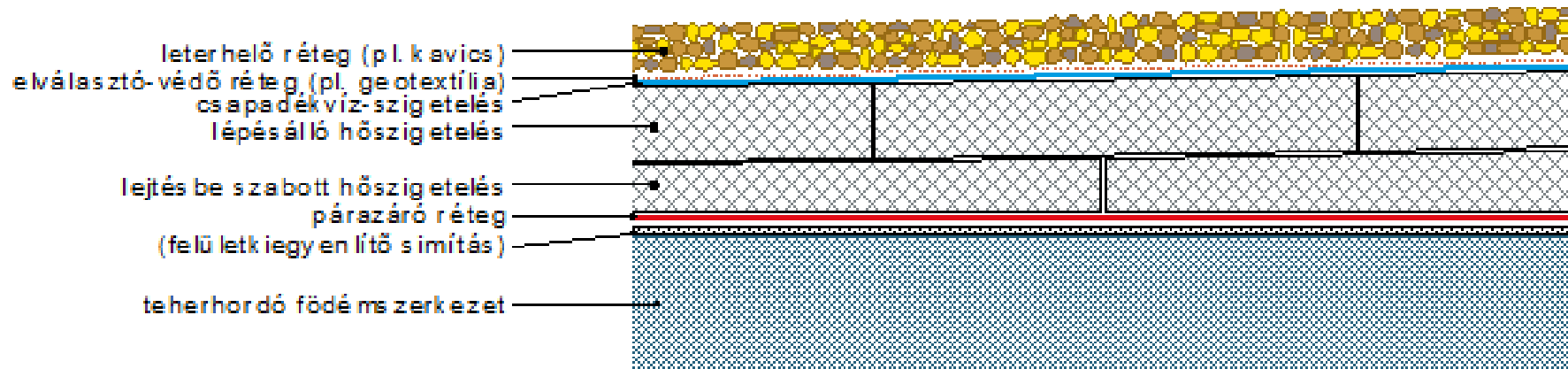
A felső és alsó hővezetési ellenállás aránya 1,5-nél kisebb, ezért a módszer megfelelő.

Szarufák teljes elhanyagolásával: $R = 5,14 \text{ m}^2\text{K/W}$, $U = 0,195 \text{ W/m}^2\text{K}$

Alsó határértékből: $R = 4,39 \text{ m}^2\text{K/W}$, $U = 0,228 \text{ W/m}^2\text{K}$



Változó vastagságú réteget tartalmazó szerkezetek

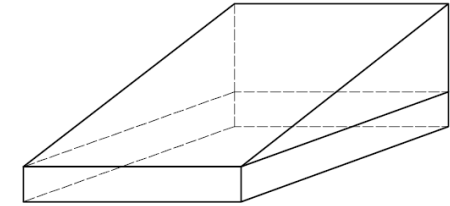


Forrás: Osztrólczy M.
(Zöld et al. Épületenergetika
Segédlet, 2009)

Változó vastagságú réteget tartalmazó szerkezetek

Pl. lapostetők lejtésadó réteggel

- ? Legkisebb vastagság
- ? Átlagos vastagság
- Egyszerűsített eljárás MSZ EN ISO 6946:
ha lejtés kisebb mint 5%

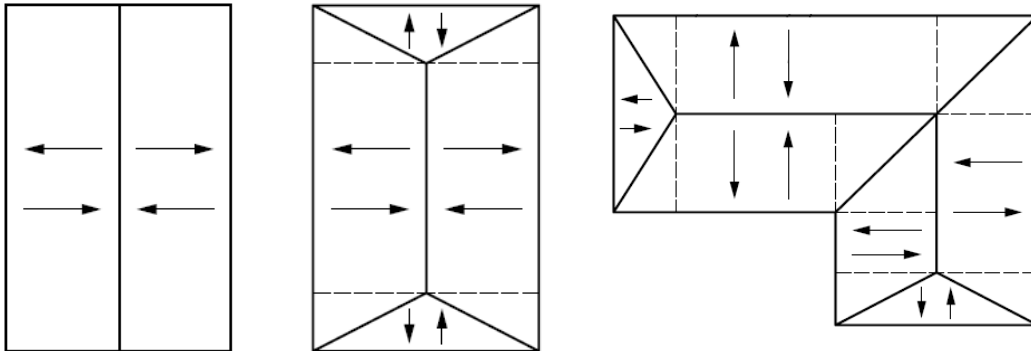


1. Réteg felbontása egyszerű téglalap vagy háromszög alapú elemekre

2. Hőátbocsátási tényező az egyes elemekre

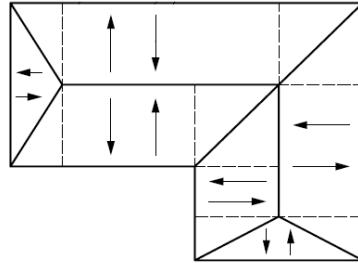
3. Alapterületarányos átlagolás

$$U = \frac{\sum U_i A_i}{\sum A_i}$$



Változó vastagságú réteget tartalmazó szerkezetek, MSZ EN ISO 6946

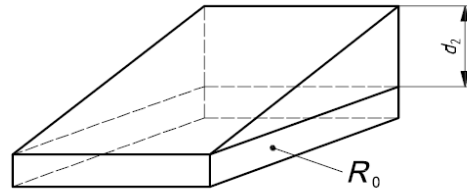
A lapostető felosztása



$$R_0 = R_{si} + d_0/\lambda + R_{se}$$

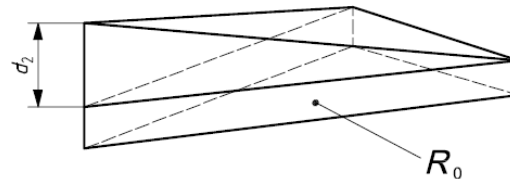
$$R_2 = d_2 / \lambda_t$$

Téglalap alapú



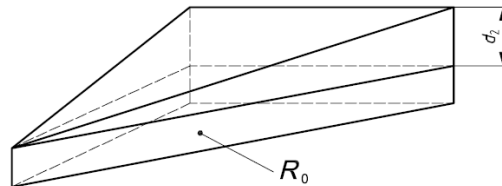
$$U = \frac{1}{R_2} \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_0} \right)$$

Háromszög alapú, csúcsnál a legvastagabb



$$U = \frac{2}{R_2} \left[\left(1 + \frac{R_0}{R_2} \right) \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_0} \right) - 1 \right]$$

Háromszög alapú, csúcsnál a legvékonyabb



$$U = \frac{2}{R_2} \left[1 - \frac{R_0}{R_2} \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_0} \right) \right]$$

Változó vastagságú réteget tartalmazó szerkezetek



A hőátbocsátási tényező korrekciója, MSZ EN ISO 6946

A hőátbocsátási tényező korrekciója szükséges lehet:

- Légüregek
- mechanikai rögzítőelemek
- fordított rétegrendű lapostetőn a csapadék miatt

Korrigált hőátbocsátási tényező:

$$U_c = U + \Delta U$$

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$$

ahol

ΔU_g a légüregekre vonatkozó korrekciós tényező;

ΔU_f a mechanikus rögzítőelemekre vonatkozó korrekciós tényező;

ΔU_r a fordított tetőkre vonatkozó korrekciós tényező.

A hőátbocsátási tényező korrekciója, MSZ EN ISO 6946

Légüregek miatti korrekció

- Hőszigetelő lemezek/ táblák közötti vagy a szerkezet és a hőszigetelés közötti, a hőáram irányával párhuzamos illesztési hézagok
- a hőáram irányára merőleges üregek

Megfelelő színvonalú kivitelezés mellett is kialakulhatnak pl. az illesztéseknél, az egymással érintkező nem teljesen sík felületek miatt vagy a nem teljes felületű ragasztás esetén a ragasztóhabarcs pogácsák-hurkák között.

A hőáram növekedés olyan esetekben számottevő, ha a légüreg hatására a hőszigetelés meleg és hideg oldala között légáramlás jöhet létre!



forrás: www.rockwool.hu

A hőátbocsátási tényező korrekciója, MSZ EN ISO 6946

Légüregek miatti korrekció

A korrekciós tényező:

$$\Delta U_g = \Delta U'' \left(\frac{R_1}{R_{T,h}} \right)^2$$

ahol

R_1 a légüregget tartalmazó réteg hővezetési ellenállása (légüreg nélkül);

$R_{T,h}$ a szerkezet eredő hővezetési ellenállása (hőhidak nélkül);

$\Delta U''$ korrekciós tényező;

- 0. szint: Nincs szükség korrekciós tényező alkalmazására.

Pl. lépcsőzetesen eltolt, egynél több rétegben beépített hőszigetelés.

- 1. szint: ha van átmenő hézag, de a hőszigetelés hideg és meleg oldala között szabad légáramlás légáramlás nem jöhet létre, pl.

szarufák/vázoszlopok által megszakított, de szorosan illeszkedő hőszigetelés vagy a tompa illesztésű hőszigetelő táblák, ahol a megengedett mérettűrés és mérettartás mellett az illesztési hézagok meghaladhatják az 5 mm-t.

- 2. szint: ha az átmenő illesztési hézagok és légüregek hatására a hőszigetelés hideg és meleg oldala között szabad légáramlás alakulhat ki. Pl. a hőszigetelés nem szorosan csatlakozik a szerkezethez és az átmenő hézagokon keresztül légáramlás tud kialakulni.

A hőátbocsátási tényező korrekciója, MSZ EN ISO 6946

Légüregek miatti korrekció
 $\Delta U''$ korrekciós tényező

Szint	Jellemzők	$\Delta U''$ W/(m ² ·K)
0	A hőszigetelésben nincsenek hézagok vagy csak kis hézagok vannak, amelyeknek nincsen jelentős hatása a hőátbocsátási tényezőre.	0,00
1	Átmenő illesztési hézagok vannak a hőszigetelés meleg és hideg oldala között, de a hőszigetelés meleg és hideg oldala között nem alakul ki levegőáramlás.	0,01
2	Átmenő illesztési hézagok és légüregek vannak a hőszigetelés meleg és hideg oldala között, melynek eredményeképpen a hőszigetelés meleg és hideg oldala között szabad légáramlás jön létre.	0,04

A hőátbocsátási tényező korrekciója, MSZ EN ISO 6946

Mechanikai rögzítőelemek miatti korrekció

Pl. beütőszeges dübelek, acél rögzítőpálcák, átkötő vasak

- Egyszerűsített eljárás: MSZ EN ISO 6946 szerinti módszer ΔU_f
- Részletes eljárás: MSZ EN ISO 10211 szerinti numerikus szimuláció: pontszerű hőátbocsátási tényező

Nem kell korrekciót alkalmazni

- légréteg esetén
- a rögzítőelem hővezetési tényezője 1 W/mK -nél kisebb (műanyag beütőszeges dübelek)

Két fémlemezt összekötő rögzítőelem esetén csak numerikus szimuláció alkalmazható (pl. fém szendvicspanelek).



forrás: www.rockwool.hu

A hőátbocsátási tényező korrekciója, MSZ EN ISO 6946

Mechanikai rögzítőelemek miatti korrekció

$$\Delta U_f = \alpha \frac{\lambda_f A_f n_f}{d_0} \left(\frac{R_1}{R_{T,h}} \right)^2$$

ahol

α $\alpha = 0,8$ ha a rögzítőelem teljesen áthatol a szigetelésen,

$\alpha = 0,8 \times (d_1/d_0)$ ha a rögzítőelem süllyesztett

λ_f a rögzítőelem hővezetési tényezője, [W/(m·K)];

A_f a rögzítőelem keresztmetszeti területe [m²];

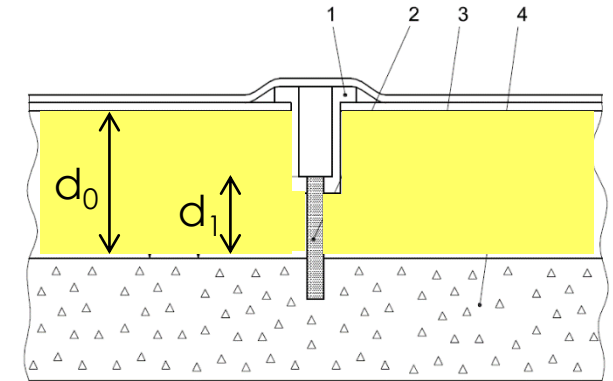
n_f a rögzítőelemek száma négyzetméterenként [db/m²];

d_0 a rögzítőelemet tartalmazó hőszigetelés vastagsága [m];

d_1 a hőszigetelő réteget átszűrő rögzítőelem hosszúsága [m];

R_1 a rögzítőelemek által átszúrt hőszigetelő réteg hővezetési ellenállása [m²·K/W];

$R_{T,h}$ a szerkezet eredő hővezetési ellenállása hőhídhatás nélkül [m²·K/W]



A hőátbocsátási tényező korrekciója, MSZ EN ISO 6946

Mechanikai rögzítőelemek miatti korrekció

Példa: 6 db/m², fi5 mm acél beütőszeg,

14 cm hőszigetelés, U = 0,224 W/m²K

$$\Delta U_f = \alpha \frac{\lambda_f A_f n_f}{d_0} \left(\frac{R_1}{R_{T,h}} \right)^2$$

$\alpha = 0,8$

$\lambda_f = 60$

$A_f = 1,9 \cdot 10^{-5}$

$n_f = 6$

$d_0 = 0,14$

$R_1 = 0,14/0,038$

$R_{T,h} = 4,46$

a rögzítőelem teljesen áthatol a szigetelésen,

a rögzítőelem hővezetési tényezője, [W/(m·K)];

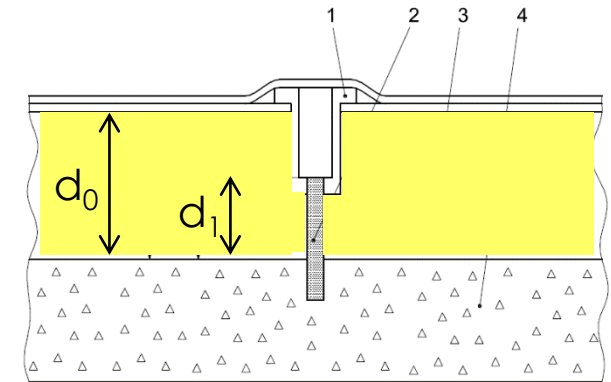
a rögzítőelem keresztmetszeti területe [m²];

a rögzítőelemek száma négyzetméterenként [db/m²];

a rögzítőelemet tartalmazó hőszigetelés vastagsága [m];

a rögzítőelemek által átszúrt hőszigetelő réteg hővezetési ellenállása [m²·K/W];

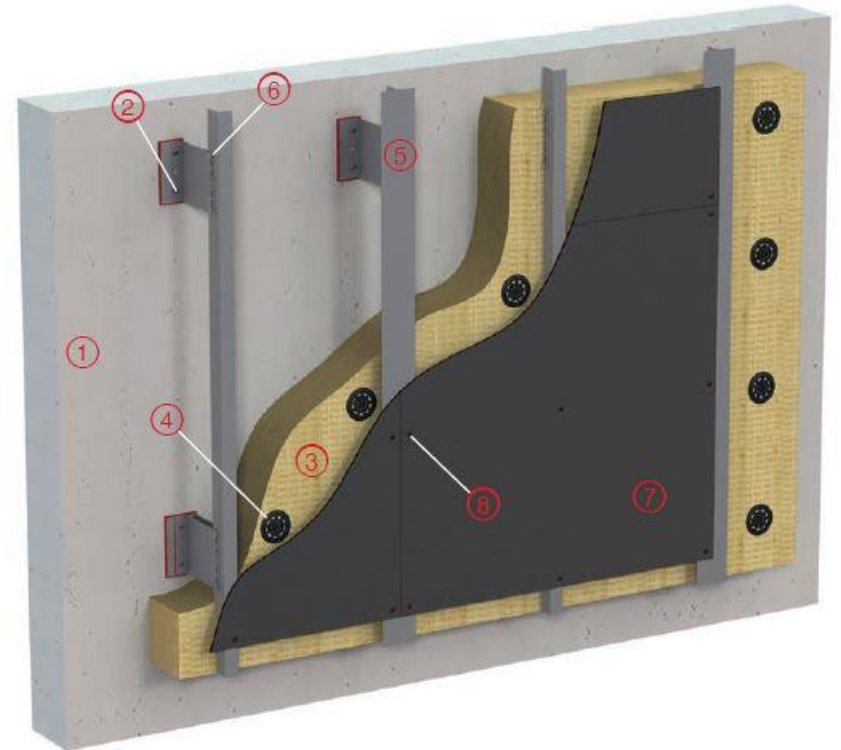
a szerkezet eredő hővezetési ellenállása hőhídhatás nélkül [m²·K/W]



$$\Delta U_f = 0,027 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_c = 0,224 + 0,027 = 0,252 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Inhomogenitás fém konzolok miatt

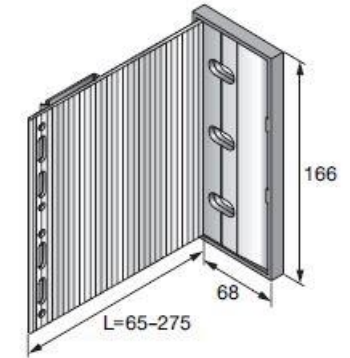


HILTI: Ventilated facades, technical manual

Inhomogenitás fém konzolok miatt

MFT-MFI LARGE – CONCRETE 18 CM

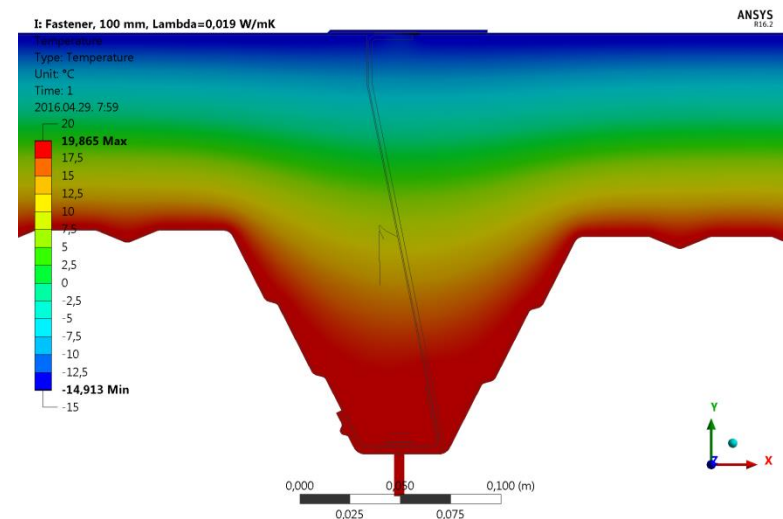
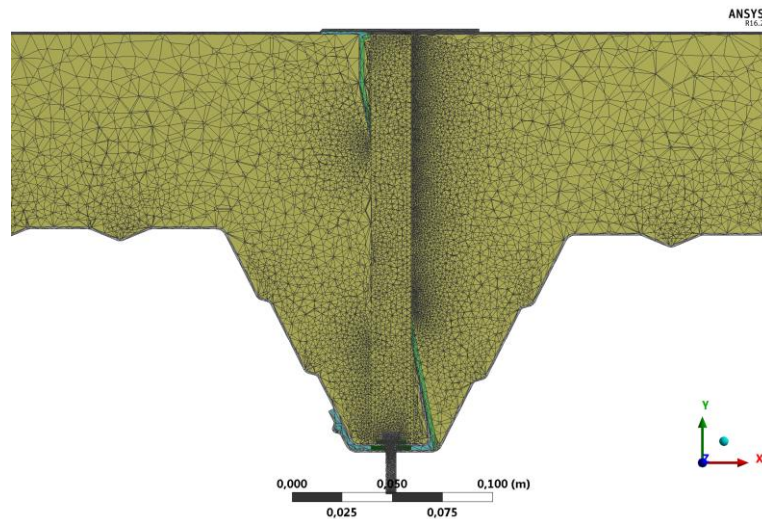
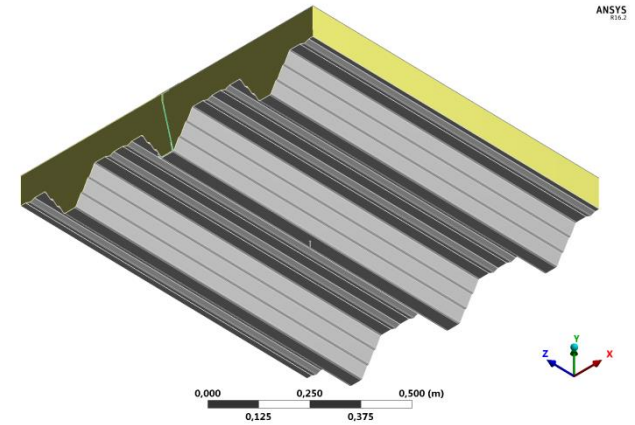
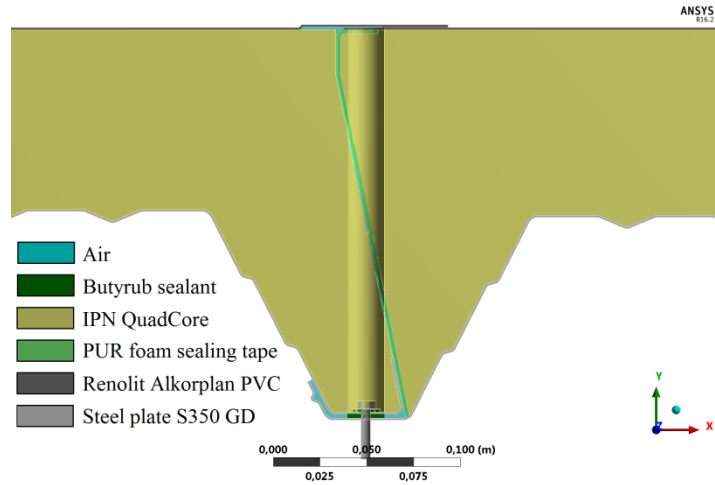
Technical data:	
Bracket	
Material	EN-AW-6063 T66
Yield strength	200 N/mm ²
Modulus of elasticity	70.000 N/mm ²
Isolator material	Polypropylen
Thermal conductivity polypropylene	0.117 W/mK
Thermal conductivity aluminium	160 W/mK
Substrate	
Material	Concrete
Thickness d_v	180 mm
Thermal conductivity λ_w	1.8 W/mK
Thermal resistance R_v	0.1 W/mK
Insulation	
Material	Mineral wool
Thickness d_o	100-280 mm
Thermal conductivity λ_o	0.035 W/mK



MFT-MFI Large Brackets		MFI 125 L	MFI 125 L	MFI 155 L	MFI 185 L	MFI 215 L	MFI 245 L	MFI 275 L	MFI 275 L	MFI 275 L	MFI 275 L
Insulation thickness	d_o [mm]	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280
Thermal transmission coefficient of the undisturbed wall	U_o [W/m ² K]	0.3118	0.2647	0.2299	0.2032	0.1857*	0.1682*	0.1507	0.1396*	0.1286	0.1175*
Punctual thermal bridge loss coefficient of the bracket	χ [W/K]	0.1082	0.1087*	0.1092*	0.1097	0.1092*	0.1086*	0.1081*	0.1076*	0.1070*	0.1065*
*value interpolated		U-Value**									
		(surface A=1.0 m ² , profile length 1.0 m, profile 30 mm air side)									
Number of brackets	1	0.42	0.3734	0.3391	0.3129	0.2949	0.2768	0.2588	0.2472	0.2356	0.224
Number of brackets	2	0.5282	0.4821	0.4483	0.4226	0.4041	0.3854	0.3669	0.3548	0.3426	0.3305
Number of brackets	3	0.6364	0.5908	0.5575	0.5323	0.5133	0.494	0.475	0.4624	0.4496	0.437
Number of brackets	4	0.7446	0.6995	0.6667	0.642	0.6225	0.6026	0.5831	0.57	0.5566	0.5435
Number of brackets	5	0.8528	0.8082	0.7759	0.7517	0.7317	0.7112	0.6912	0.6776	0.6636	0.65

**MFT-MFI L and profile T 120x60x1.8.30 inside the insulation

Fémanyagú szendvicspanelek – hőtechnikai szimuláció


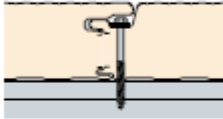

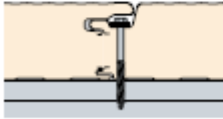


Insulation core		ΔT (K)	Q (W)	S (m ²)	U-value (W/m ² K)
Thickness	λ (W/mK)				
100 mm	0,019	35	5,9378	1	0,1697

Forrás: Nagy Balázs

Fémanyagú szendvicspanelek

IPN (PIR) hőszigetelő maggal

	Oldalcsatlakozás	Alkalmazhatóság	Vastagság d (mm)	Hőátbocsajtás U (W/m²K)	THERMALSafe	Zajcsillapítás Rw (dB)	Önsúly (kg/m²)
KS1000 AWP <ul style="list-style-type: none"> • FIREsafe IPN szigetelő mag • Rejtett rögzítés • B-s1, d0 		Függőlegesen vagy vízszintesen is elhelyezhető	50	0,47	–	25	10,83
			60	0,38	–	25	11,23
			70	0,33	–	25	11,63
			80	0,28	0,26	25	12,03
			100	0,23	0,20	26	12,83
			120	0,19	0,17	26	13,24
			150	0,15	0,13	26	14,44
			170	0,13	–	26	15,57
KS600/750/900 AWP FLEX <ul style="list-style-type: none"> • FIREsafe IPN szigetelő mag • Rejtett rögzítés 		Függőlegesen vagy vízszintesen is elhelyezhető	60	0,38	–	25	11,36
			80	0,29	–	25	12,12
			100	0,23	–	26	12,88
			120	0,19	–	26	13,64
			150	0,15	–	26	13,85
KS1150			40	0,60	–	24	10,24

Megadott U-érték tartalmazza a rögzítés, illesztés hatását is.

Forrás: Kingspan

A hőátbocsátási tényező korrekciója, MSZ EN ISO 6946

Fordított rétegrendű lapostetők

A hőszigetelés alá beszivárgó, a vízszigetelés felületén áramló csapadék kis mértékben növeli a hőveszteséget.

ΔU_r korrekciós tényező (XPS hőszigetelés és fűtött épület esetén):

$$\Delta U_r = p * f * x * \left(\frac{R_1}{R_T} \right)^2 \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$$

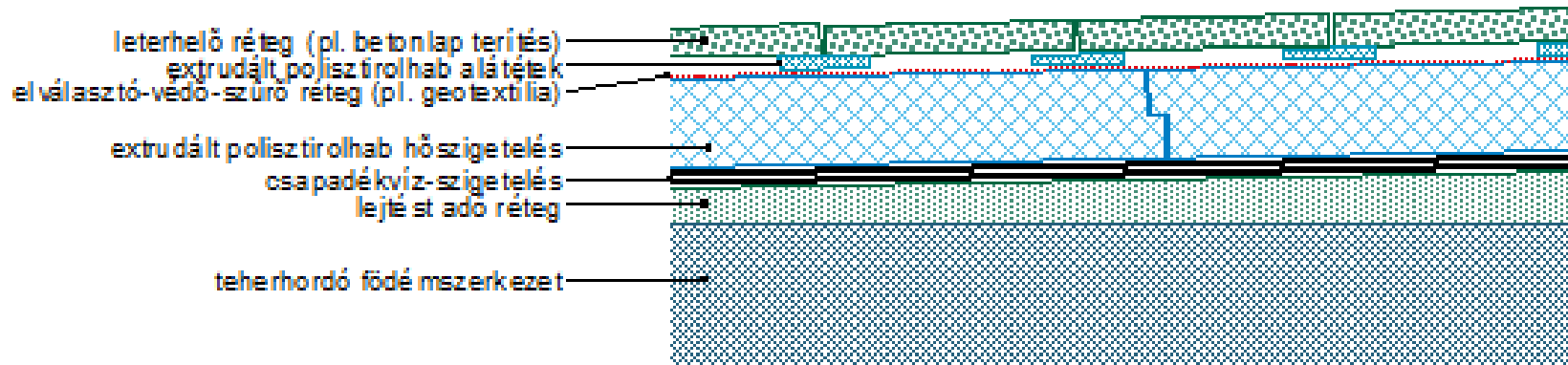
ahol:

- p a csapadék átlagos mennyisége a fűtési idény alatt, a földrajzi helyre jellemző adatok szerint [mm/nap], OMSZ átlag 1,3 mm/nap;
- f p -nek a vízszigetelésig eljutó hányadát megadó átszivárgási tényező;
- x a vízszigetelésen áramló esővíz által okozott többlet hőveszteséget jellemző tényező [(W·nap)/(m²·K·mm)];
- R_1 a vízszigetelés fölött elhelyezkedő hőszigetelés hővezetési ellenállása [m²·K/W];
- R_T a szerkezet eredő hővezetési ellenállása a korrekció előtt [m²·K/W]

A vízszigetelés fölötti egyrétegű, tompa illesztésű hőszigetelés és áteresztő fedés, pl. kavics esetén $(f x) = 0,04$ (legkedvezőtlenebb eset)

A hőátbocsátási tényező korrekciója, MSZ EN ISO 6946

Fordított rétegrendű lapostetők



Forrás: Osztrólczyk M. (Zöld et al. Épületenergetika Segédlet, 2009)

A hőátbocsátási tényező korrekciója, MSZ EN ISO 6946

Fordított rétegrendű lapostetők

Példa: 20 cm XPS ($\lambda = 0,038$ W/mK), egy rétegben, tompa illesztéssel, kavicsfedéssel fordított tetőn

$$\Delta U_r = p * f * x * \left(\frac{R_1}{R_T} \right)^2 \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$$

ahol:

$$p = 1,3$$

a csapadék átlagos mennyisége a fűtési idény alatt, a földrajzi helyre jellemző adatok szerint [mm/nap];

$$fx = 0,04$$

átszivárgási tényező * többlet hőveszteség tényező

$$R_1 = 5,263$$

a vízszigetelés fölött elhelyezkedő hőszigetelés hővezetési ellenállása [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$];

$$R_T = 5,92$$

a szerkezet eredő hővezetési ellenállása [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$]

$$\Delta U_r = 0,041 \text{ W/m}^2 \text{K}$$

$$U_c = 0,168 + 0,041 = 0,21 \text{ W/m}^2 \text{K}$$

Fajlagos hőveszteségtényező

$$q = \frac{1}{V} \left(\sum AU + \sum l\Psi - \frac{Q_{sd} + Q_{sid}}{72} \right)$$

- Fűtetlen terek hatása
- Talajjal érintkező szerkezetek veszteségáramai
- Csatlakozási hőhidveszteségek
- Benapozás ellenőrzése
- Fajlagos hőtároló tömeg
- Direkt sugárzási nyereség fűtési időnyre vonatkoztatva
- Indirekt sugárzási nyereség (Q_{sid})

Fűtetlen terek

A hőátbocsátási tényezők korrekciója – fűtetlen terek

Ha az épület egyes határolásai nem a külső környezettel, hanem attól eltérő t_x hőmérsékletű fűtetlen vagy fűtött terekkel érintkeznek (raktár, pince, szomszédos épület...), akkor ezen felületek U hőátbocsátási tényezőit módosítani kell.

$$\frac{t_i - t_x}{t_i - t_e}$$

Fűtési idény átlagos
hőmérsékleti értékei

Egyszerűsített eljárással:

- pincefödém 0,5
- padlásfödém 0,9

Részletes eljárással:

„A szomszédos terek hőmérséklete szabvány alapján határozható meg.”

☐ MSZ EN ISO 6946 ☐

☐ MSZ EN ISO 13789 ☐

☐ MSZ 24140 ☐

Fűtetlen terek hőmérséklete, MSZ 04-140-3, visszavont szabvány

Méretezési hőmérséklethez tartozó értékek

$$\frac{t_i - t_x}{t_i - t_e}$$



$$t_i - t_e$$

Tájékoztató adatok fűtetlen terek hőmérsékletére

3.1. táblázat

Megnevezés	A méretezési külső hőmérséklet °C		
	-11	-13	-15
Külső nyílászáró nélküli helyiség	+6	+5	+4
Külső nyílászáróval rendelkező helyiség	+3	+2	+1
Összefüggő szerelősínt	-1	-3	-5
Padlástér	-4	-6	-8
Dilatációs hézag	+1	0	-1
Különálló lépcsőház, három külső fallal	-7	-9	-10
Zárt pince	+5	+4	+3

Tájékoztató adatok fűtetlen lépcsőházak belső hőmérsékletére

A lépcsőház kialakítása	Az épület magassága (m)	Szint	Méretezési külső hőmérséklet °C		
			-11	-13	-15
	20 m-ig	Pince, fszt.	+5	+4	+3
		I. em.	+10	+9	+9
		II. em.	+11	+11	+10
		III-IV. em.	+12	+11	+11
		V-VII. em.	+12	+12	+11
	20 m felett	Pince, fszt.	-1	-2	-3
		I. em.	+5	+4	+3
		II. em.	+8	+7	+6
		III-IV. em.	+10	+9	+8
		V-VII. em.	+11	+10	+10
	20 m-ig	Pince, fszt.	+3	+1	0
		I. em.	+6	+5	+4
		II. em.	+7	+6	+5
		III-IV. em.	+7	+6	+6
		V-VII. em.	+7	+6	+6
	20 m felett	Pince, fszt.	-2	-4	-5
		I. em.	+2	+1	0
		II. em.	+5	+4	+3
		III-IV. em.	+6	+5	+4
		V-VII. em.	+7	+6	+5
VII. em. -	+7	+6	+6		

MSZ 04-140-3

A hőátbocsátási tényezők korrekciója – fűtetlen terek, MSZ EN ISO 6946

Egyszerűbb módszer, de kevésbé pontos

- ha a határos fűtetlen tér külső határolószerkezete nem hőszigetelt.

Fűtetlen tér mint **hővezetési ellenállás növekmény:**

a fűtött és fűtetlen teret elválasztó szerkezet hőátbocsátási tényezője úgy számítható, mintha a fűtetlen tér és annak külső határolása a határolószerkezet egy további, R_u hővezetési ellenállású homogén rétege lenne.

A tető jellemzői		R_u m ² ·K/W
1.	Pikkelyes tető alátét fólia, deszkázat vagy hasonló nélkül	0,06
2.	Lemezfedésű vagy pikkelyes tető alátét fóliával vagy deszkázattal, vagy a fedés alatt hasonló réteggel	0,2
3.	Mint az előző 2., de alumíniumfedéssel vagy a tető alsó oldalán más kis emissziós tényezőjű felülettel	0,3
4.	Tető deszkázattal és alátét fóliával	0,3
MEGJEGYZÉS: A megadott értékek a szellőztetett tér hővezetési ellenállását és a (magas)tető hővezetési ellenállását tartalmazzák. Nem tartalmazzák a külső hőátadási ellenállást (R_{se}).		

MSZ EN ISO 6946: Padlásterek hővezetési ellenállása

A hőátbocsátási tényezők korrekciója – fűtetlen terek, MSZ EN ISO 6946

Más terek (pl. garázs, tároló, télikert):

$$R_u = \frac{A_i}{\sum_k (A_{e,k} U_{e,k}) + 0,33 \times nV}$$

A_i a belső környezet és a fűtetlen tér közötti elválasztó szerkezetek teljes területe, m^2 ;

$A_{e,k}$ a fűtetlen teret és a külső környezetet elválasztó k szerkezet területe, m^2 ;

$U_{e,k}$ a fűtetlen teret és a külső környezetet elválasztó k szerkezet hőátbocsátási tényezője, $W/(m^2 \cdot K)$;

n a fűtetlen tér légcserezési száma, $1/h$;

V a fűtetlen tér térfogata, m^3 ;

A fűtetlen tér és a külső környezet közötti valamennyi szerkezetet figyelembe kell venni, kivéve a talajon fekvő padlót. Amennyiben a fűtetlen tér külső szerkezeteinek pontos rétegrendje nem ismert, $U_{e,k} = 2 W/(m^2 \cdot K)$ és $n = 3 1/h$ értékek javasoltak.

A hőátbocsátási tényezők korrekciója – fűtetlen terek, MSZ EN ISO 13789

Korrekciós tényező
$$b = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

H_{iu} a fűtött és a fűtetlen tér közötti hőveszteségtényező, W/K;

H_{ue} a fűtetlen tér és a külső környezet közötti hőveszteségtényező, W/K.

A hőveszteségtényezők:

$$H_{iu} = H_{T,iu} + H_{V,iu} \quad \text{és} \quad H_{ue} = H_{T,ue} + H_{V,ue}$$

H_T transzmissziós hőveszteségtényező, (a talaj felé irányuló hőáramok nem) [W/K]

H_V szellőzési hőveszteségtényező [W/K]

Transzmissziós hőveszteségtényező

$$H_T = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j$$

A hőátbocsátási tényezők korrekciója – fűtetlen terek, MSZ EN ISO 13789

Szellőzési veszteségtényező:

$$H_{V,iu} = \rho c_p \dot{V}_{iu}$$

$$H_{V,ue} = \rho c_p \dot{V}_{ue}$$

ρc_p a levegő sűrűségének és fajhőjének szorzata, értéke 0,342 Wh/m³·K (a TNM rendeletben 0,35-re kerekítve);

\dot{V}_{iu} a fűtött és fűtetlen tér közötti szellőző térfogatáram (nullának vehető) [m³/h]

\dot{V}_{ue} a fűtetlen tér és a külső környezet közötti szellőző térfogatáram, [m³/h]

$$\dot{V}_{ue} = V_u n_{ue}$$

A hőátbocsátási tényezők korrekciója – fűtetlen terek, MSZ EN ISO 13789

A fűtetlen tér és a külső környezet közötti szellőző térfogatáram

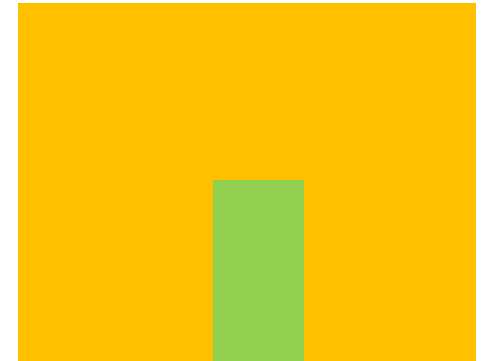
$$\dot{V}_{ue} = V_u n_{ue}$$

	Légtömörség típusa	n_{ue} (1/h)
1	Nincsenek nyílászárók, a csatlakozások tömítettek, nincsenek szellőző nyílások	0,1
2	Tömített csatlakozások, nincsenek szellőző nyílások	0,5
3	Tömített csatlakozások, kisméretű szellőző nyílások	1
4	Nem légtömör néhány hézag vagy állandó szellőzőnyílás miatt	3
5	Nem légtömör nagyszámú hézag vagy nagyméretű/nagyszámú állandó szellőzőnyílás miatt	10

MSZ EN ISO 13789: A fűtetlen tér és a külső környezet közötti légcseré (n_{ue}) konvencionális értékei

A hőátbocsátási tényezők korrekciója – fűtetlen terek, MSZ EN ISO 13789

Példa: Lépcsőház számítása



Külső tér - fűtetlen tér között				Belső tér - fűtetlen tér között			
Transzmissziós veszteségek							
	A (m ²)	U (W/m ² K)	$H_{T,ue} = AU_{ue}$ (W/K)		A (m ²)	U (W/m ² K)	$H_{T,iu} = AU_{iu}$ (W/K)
külső homlokzat	30,38			Lépcsőházi 25ös fal	83,50	1,57	131,10
ebből fal	13,68	1,24	16,96	Lépcsőházi válaszfal	55,75	2,24	124,88
ebből üvegfal	16,7	1,6	26,72	Lépcsőházi 38-as fal	5,04	1,25	6,30
lapostető	15,12	0,78	11,79	Ajtó	8,82	1,80	15,88
pincefal	29,95	1,57	47,02	Ajtó	5,29	3,00	15,88
Összesen			102,50				294,03
Szellőzési veszteség							
V , lépcsőház (m ³)	183,34			V , lépcsőház (m ³)	183,34		
$H_{V,ue} = 0,35nV$ (W/K)	32,09			$H_{V,iu} = 0,35nV$ (W/K)	0,00		
Összes veszteség							
$H_{ue} = H_{T,ue} + H_{V,ue}$ (W/K)	134,58			$H_{iu} = H_{T,iu} + H_{V,iu}$ (W/K)	294,03		
Korrekciós tényező							
				$b = H_{ue}/(H_{iu}+H_{ue})$	0,31		

Csatlakozási hőhidak

Vonalmenti hőhidveszteségek

Egyszerűsített eljárás:

- Rendelet szerinti korrekciós tényezők a hőhidak fajlagos hossza alapján

Részletes számítás:

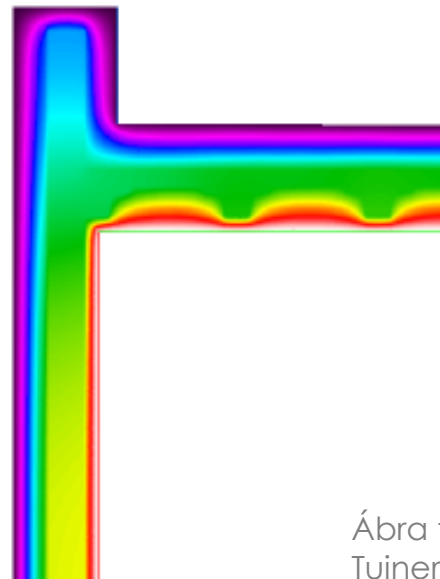
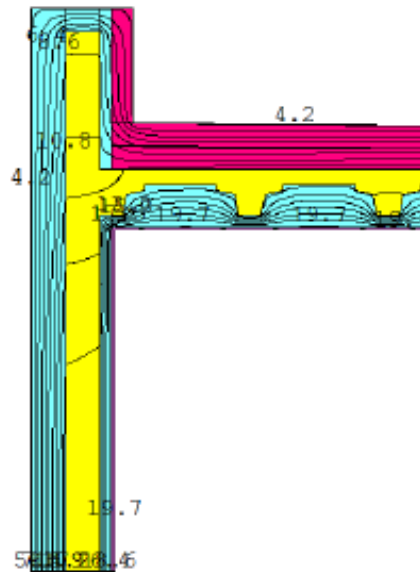
- MSZ EN ISO 10211 szabvány szerinti vagy azzal azonos eredményt adó számítás alapján

Vonalmenti hőátbocsátási tényező



(W/mK)

$H = l \cdot \Psi$ (W/K)



Ábra forrása: Közel nulla energiaigényű családi ház tervezése, Tujner Alíz, szakdolgozat, BME, 2015.

Vonalmenti hőhídveszteségek, egyszerűsített

A hőhidak hatását is kifejező **eredő hőátbocsátási tényező** becslése az egyszerűsített eljárásban:

$$U_R = U(1 + \chi)$$

Csak azt nézzük meg, hogy a felületegységre hány folyóméter csatlakozási él jut és annak alapján „felszorozzuk” a rétegtervre számított hőátbocsátási tényezőt.

A korrekciós tényezőket szerkezetfajták és tagoltság függvényében a melléklet tartalmazza.

Az épülethatároló szerkezetek besorolása a hőhidak fajlagos hossza alapján

7/2006. (V.24.) TNM 2. melléklet II.2. táblázat

Épülethatároló szerkezetek	A hőhidak hosszának fajlagos mennyisége (fm/m ²)		
	Épülethatároló 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

Az épülethatároló szerkezetek besorolása a hőhidak fajlagos hossza alapján

1) Falak: Besorolás a pozitív falsarkok, a falazatokba beépített acél vagy vasbeton pillérek, a homlokzatsíkból kinyúló falak, a nyílászárókerületek, a csatlakozó födémek és belső falak, erkélyek, lodzsák, függőfolyosók hosszának fajlagos mennyisége alapján.

2) Lapostetők: Besorolás az attikafalak, a mellvédfalak, a fal-, felülvilágító- és felépítmény-szegélyek hosszának fajlagos mennyisége alapján (a tetőfödém kerülete a külső falaknál figyelembe véve).

3) Tetőterek: Besorolás a tetőélek és élszaruk, a felépítményszegélyek, a nyílászárókerületek hosszának, valamint a térd- és oromfalak és a tető csatlakozási hosszának fajlagos mennyisége alapján (a födém kerülete a külső falaknál figyelembe véve).

4) Padlásfödémek, árkádfödémek, pincefödémek: A födém kerülete a külső falaknál figyelembe véve

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

Vonalmenti hőhídveszteségek, részletes

Transzmissziós veszteség:

$$H_T = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j$$

Lehetőségek:

- szabvány által megadott alapértékek (MSZ EN ISO 14683),
- hőhídkatalógusok,
- numerikus szimuláció az MSZ EN ISO 10211 alapján – 2D vagy 3D






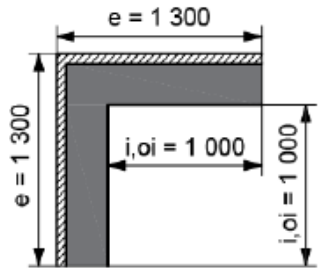
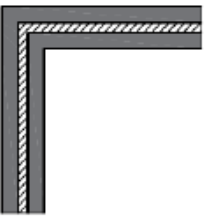
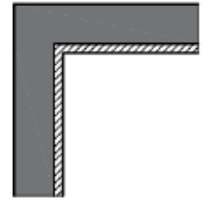
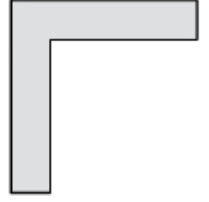
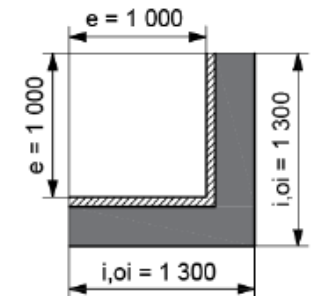
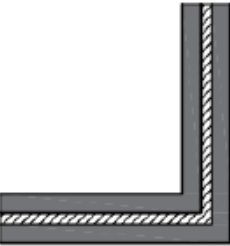
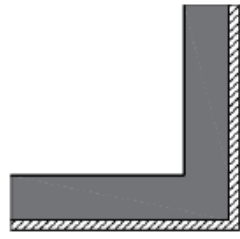
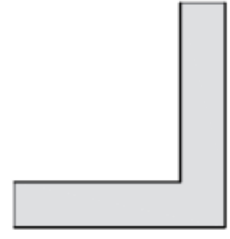
Cél:

- Vonalmenti hőhidak számítása
- Felületi hőmérséklet meghatározása - páralecsapódás kockázata






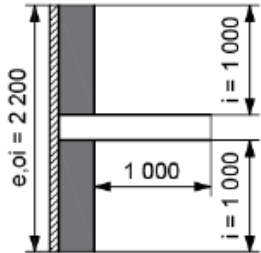
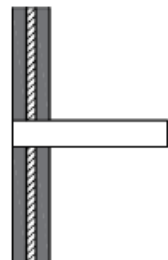
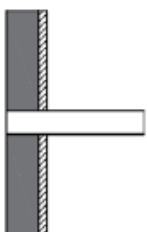
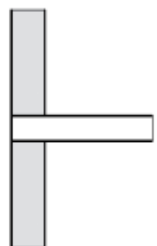
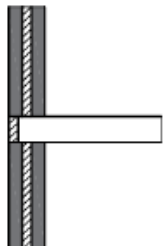
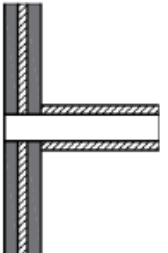
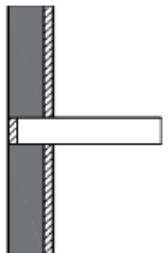
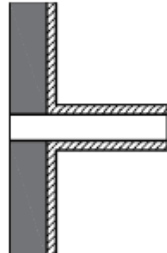
Fontos:

- méretrend: külső (e) / belső (i) / belső fő méretek (oi)

Vonalmenti hőhídveszteségek, MSZ EN ISO 14683

 Wall	 Lightweight wall (including lightweight masonry and timber frame walls)	 Insulating layer	 Slab/pillar	 Window frame
Corners				
 <p>$e = 1\,300$ $i_{oi} = 1\,000$</p>				
<p>C1</p> $\psi_e = -0,05$ $\psi_{oi} = 0,15$ $\psi_i = 0,15$	<p>C2</p> $\psi_e = -0,10$ $\psi_{oi} = 0,10$ $\psi_i = 0,10$	<p>C3</p> $\psi_e = -0,20$ $\psi_{oi} = 0,05$ $\psi_i = 0,05$	<p>C4</p> $\psi_e = -0,15$ $\psi_{oi} = 0,10$ $\psi_i = 0,10$	
 <p>$e = 1\,000$ $i_{oi} = 1\,300$</p>				
<p>C5</p> $\psi_e = 0,05$ $\psi_{oi} = -0,15$ $\psi_i = -0,15$	<p>C6</p> $\psi_e = 0,15$ $\psi_{oi} = -0,10$ $\psi_i = -0,10$	<p>C7</p> $\psi_e = 0,15$ $\psi_{oi} = -0,05$ $\psi_i = -0,05$	<p>C8</p> $\psi_e = 0,10$ $\psi_{oi} = -0,10$ $\psi_i = -0,10$	

Vonalmenti hőhídveszteségek, MSZ EN ISO 14683

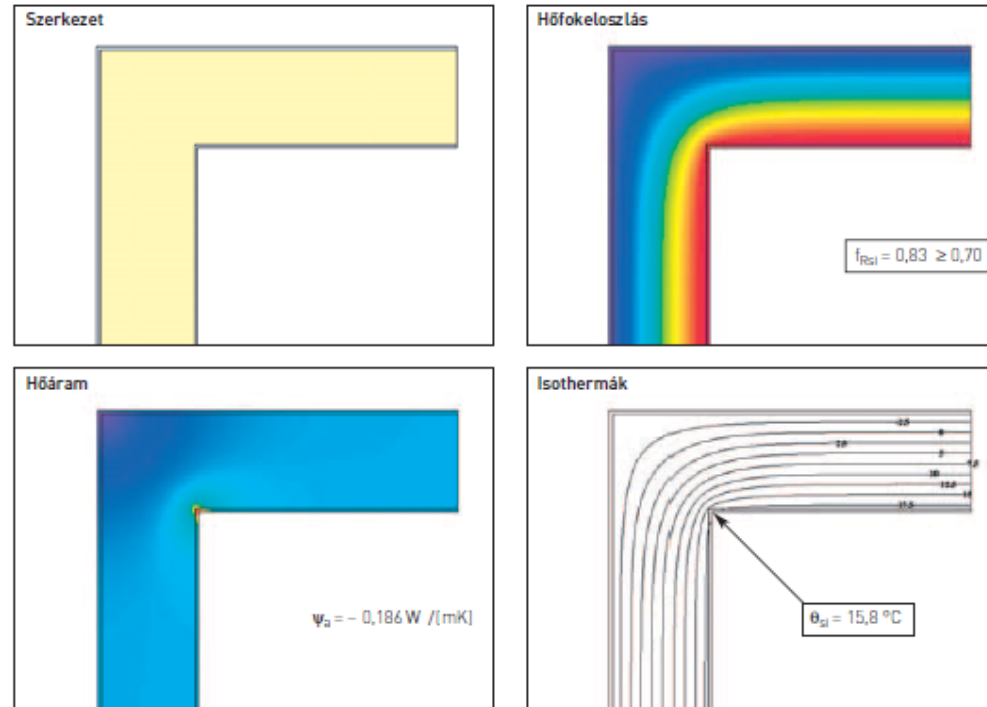
 Wall	 Lightweight wall (including lightweight masonry and timber frame walls)	 Insulating layer	 Slab/pillar	 Window frame
Intermediate floors				
 <p>IF1</p> $\psi_e = 0,00$ $\psi_{oi} = 0,00$ $\psi_i = 0,10$	 <p>IF2</p> $\psi_e = 0,95$ $\psi_{oi} = 0,95$ $\psi_i = 1,05$	 <p>IF3</p> $\psi_e = 0,90$ $\psi_{oi} = 0,90$ $\psi_i = 1,00$	 <p>IF4</p> $\psi_e = 0,70$ $\psi_{oi} = 0,70$ $\psi_i = 0,80$	
 <p>IF5</p> $\psi_e = 0,60$ $\psi_{oi} = 0,60$ $\psi_i = 0,65$	 <p>IF6</p> $\psi_e = 0,90$ $\psi_{oi} = 0,90$ $\psi_i = 1,00$	 <p>IF7</p> $\psi_e = 0,70$ $\psi_{oi} = 0,70$ $\psi_i = 0,80$	 <p>IF8</p> $\psi_e = 0,45$ $\psi_{oi} = 0,45$ $\psi_i = 0,60$	

Vonalmenti hőhídveszteségek, MSZ EN ISO 14683

For all details:		$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$
For external walls:		$d = 300 \text{ mm}$
For internal walls:		$d = 200 \text{ mm}$
For walls with an insulation layer:	— thermal transmittance	$U = 0,343 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
	— thermal resistance of insulation layer	$R = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$
For lightweight walls:		$U = 0,375 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
For ground floors:	— floor slab	$d = 200 \text{ mm}$
	— thermal conductivity of ground	$\lambda = 2,0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
	— thermal resistance of insulation layer	$R = 2,5 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$
For intermediate floors:		$d = 200 \text{ mm}$ $\lambda = 2,0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
For roofs:	— thermal transmittance	$U = 0,365 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
	— thermal resistance of insulation layer	$R = 2,5 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$
For the frames in openings:		$d = 60 \text{ mm}$
For columns:		$d = 300 \text{ mm}$ $\lambda = 2,0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Vonalmenti hőhídveszteségek, hőhídatalógus

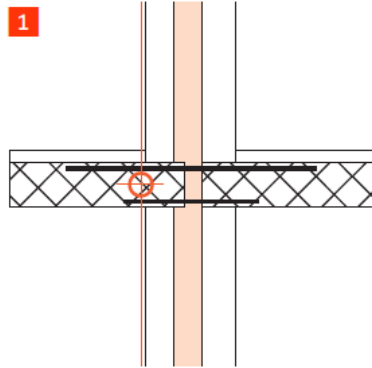
Külső pozitív falsarok



λ [W/(mK)]	Külső fal pórusbeton			
	d = 30 cm		d = 37,5 cm	
	ψ _s [W/(mK)]	f _{Rsi} [-]	ψ _s [W/(mK)]	f _{Rsi} [-]
0,12	-0,172	0,81	-0,172	0,84
0,13	-0,185	0,80	-0,186	0,83
0,16	-0,224	0,78	-0,225	0,80

Vonalmenti hőhidveszteségek, hőhídkatalógus

Stahlkorb



Einschränkungen

Kragplatten- anschlussdämmung	8 cm
Bodenheizung	keine

1.1-Z2

U -Wert Wand in $W/(m^2 \cdot K)$	Ψ -Wert in $W/(m \cdot K)$
0.15	0.24
0.20	0.23
0.25	0.22
0.30	0.22
0.35	0.21
0.40	0.20

Zuschläge

4 Kragplattenanschlussdämmung 6 cm	+ 0.03 $W/(m \cdot K)$
Bodenheizung	+ 0.02 $W/(m \cdot K)$

Nemzeti hőhídkatalógusból

Lábazat-padró-fal csp. ψ (W/(m ² K))		Lábazat hőszigetelés kialakítása, anyaga, vastagsága																		
Falazat anyaga	Hőszigetelés vtg. (cm)	Lábazat hőszigetetlen			Lábazat csak a terepszint felett hőszigetelt (XPS hőszig.)						Lábazat terepszint alatt 0.5 m-ig hőszigetelt (XPS hőszig.)									
					Lábazat hőszig. vtg = fal hőszig. vtg.			Lábazat hőszig. vtg > fal hőszig. vtg.			Lábazat hőszig. vtg = fal hőszig. vtg.					Lábazat hőszig. vtg > fal hőszig. vtg.				
		Padló hőszigetelése és vastagsága (cm)																		
		Nincs	EPS/XPS	EPS/XPS	Nincs	EPS/XPS	EPS/XPS	Nincs	EPS/XPS	EPS/XPS	Nincs	EPS/XPS	EPS/XPS	Üveghab	Üveghab	Nincs	EPS/XPS	EPS/XPS	Üveghab	Üveghab
		0	10	20	0	10	20	0	10	20	0	10	20	25	50	0	10	20	25	50
20 cm monolit vasbeton	0	0.26	0.42	0.46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	0.45	0.72	0.66	0.48	0.47	0.47	-	-	-	0.11	0.31	0.36	0.11	0.10	-	-	-	-	-
	10	0.50	0.77	0.70	0.49	0.47	0.46	-	-	-	0.08	0.27	0.32	0.09	0.09	-	-	-	-	-
	15	0.52	0.80	0.71	0.48	0.46	0.45	-	-	-	0.07	0.26	0.30	0.09	0.08	-	-	-	-	-
	20	0.54	0.81	0.72	0.47	0.45	0.44	-	-	-	0.06	0.25	0.29	0.08	0.08	-	-	-	-	-
Porotherm 25 N+F habarccsal	0	0.10	0.20	0.20	-	-	-	0.13	0.18	0.19	-	-	-	-	-	0.17	0.17	0.19	0.09	0.09
	5	0.12	0.23	0.20	0.07	0.17	0.17	0.06	0.16	0.16	0.06	0.14	0.15	0.04	0.04	0.06	0.13	0.14	0.04	0.04
	10	0.13	0.25	0.21	0.06	0.17	0.16	0.05	0.16	0.16	0.04	0.12	0.13	0.04	0.04	0.04	0.12	0.13	0.04	0.03
	15	0.14	0.26	0.21	0.05	0.16	0.16	0.05	0.16	0.15	0.04	0.12	0.13	0.04	0.04	0.04	0.11	0.12	0.03	0.03
	20	0.15	0.26	0.22	0.05	0.16	0.15	0.04	0.15	0.15	0.03	0.11	0.12	0.04	0.04	0.03	0.11	0.12	0.03	0.03
Leiertherm 25 N+F	0	0.09	0.18	0.17	-	-	-	0.11	0.15	0.16	-	-	-	-	-	0.14	0.14	0.16	0.07	0.07
	5	0.10	0.20	0.17	0.06	0.15	0.14	0.06	0.14	0.14	0.06	0.12	0.13	0.04	0.04	0.06	0.11	0.12	0.04	0.03
	10	0.11	0.21	0.17	0.05	0.14	0.14	0.05	0.14	0.13	0.04	0.11	0.11	0.03	0.03	0.04	0.10	0.11	0.03	0.03
	15	0.12	0.22	0.18	0.04	0.14	0.13	0.04	0.13	0.13	0.03	0.10	0.11	0.03	0.03	0.03	0.10	0.11	0.03	0.03
	20	0.12	0.22	0.18	0.04	0.14	0.13	0.04	0.13	0.13	0.03	0.10	0.11	0.03	0.03	0.03	0.10	0.10	0.03	0.03
Bakonytherm 25 N+F	0	0.10	0.20	0.20	-	-	-	0.13	0.18	0.19	-	-	-	-	-	0.17	0.17	0.19	0.09	0.09
	5	0.12	0.23	0.20	0.07	0.17	0.17	0.06	0.16	0.16	0.06	0.14	0.15	0.04	0.04	0.06	0.13	0.14	0.04	0.04
	10	0.13	0.25	0.21	0.06	0.17	0.16	0.05	0.16	0.16	0.04	0.12	0.13	0.04	0.04	0.04	0.12	0.13	0.04	0.03
	15	0.14	0.26	0.21	0.05	0.16	0.16	0.05	0.16	0.15	0.04	0.12	0.13	0.04	0.04	0.04	0.11	0.12	0.03	0.03
	20	0.15	0.26	0.22	0.05	0.16	0.15	0.04	0.15	0.15	0.03	0.11	0.12	0.04	0.04	0.03	0.11	0.12	0.03	0.03
Silka HM 250 NF+GT	0	0.16	0.29	0.31	-	-	-	0.22	0.26	0.29	-	-	-	-	-	0.28	0.26	0.29	0.14	0.14
	5	0.22	0.39	0.35	0.10	0.26	0.27	0.09	0.25	0.26	0.08	0.20	0.23	0.07	0.07	0.08	0.18	0.21	0.06	0.06
	10	0.25	0.42	0.37	0.09	0.26	0.26	0.08	0.24	0.25	0.06	0.19	0.21	0.07	0.06	0.06	0.17	0.20	0.06	0.05
	15	0.26	0.44	0.37	0.08	0.26	0.25	0.07	0.24	0.24	0.05	0.18	0.20	0.06	0.06	0.05	0.17	0.19	0.05	0.05
	20	0.27	0.45	0.38	0.08	0.25	0.25	0.07	0.23	0.24	0.04	0.17	0.19	0.06	0.06	0.04	0.16	0.18	0.05	0.05
Alfa falazóblokk	0	0.11	0.23	0.22	-	-	-	0.14	0.20	0.21	-	-	-	-	-	0.18	0.18	0.21	0.09	0.09
	5	0.14	0.28	0.24	0.08	0.20	0.20	0.07	0.19	0.19	0.07	0.16	0.17	0.05	0.05	0.07	0.14	0.16	0.05	0.05
	10	0.17	0.30	0.26	0.07	0.20	0.20	0.06	0.19	0.19	0.05	0.15	0.16	0.05	0.05	0.05	0.14	0.15	0.05	0.04
	15	0.18	0.32	0.27	0.06	0.20	0.19	0.06	0.19	0.19	0.04	0.14	0.15	0.05	0.05	0.04	0.13	0.15	0.04	0.04
	20	0.19	0.32	0.27	0.06	0.20	0.19	0.05	0.19	0.18	0.04	0.14	0.15	0.05	0.05	0.03	0.13	0.14	0.04	0.04

Forrás: ITM, Nagy Balázs

Vonalmenti hőhídveszteségek, részletes, numerikus szimuláció

Fourier törvénye $q_{cond} = -\lambda \nabla T$

Háromdimenziós stacioner hővezetés parciális differenciálegyenlete (konstans anyagjellemzők mellett):

$$\lambda_x \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \lambda_y \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \lambda_z \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = 0$$

Megoldás

A geometriai modellt egy-egy jellemző ponttal (csomóponttal) számos elemi részre osztják. Az energia-megmaradási törvény ($\text{div } q = 0$) és a Fourier-törvény ($q = -\lambda \text{ grad } T$) felhasználásával, továbbá a peremfeltételek figyelembe vételével olyan egyenletrendszert kapunk, amely a csomóponti hőmérsékletek függvénye. E rendszer megoldása, vagy közvetlen megoldással vagy iterációs módszerrel megadja a csomóponti hőmérsékleteket, amelyek alapján a hőmérsékletmező meghatározható. A hőmérséklet-eloszlásból a Fourier-törvény segítségével kiszámíthatók a hőáramok.

Numerikus módszerek (közelítő):

végeselem, véges differencia, véges térfogat módszerek ...

Gyakorlati megoldás lépései

Geometria bevitele

Anyagtulajdonságok megadása

Peremfeltételek megadása

Hálófelosztás (bizonyos szoftverekben automatikus)

Eredmények

Eredmények ellenőrzése, hibahatár

Szoftver: pl. THERM, HEAT

Geometriai felosztás, MSZ EN ISO 10211

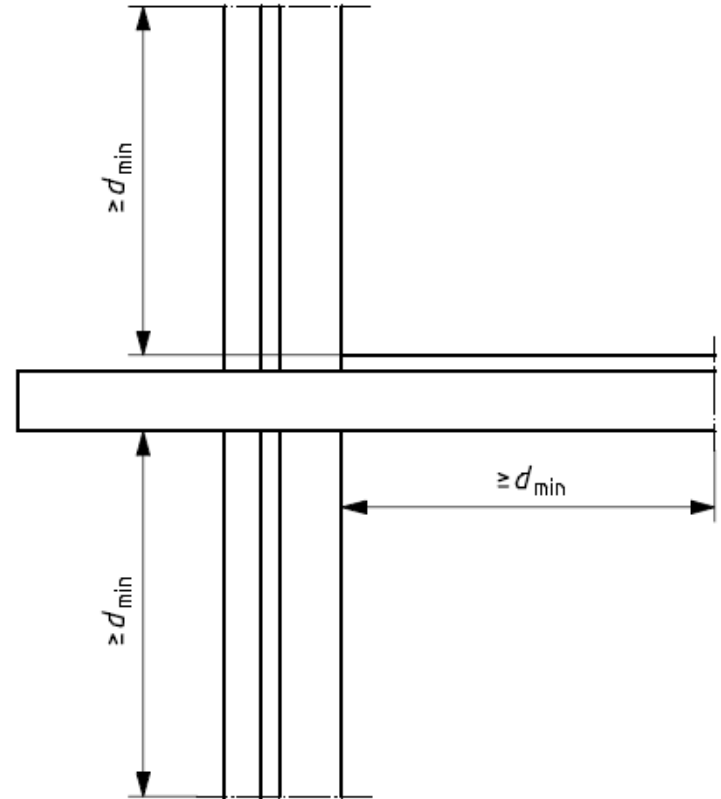
Épületet fel kell osztani metszősíkokkal:

- d_{min} távolság
- szimmetriasík, ha az d_{min} -nél kisebb távolságra van

d_{min} :

Max $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ m} \\ \text{vizsgált oldalirányú elem} \\ \text{vastagságának} \\ \text{háromszorosa} \end{array} \right.$

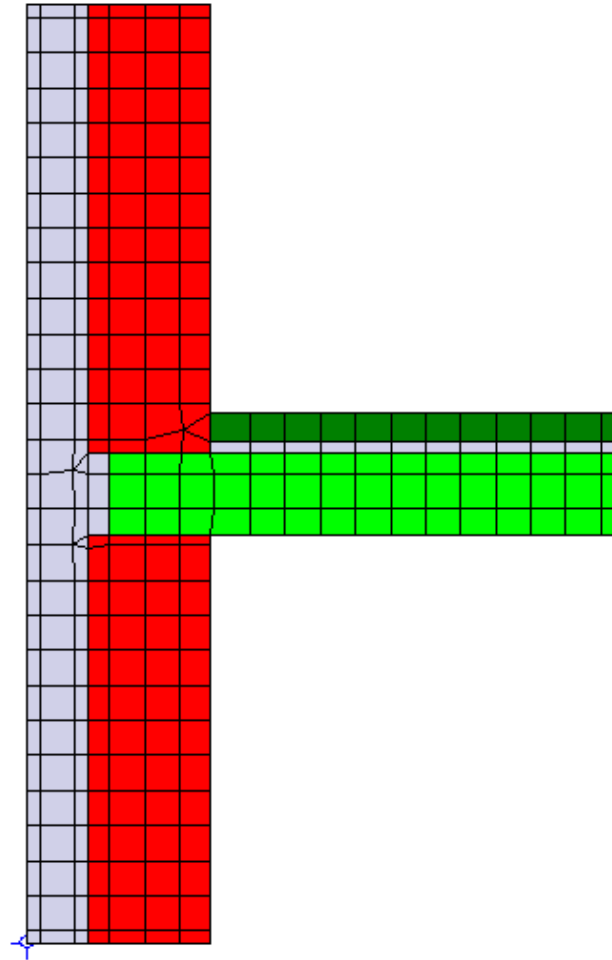
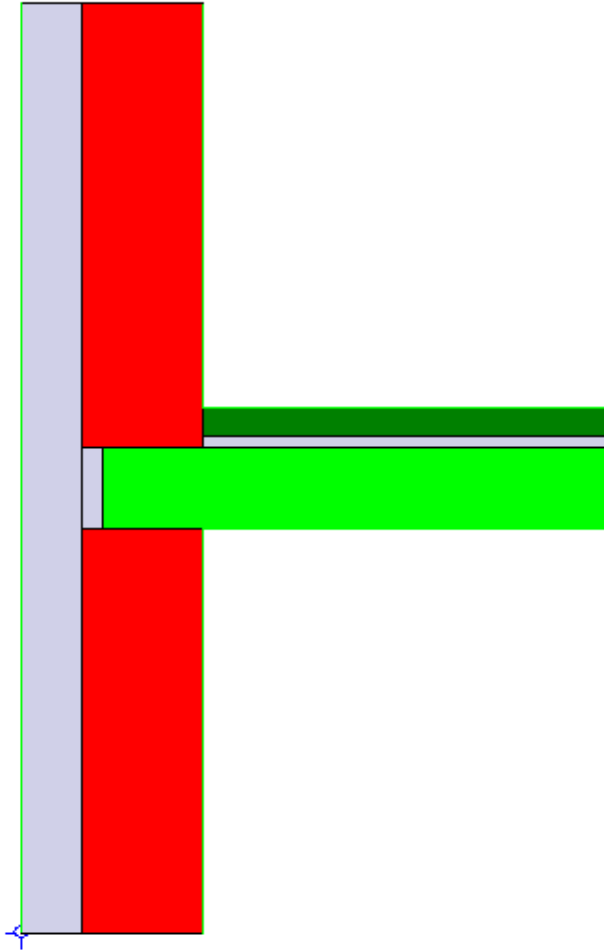
Metszősíkok: adiabatikus felületek



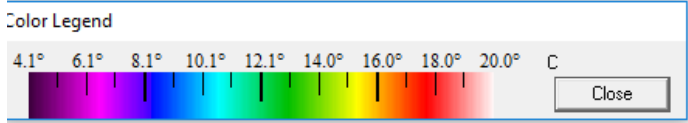
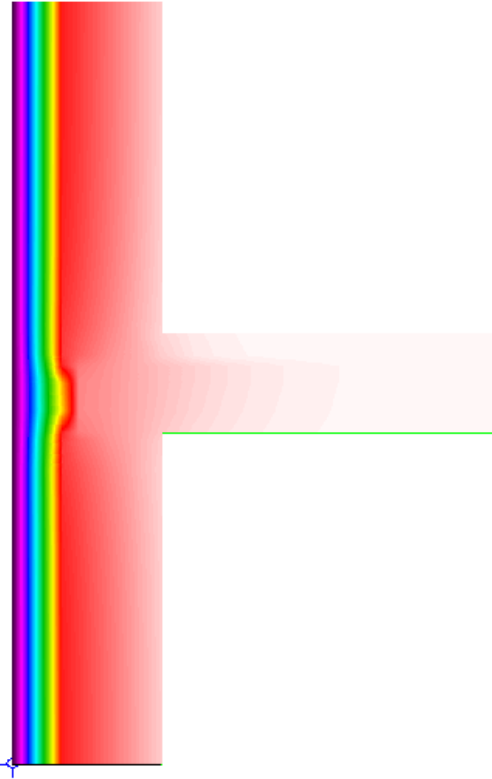
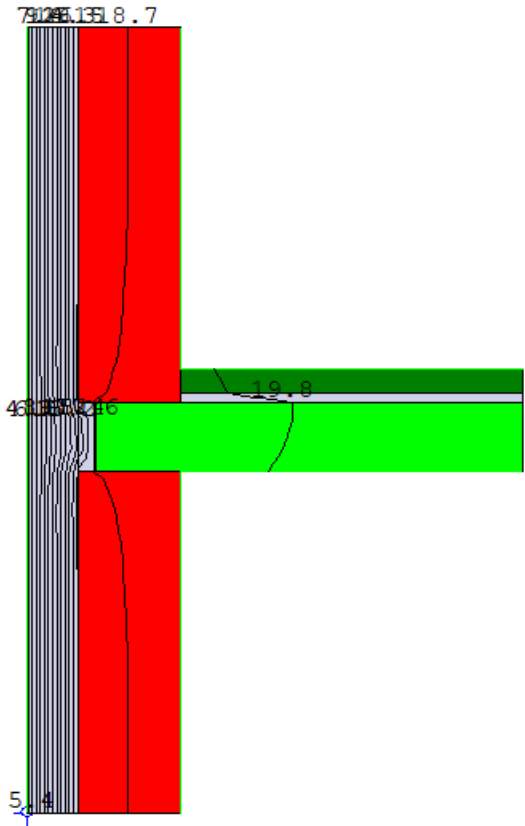
Egyszerűsítési lehetőségek

- Kisebb geometriai egyszerűsítések lehetségesek (tagolt felületek, lekerekített élek, ugrások, pl. tetőcserép)
- Vékony rétegek elhanyagolása - az 1 mm-nél kisebb vastagságú nem fémes rétegek elhanyagolhatók (pl. pára, légzáró fóliák)
- A külső felülethez pontszerűen rögzített tartozékok elhanyagolhatóak (pl. ereszcatorna tartó vasak, lefolyócső rögzítése)
- Inhomogén rétegek kezelhetők kvázi-homogén réteggként (pl. habarcs, falkötővas, üreges falazóblokk, szarufák, stb): megadott szabályok szerint

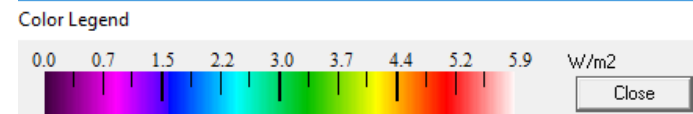
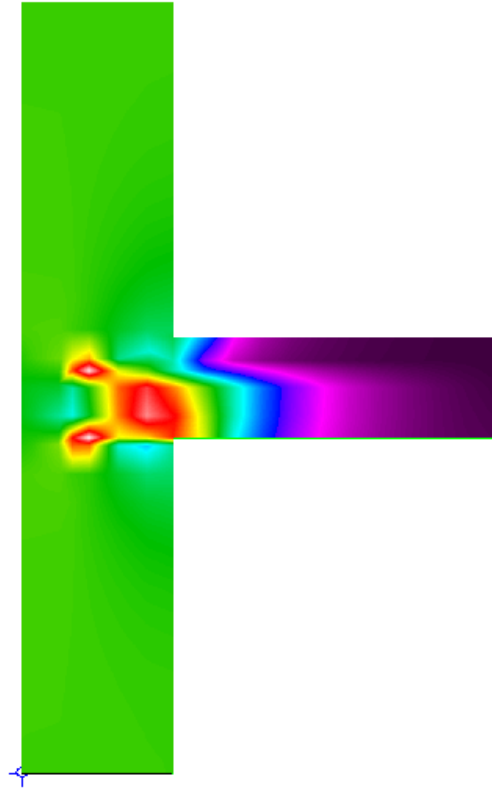
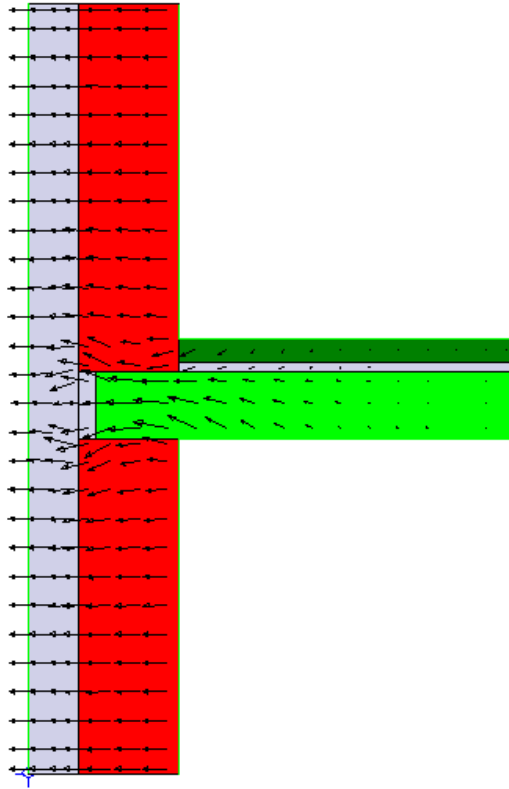
Hőhídszimuláció THERM szoftverben



Hőhídszimuláció THERM szoftverben



Hőhídszimuláció THERM szoftverben



Családi ház hővesztesége különböző módszerekkel

	Modell	Felületi hőveszteség	Vonalmenti hőveszteség	Teljes hőveszteség
		[W/K]	[W/K]	[W/K]
	Egyszerűsített eljárás	65.21	8.97	74.18
	MSZ EN ISO 14683	65.21	30.98	96.19
	Nemzeti hőhídkatalógus	65.21	12.58	77.79
Stacioner	Hőtechnikai vizsgálat - 0% relatív nedvességtartalom	59.92	13.81	73.73
	Hőtechnikai vizsgálat - 50% relatív nedvességtartalom	70.22	18.93	89.15
	Kapcsolt hő- és nedvességtechnikai szimuláció	65.18	18.05	83.23
Dinamikus	sugárzást tartalmazó, 0% relatív nedvességtartalom	55.01	16.41	71.42
	sugárzást tartalmazó, 50% relatív nedvességtartalom	65.58	23.99	89.57
	sugárzást nem tartalmazó, 0% relatív nedvességtartalom	53.74	15.21	68.95
	sugárzást nem tartalmazó, 50% relatív nedvességtartalom	65.30	19.64	84.94

Forrás: Marosvölgyi Martin: A vonalmenti hőveszteségek számítási eljárásainak összehasonlítása, TDK dolgozat, BME, 2020

Felületi állagvédelmi ellenőrzés

Saját léptékben mért felületi hőmérséklet:

$$\theta_{bf} = \frac{t_{bf} - t_e}{t_i - t_e}$$

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{(\theta_i - \theta_e)}$$

Ökölszabály:

$$f_{Rsi} \geq 0,65 \quad (\text{régi MSZ})$$

$$f_{Rsi} \geq 0,7 \quad (\text{DIN})$$

Szabványok:

EN 13788: Épületszerkezetek és épületelemek hő- és nedvességtechnikai viselkedése. A kritikus felületi nedvességet és a szerkezeten belüli páralecsapódást megelőző belső felületi hőmérséklet. Számítási módszerek

MSZ 24140:2015

Hőáramok a talaj felé

Talajon fekvő padló, lábazat és pincefal hővesztesége

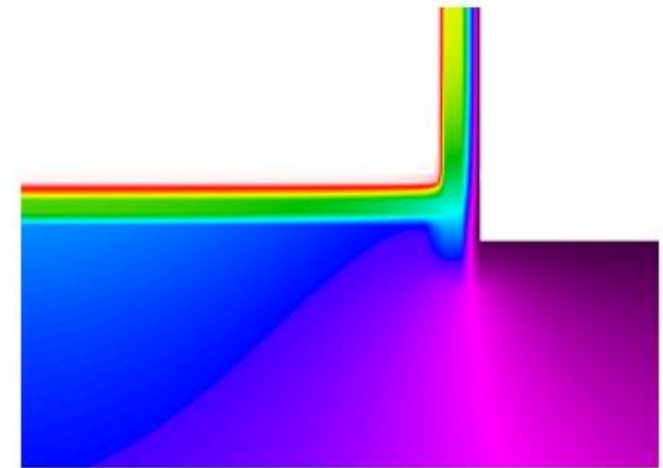
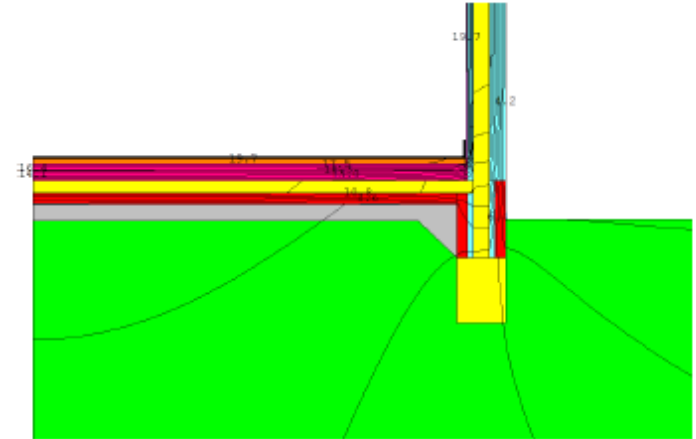
Azon határoló szerkezetek, amelyek hőveszteségét nem egydimenziós hőáramok feltételezésével kell számítani (pl. talajjal érintkező határolás, lábazat)

Egyszerűsített számítás:

- Rendelet által megadott táblázatból

Részletes számítás:

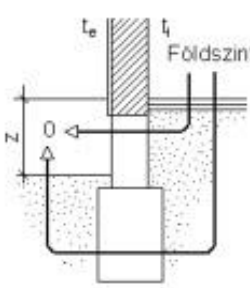
- MSZ EN ISO 13370 szerint
- Hőhíd szimuláció az MSZ EN ISO 10211 szerint (pl. THERM, HEAT), 3D vagy 2D modell alapján



Ábra forrása: Közel nulla energiaigényű családi ház tervezése, Tujner Alíz, szakdolgozat, BME, 2015.

Talajon fekvő padlók vonalmenti hőátbocsátási tényezői a kerület hosszegységére vonatkoztatva (Ψ)

7/2006. (V.24.) TNM 3. melléklet III.1. táblázat



A padlószint és a talajszint közötti magasság-	A padlószervezet hővezetési ellenállása a kerület mentén legalább 1,5 m szélességű sávban ¹⁾											
	$R = \frac{d}{\lambda} (m^2 K / W)$											
különbség z (m)	Szigeteletlen	0,20-0,35	0,40-0,55	0,60-0,75	0,80-1,00	1,05-1,50	1,55-2,00	2,05-3,00	3,05-4,00	4,05-5,00	5,05-6,00	6,05-7,00
-6,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-6,00...-4,05	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0	0	0	0
-4,00...-2,55	0,40	0,40	0,35	0,35	0,35	0,35	0,30	0,30	0,10	0,10	0	0
-2,50...-1,85	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,40	0,20	0,15	0,10	0
-1,80...-1,25	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,55	0,45	0,30	0,22	0,17	0,13
-1,20...-0,75	1,00	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,55	0,40	0,31	0,25	0,21
-0,70...-0,45	1,20	1,05	1,00	0,95	0,90	0,80	0,75	0,65	0,50	0,40	0,33	0,29
-0,40...-0,25	1,40	1,20	1,10	1,05	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,49	0,41	0,37
-0,20...+0,20	1,75	1,45	1,35	1,25	1,15	1,05	0,95	0,85	0,70	0,58	0,50	0,45
0,25...0,40	2,10	1,70	1,55	1,45	1,30	1,20	1,05	0,95	0,75	0,62	0,53	0,48
0,45...1,00	2,35	1,90	1,70	1,55	1,45	1,30	1,15	1,00	0,80	0,66	0,56	0,51
1,05...1,50	2,55	2,05	1,85	1,70	1,55	1,40	1,25	1,10	0,95	0,70	0,60	0,55

1) A szigetelt sáv függőleges is lehet: a szigetelés a pincefalán vagy a lábazon is elhelyezhető. A vízszintes és függőleges helyzetű szigetelt sávok összegezett kiterített szélességének minimális szélessége 1,5 m.

Pincefalak vonalmenti hőátbocsátási tényezői a kerület hosszegységére vonatkoztatva (Ψ)

7/2006. (V.24.) TNM 3. melléklet III.2. táblázat

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
- 0,25 -...	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,45	0,45

Talajjal érintkező szerkezetek hővesztesége

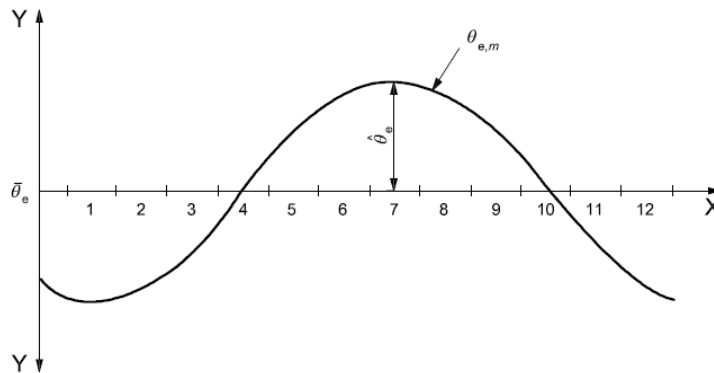
Talajjal érintkező szerkezetek hővesztesége három tagból áll:

- Szerkezet hővesztesége a felületen keresztül állandósult állapotban
- Hőhídhatás a padló kerülete mentén a padló-fal csatlakozásnál
- Éves periodikus hőáram a padló kerülete mentén a talaj hőtehetetlensége miatt

→ MSZ EN ISO 13370/
hőhíd-szimuláció

→ Hőhíd-szimuláció/
hőhíd-katalógus

→ MSZ EN ISO 13370/
tranzien
hőhíd-szimuláció



Talajjal érintkező szerkezetek hővesztesége, MSZ EN ISO 13370

Talajjal érintkező szerkezet hővesztesége állandósult állapotban:

$$H_g = AU + P\Psi_g \quad (\text{W/K})$$

ahol

A a talajjal érintkező szerkezet területe (m^2),

U a hőátbocsátási tényező (**talaj hatásával!**) ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$),

P a padló kerülete (m)

Ψ_g a fal-padló csatlakozásnál kialakuló hőhídveszteség (W/mK),
(táblázatból vagy numerikus szimuláció)

Talaj hőtechnikai jellemzői, MSZ EN ISO 13370

Az adatok forrása:

- A tényleges helyszín talajjellemzői
- Ha a talaj típusa ismert: táblázatból
- Ha a talaj típusa nem ismert: hővezetési tényező $2,0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ értékkel számítható

Típus	Jellemző	Hővezetési tényező $\lambda, \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	Térfogatra vonatkoztatott hőtároló képesség $\rho c, \text{ J}/(\text{m}^3\cdot\text{K})$
1	agyag vagy iszap	1,5	$3,0 \times 10^6$
2	homok vagy kavics	2,0	$2,0 \times 10^6$
3	homogén kő	3,5	$2,0 \times 10^6$

Padló karakterisztikus mérete

Padló jellemző (karakterisztikus) mérete

$$B = \frac{A}{0,5P}$$

ahol

A padló területe

P padló kerülete

$$B = b$$



$$a \approx \infty$$



$$B = b/2$$

A padló kerülete a kitett kerület (a külső környezettől vagy fűtetlen tértől elválasztó külső falak hossza):

- Teljes épület esetén: teljes kerület
- Épületrész (pl. sorház): kerület tartalmazza a külső tértől elválasztó falak hosszát, de nem tartalmazza a más fűtött terektől elválasztó falak hosszát
- Fűtetlen terek (pl. épülethez csatlakozó fűtetlen garázs, terasz): nem kell figyelembe venni a számítás során, mintha nem lennének ott. Az elválasztó fal hosszát a kerületben figyelembe kell venni.

Egyenértékű vastagság

Egyenértékű vastagság:
az elemmel azonos hővezetési tényezőjű talaj vastagsága

d_t padló egyenértékű vastagsága

d_w pincefalak egyenértékű vastagsága

Talajjal érintkező szerkezetek hővesztesége, MSZ EN ISO 13370

Szabványos számítások a következő szerkezetekre:

- Talajon fekvő padló
- Légréteges padló
- Fűtött pince
- Fűtetlen pince
- Lábazati szigetelés

Talajon fekvő padló

Padló egyenértékű vastagsága:

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se})$$

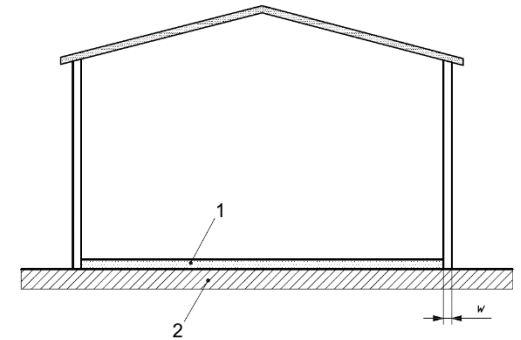
ahol

w a falak teljes vastagsága, valamennyi réteget figyelembe véve (m)

λ talaj hővezetési tényezője (W/mK)

R_f a padló szerkezet hővezetési ellenállása (m²K/W), figyelembe véve a padló teljes területén felül, alul vagy a lemezben elhelyezett hőszigetelést, valamint a padlóburkolat hővezetési ellenállását.

Betonlemezek és vékony padlóburkolatok elhanyagolhatóak. A kavicsfeltöltés hővezetési ellenállása a talajhoz hasonlóan feltételezhető, ezért nem szabad figyelembe venni!



Talajon fekvő padló

A) Jól hőszigetelt padló ($dt \geq B$)

$$U = \frac{\lambda}{0,457B + d_t}$$

ahol

- λ a nem fagyott talaj hővezetési tényezője (W/mK)
- d_t padló egyenértékű vastagsága
- B padló jellemző (karakterisztikus) mérete

Vagy:

$$U = \frac{1}{(R_f + R_{si} + R_{se} + w / \lambda) + R_g}$$

$$R_g = \frac{0,457 \times B}{\lambda}$$

- R_g a talaj effektív hővezetési ellenállása
- R_f a padló szerkezet hővezetési ellenállása (m^2K/W),
- R_{si} a belső hőátadási ellenállás,
- R_{se} a külső hőátadási ellenállás,
- w a külső fal vastagsága (m)

Talajon fekvő padló

B) hőszigetetlen vagy mérsékelten hőszigetelt padló ($d_t < B$)

$$U = \frac{2\lambda}{\pi B + d_t} \ln \left(\frac{\pi B}{d_t} + 1 \right)$$

ahol

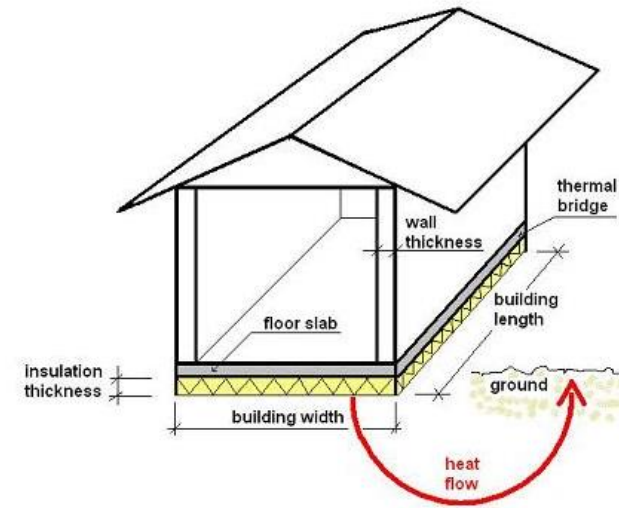
λ a nem fagyott talaj hővezetési tényezője (W/mK)

B padló jellemző (karakterisztikus) mérete

d_t padló egyenértékű vastagsága

Talajon fekvő padló

Slab-on-ground floor. Calculation of thermal transmittances. SS-EN ISO 13370:2007

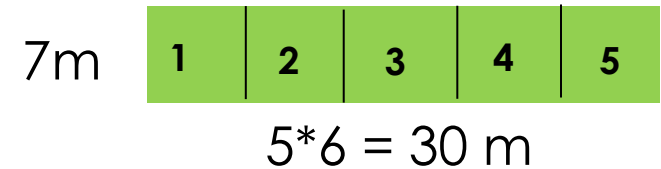


Building width [m]	<input type="text" value="10"/>
Building length [m]	<input type="text" value="20"/>
<input type="button" value="Calculate building area and perimeter"/>	
Building area [m ²]	<input type="text" value="200"/>
Building perimeter [m]	<input type="text" value="60"/>
Insulation thickness [mm]	<input type="text" value="200"/>
Insulation lambda (thermal conductivity) [W/(m K)]	<input type="text" value="0.036"/>
Floor slab thermal resistance (additional) [m ² K/W]	<input type="text" value="0"/>
Wall thickness [m]	<input type="text" value="0.3"/>
Type of ground	<input type="text" value="Unknown"/>
Perimeter thermal bridge design	<input type="text" value="No thermal bridge"/>
<input type="button" value="Calculate U-value"/>	
U-value [W/(m ² K)]	<input type="text" value="0.135"/>

<http://www.energiberakning.se/SlabOnGroundFloor/SlabOnGroundFloor.aspx>

Talajon fekvő padló – 1. PÉLDA

Agyagos talaj, hőszigeteteletlen padló, falvastagság 0,3 m
5 sorház egy épületként:



$$P = 30 + 7 + 30 + 7 = 74 \text{ m}$$

$$A = 7 \times 30 = 210 \text{ m}^2$$

$$B = \frac{210}{0,5 \times 74} = 5,676 \text{ m}$$

$$\lambda = 1,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}) \text{ (agyagtalaj)}$$

$$d_t = 0,3 + 1,5(0,17 + 0 + 0,04) = 0,615 \text{ m}$$

$$d_t < B$$

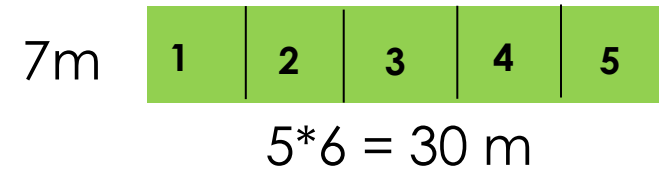
$$U = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \ln \left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1 \right) \quad U = \frac{2 \times 1,5}{3,142 \times 5,676 + 0,615} \ln \left(\frac{3,142 \times 5,676}{0,615} + 1 \right) = 0,1626 \times \ln(30,00) = 0,553 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$H_g = 0,533 \times 210 = 116,1 \text{ W/K}$$

Talajon fekvő padló – 1. PÉLDA

Agyagos talaj, hőszigeteteletlen padló, falvastagság 0,3 m

1. és 5. sorház



$$P = 6 + 7 + 6 = 19 \text{ m}$$

$$A = 42 \text{ m}^2$$

$$B = \frac{42}{0,5 \times 19} = 4,421 \text{ m}$$

$$\lambda = 1,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}) \text{ (agyagtalaj)}$$

$$d_t = 0,3 + 1,5(0,17 + 0 + 0,04) = 0,615 \text{ m}$$

$$d_t < B$$

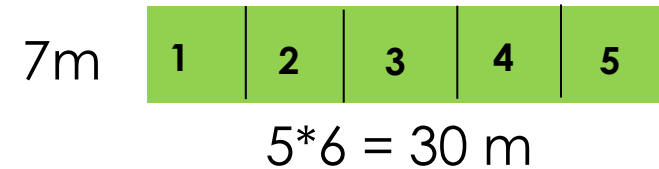
$$U = \frac{2\lambda}{\pi B + d_t} \ln\left(\frac{\pi B}{d_t} + 1\right)$$

$$U = \frac{2 \times 1,5}{3,142 \times 4,421 + 0,615} \ln\left(\frac{3,142 \times 4,421}{0,615} + 1\right) = 0,654 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$H_g = 0,654 \times 42 = 27,4 \text{ W}/\text{K}$$

Talajon fekvő padló – 1. PÉLDA

Agyagos talaj, hőszigeteteletlen padló, falvastagság 0,3 m
2, 3. és 4. sorház



$$P = 6 + 6 = 12 \text{ m}$$

$$A = 42 \text{ m}^2$$

$$B = \frac{42}{0,5 \times 12} = 7 \text{ m}$$

$$\lambda = 1,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}) \text{ (agyagtalaj)}$$

$$d_t = 0,3 + 1,5(0,17 + 0 + 0,04) = 0,615 \text{ m}$$

$$d_t < B$$

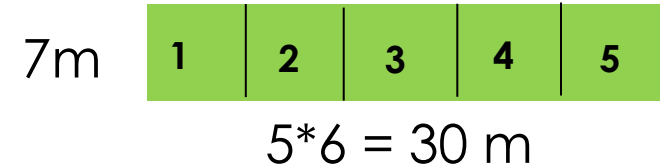
$$U = \frac{2\lambda}{\pi B + d_t} \ln\left(\frac{\pi B}{d_t} + 1\right)$$

$$U = \frac{2 \times 1,5}{3,142 \times 7 + 0,615} \ln\left(\frac{3,142 \times 7}{0,615} + 1\right) = 0,478 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$$

$$H_g = 0,478 \times 42 = 20,1 \text{ W}/\text{K}$$

Talajon fekvő padló – 1. PÉLDA

Agyagos talaj, hőszigeteteletlen padló, falvastagság 0,3 m



Teljes épületként számítva:

$$H_g = 116,1 \text{ W/K}$$

Sorházak összegeként számítva:

$$H_g = 2*27,4 + 3*20,1 = 115,1 \text{ W/K}$$

Különbség < 1%

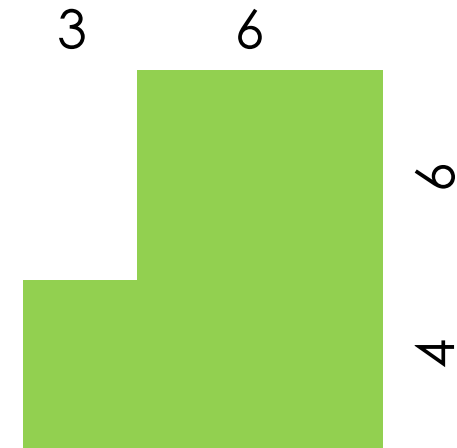
Talajon fekvő padló – 2. PÉLDA

$$w = 0,3 \text{ m}, \lambda = 2,0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$$

$$P = 10 + 6 + 6 + 3 + 4 + 9 = 38 \text{ m}$$

$$A = (10 \times 6) + (3 \times 4) = 72 \text{ m}^2$$

$$B = 72/19 = 3,789 \text{ m}$$



A) Hőszigetelés nélküli padló

$$d_t = 0,3 + 2,0 (0,17 + 0 + 0,04) = 0,72 \text{ m}$$

$$d_t < B$$

$$U = \frac{2\lambda}{\pi B + d_t} \ln \left(\frac{\pi B}{d_t} + 1 \right)$$

$$U = \frac{2 \times 2,0}{3,142 \times 3,789 + 0,72} \ln \left(\frac{3,142 \times 3,789}{0,72} + 1 \right) = 0,91 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Talajon fekvő padló – 2. PÉLDA

B) Egyenletesen hőszigetelt padló:
 25 mm 0,04 W/(m·K) hővezetési tényezőjű hőszigetelés

$$R_f = 0,025/0,04 = 0,625 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$d_t = 0,3 + 2,0 \cdot (0,17 + 0,625 + 0,04) = 1,97 \text{ m}$$

$$d_t < B$$

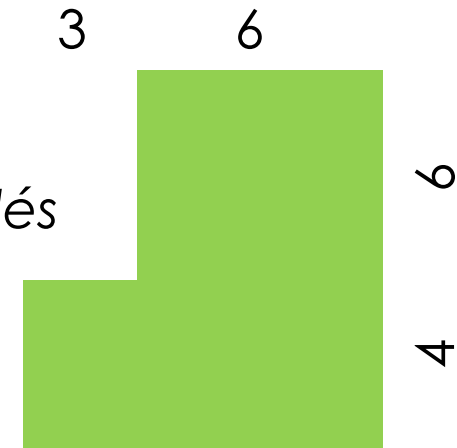
$$U = \frac{2 \times 2,0}{3,142 \times 3,789 + 1,97} \ln \left(\frac{3,142 \times 3,789}{1,97} + 1 \right) = 0,56 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

C) Jól hőszigetelt padló:
 100 mm 0,04 W/(m·K) hővezetési tényezőjű hőszigetelés

$$R_f = 0,1/0,04 = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$d_t = 0,3 + 2,0(0,17 + 2,5 + 0,04) = 5,72 \text{ m} \quad d_t > B$$

$$U = \frac{\lambda}{0,457B + d_t} \quad U = \frac{2,0}{0,457 \times 3,789 + 5,72} = 0,27$$



Talajon fekvő padló – 2. PÉLDA

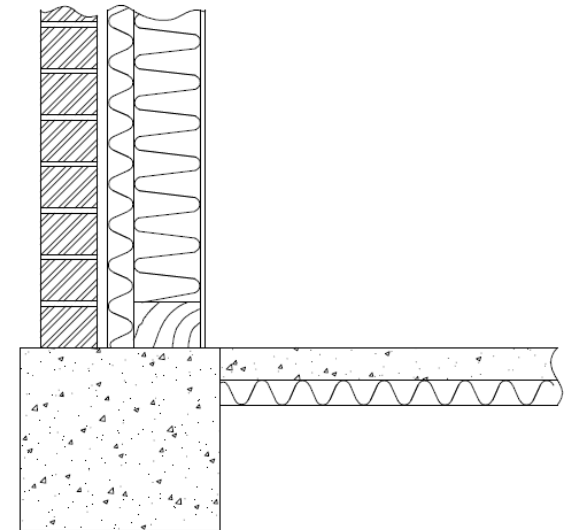
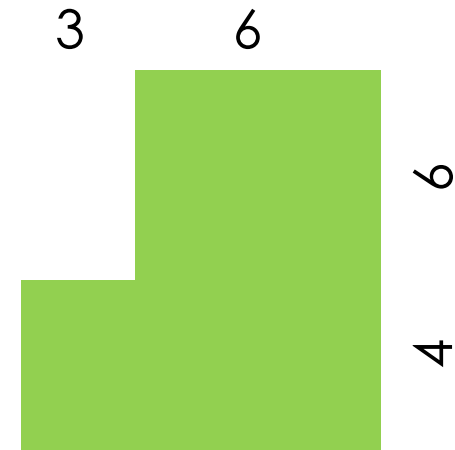
D) Hőhíd figyelembe vétele
Jól hőszigetelt padló

$$U_o = 0,27 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Az EN ISO 10211 szerinti numerikus számítás eredménye:

$$\Psi_g = + 0,07 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

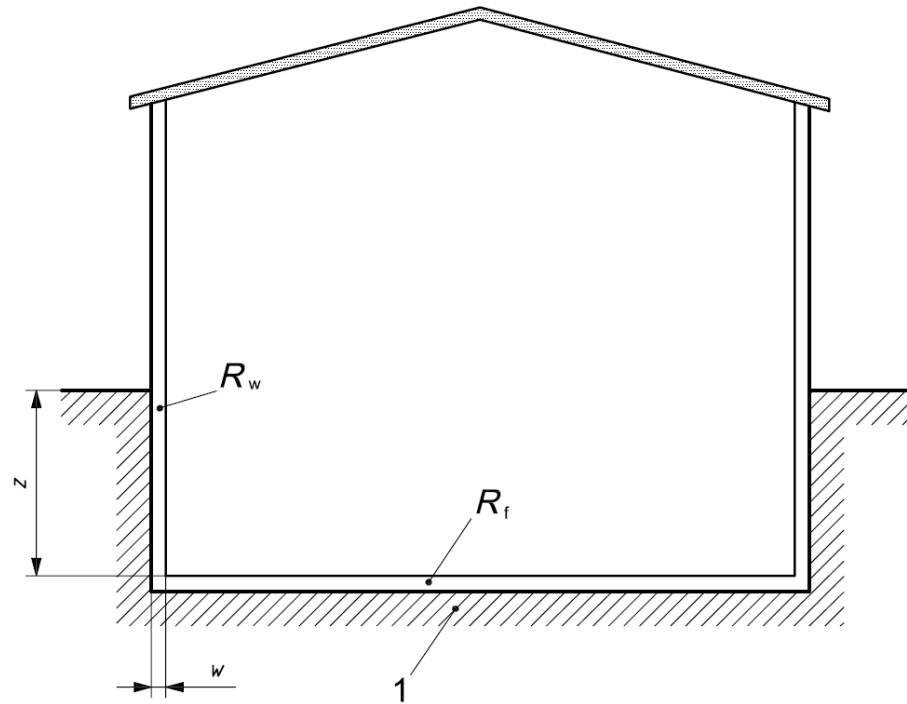
$$H_g = 0,27 \times 72 + 0,07 \times 38 = 22,1 \text{ W/K}$$



Fűtött pince hővesztesége

Két tagból áll:

- Pincepadló: U_{bf}
- Pincefal: U_{bw}



Fűtött pince padlójának hőátbocsátási tényezője

A) Hőszigetetlen vagy mérsékelten hőszigetelt padló esetén
($d_t + 0,5 z$) < B

$$U_{\text{bf}} = \frac{2\lambda}{\pi B + d_t + 0,5z} \ln\left(\frac{\pi B}{d_t + 0,5z} + 1\right)$$

B) Hőszigetelt padló esetén ($d_t + 0,5 z$) \geq B

$$U_{\text{bf}} = \frac{\lambda}{0,457B + d_t + 0,5z}$$

Ahol

z a padló mélysége a talajszinthez képest

Fűtött pince falának hőátbocsátási tényezője

Pincefal egyenértékű vastagsága:

$$d_w = \lambda(R_{si} + R_w + R_{se})$$

Ahol R_w a pincefalak hővezetési ellenállása, minden réteget figyelembe véve

A fal hőátbocsátási tényezője:

$$U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi Z} \left(1 + \frac{0,5d_t}{d_t + z} \right) \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right)$$

A képlet érvényes, ha $d_w \geq d_t$ (általánosan igaz)

Ha mégis $d_w < d_t$, az egyenletben d_t helyett d_w -t kell használni.

Fűtött pince teljes hővesztesége

A pince teljes hőátbocsátási tényezője:

$$U' = \frac{(AU_{\text{bf}}) + (zPU_{\text{bw}})}{A + (zP)}$$

A hőveszteségtényező állandósult állapotban:

$$H_g = (AU_{\text{bf}}) + (zPU_{\text{bw}}) + (P\Psi_g)$$

Lábazati (perem) hőszigetelés

Vízszintes vagy függőleges lábazati hőszigetelés/ kis testsűrűségű fal
Vonalmenti hőátbocsátási tényezőként $\Psi_{g,e}$ (**negatív értékkel**)

Ha többféle lábazati szigetelés is van, a legnagyobb csökkenést adó szigetelést lehet figyelembe venni

Teljes hővesztés:

$$H_g = (AU) + P(\Psi_g + \Psi_{g,e})$$

Vagy: állandósult állapotra vonatkozó számításban a padló hőátbocsátási tényezőjében is figyelembe vehető:

$$U = U_0 + \frac{2\Psi_{g,e}}{B}$$

ahol

U_0 a padló hőátbocsátási tényezője perem szigetelés nélkül

Lábazati hőszigetelés

A perem hőszigetelés miatti többlet egyenértékű vastagság:

$$d' = R' \lambda$$

ahol

R' a perem hőszigetelés (vagy lábazati fal) miatti többlet hővezetési ellenállás, azaz a perem hőszigetelés és a helyettesített talajréteg (vagy lemez) hővezetési ellenállásának különbsége

$$R' = R_n - \frac{d_n}{\lambda}$$

ahol:

R_n a vízszintes vagy függőleges perem hőszigetelés (vagy lábazati fal) hővezetési ellenállása ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$);

d_n a perem hőszigetelés (vagy lábazati fal) vastagsága (m)

Vízszintes lábazati hőszigetelés

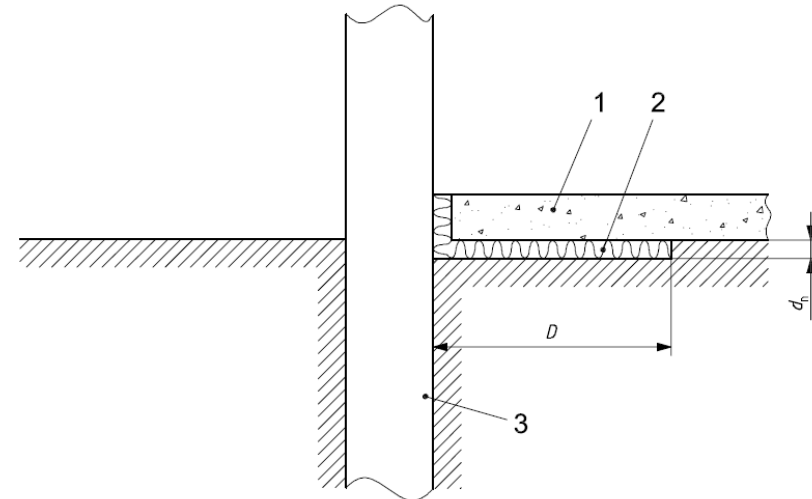
Vonalmenti hőátbocsátási tényező:

$$\Psi_{g,e} = -\frac{\lambda}{\pi} \left[\ln \left(\frac{D}{d_t} + 1 \right) - \ln \left(\frac{D}{d_t + d'} + 1 \right) \right]$$

ahol

D a vízszintes perem hőszigetelés szélessége (m);

d' többlet egyenértékű vastagság (m)



Függőleges lábazati hőszigetelés

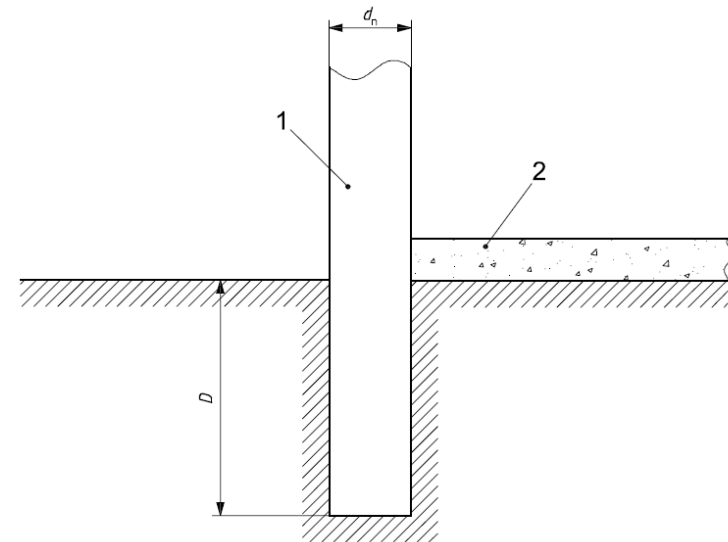
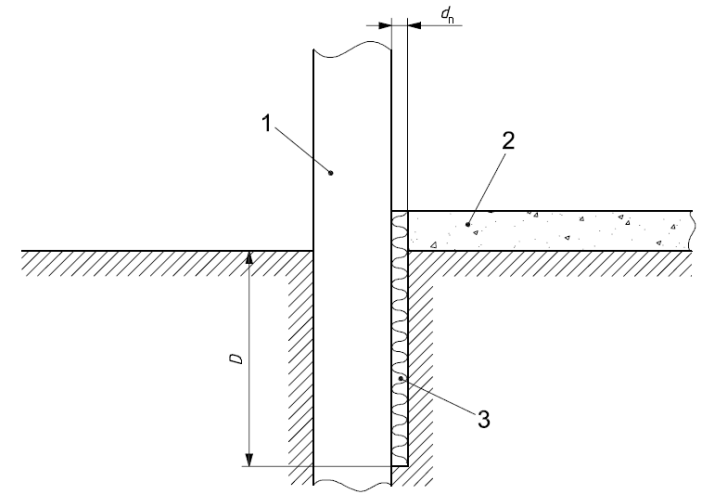
Vonalmenti hőátbocsátási tényező:

$$\Psi_{g,e} = -\frac{\lambda}{\pi} \left[\ln \left(\frac{2D}{d_t} + 1 \right) - \ln \left(\frac{2D}{d_t + d'} + 1 \right) \right]$$

ahol

D a függőleges perem hőszigetelés (vagy lábazati fal) mélysége a talajszint alatt (m)

d' többlet egyenértékű vastagság (m)



Talajon fekvő padló + kis testsűrűségű lábazati fal - PÉLDA

A lábazati fal 300 mm széles és 600 mm mély,
hővezetési tényezője $0,25 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, $B = 3,789 \text{ m}$,
 $d_t = 0,72 \text{ m}$, $U_0 = 0,91$

$$R' = R_n - \frac{d_n}{\lambda} \qquad R' = \frac{0,3}{0,25} - \frac{0,3}{2,0} = 1,05$$

$$d' = R' \cdot \lambda = 1,05 \times 2,0 = 2,1 \text{ m}$$

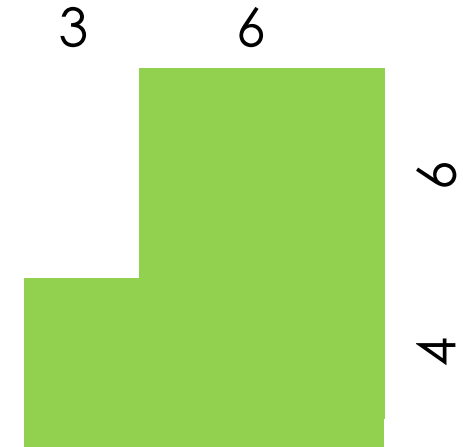
$$D = 0,6 \text{ m}$$

$$\Psi_{g,e} = -\frac{\lambda}{\pi} \left[\ln \left(\frac{2D}{d_t} + 1 \right) - \ln \left(\frac{2D}{d_t + d'} + 1 \right) \right]$$

$$\Psi_g = -\frac{2,0}{3,142} [\ln(2,667) - \ln(1,426)] = -0,400 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$$

$$U = U_0 - \frac{2\Psi_{g,e}}{B'}$$

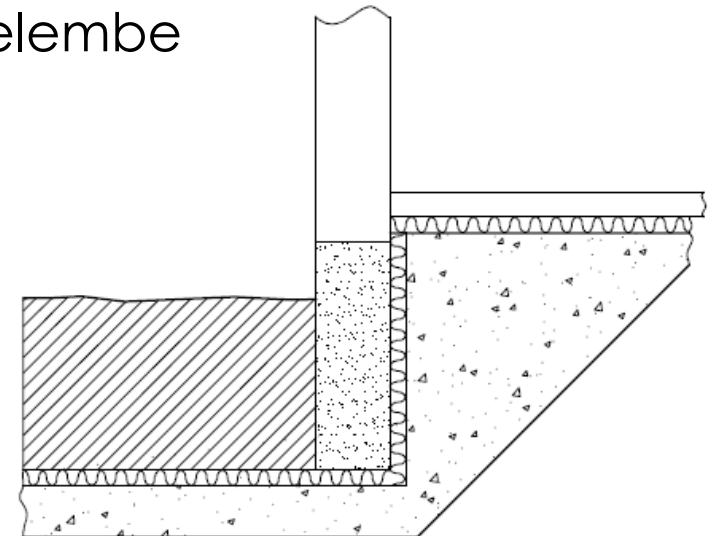
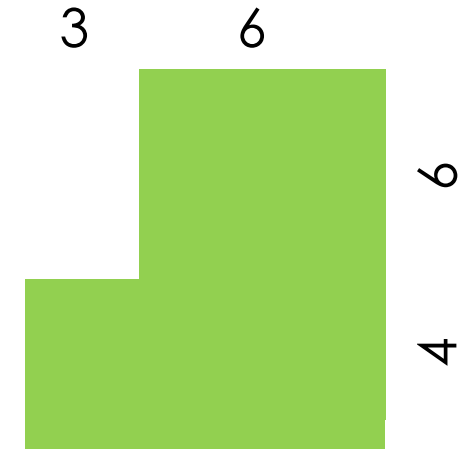
$$U = 0,91 - 2 * 0,400/3,789 = 0,70 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$



Talajon fekvő padló + lábazati szigetelés - PÉLDA

Jól hőszigetelt padló + lábazat belső oldalán 500 mm mélységig hőszigetelés + az alapok alatt az épülettől 600 mm-re kinyúló hőszigetelés fagy ellen
Hőszigetelés vastagsága 75 mm, tervezési hővezetési tényező $0,05 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Ki kell számolni külön-külön a függőleges és a vízszintes peremszigetelés hatását, majd a nagyobb csökkenést okozó szigetelés hatását lehet figyelembe venni



Talajon fekvő padló + lábazati szigetelés - PÉLDA

A hővezetési ellenállás növekménye a perem hőszigetelés miatt:

$$R' = 1,5 - 0,075/2,0 = 1,46 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

Az egyenértékű vastagságnövekmény:

$$d' = 1,46 \times 2,0 = 2,92 \text{ m}$$

A függőleges hőszigetelésre:

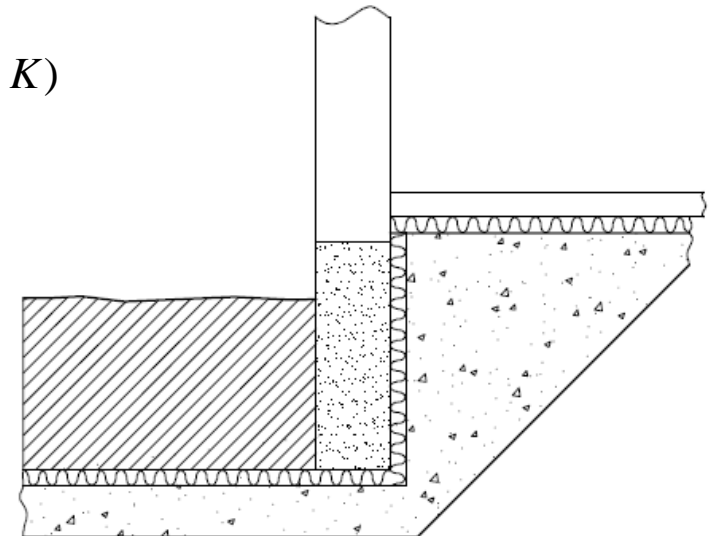
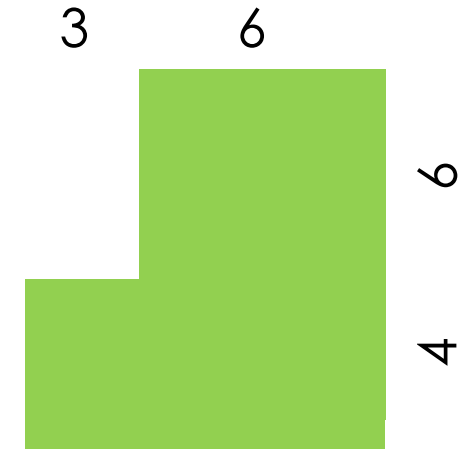
$$\Psi_g = -\frac{2,0}{3,142} \left[\ln \left(\frac{2 \times 0,5}{5,72} + 1 \right) - \ln \left(\frac{2 \times 0,5}{5,72 + 2,92} + 1 \right) \right] = -0,033 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

A vízszintes hőszigetelésre:

$$\Psi_g = -\frac{2,0}{3,142} \left[\ln \left(\frac{0,6}{5,72} + 1 \right) - \ln \left(\frac{0,6}{5,72 + 2,92} + 1 \right) \right] = -0,021 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

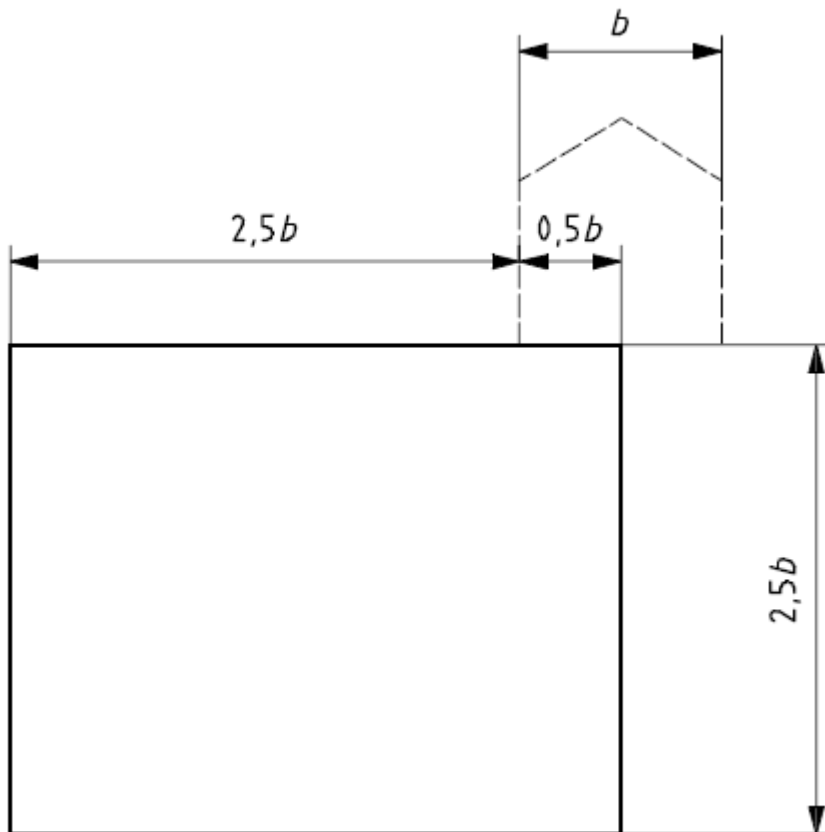
Függőleges hőszigetelés hatása nagyobb

$$U = 0,27 - 2 * 0,033/3,789 = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$



Talaj numerikus szimulációja

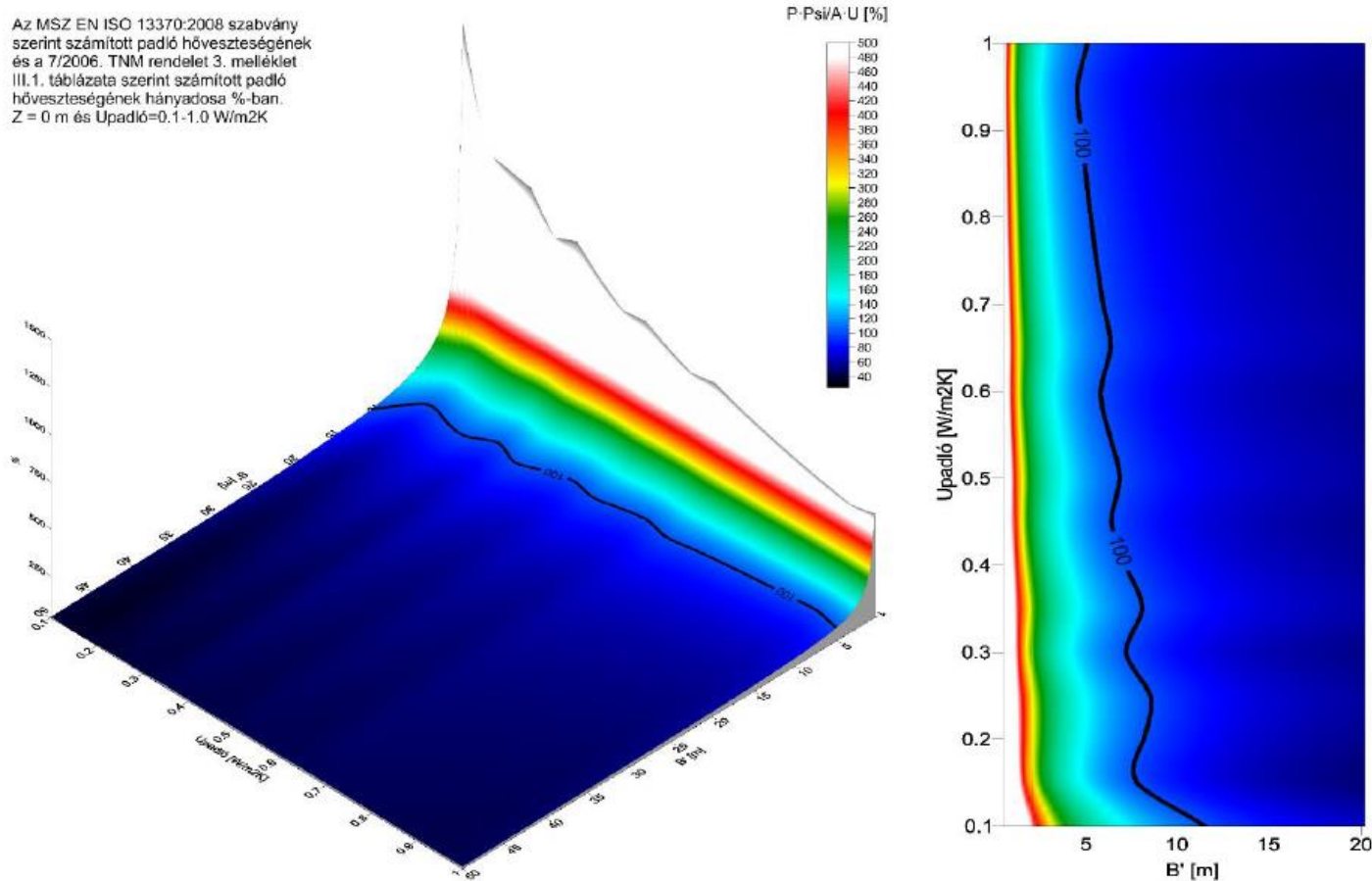
MSZ EN ISO 10211 adja meg a feltételeket



Irány	A központi elemtől mért távolság	
	A számítás célja	
	Csak felületi hőmérsékletek számítása	Hőáramok és felületi hőmérsékletek számítása
A függőleges síktól vett vízszintes távolság az épületen belül	legalább a falvastagság háromszorosa	$0,5 \times$ padló méret
A függőleges síktól vett vízszintes távolság az épületen kívül	legalább a falvastagság háromszorosa	$2,5 \times$ padló szélesség ^d
A vízszintes síktól vett függőleges távolság a talajszint alatt	legalább 3 m	$2,5 \times$ padló szélesség
A vízszintes síktól vett függőleges távolság a padlószint alatt (csak abban az esetben érvényes, ha a vizsgált padló szintje több mint 2 m-rel van a talajfelszín alatt)	legalább 1 m	$2,5 \times$ padló szélesség
^d Ha a függőleges szimmetriasíkok ismertek, például a szomszédos épületek miatt, ezek is alkalmazhatóak metszősíkként.		

MSZ EN ISO 10211

Talajos módszerek összehasonlítása



1. ábra: Egyszerűsített és részletes számítás egymáshoz viszonyított százalékos értékei a padlószerkezet jellemző méretének és hőátbocsátási tényezőjének függvényében

Nagy Balázs:

Talajjal érintkező szerkezetek épületfizikája 3. rész: Talajon fekvő nagyméretű padlószerkezetek
MEGTÉRÜLŐ ÉPÜLETENERGETIKA IV. évf.:(2) pp. 35-40. (2017)

Benapozás

Sugárzási nyereségek

Egyszerűsített módszer: elhagyható vagy „körbe észak”

Részletes számítási módszer alkalmazása esetén
a direkt sugárzási nyereség meghatározása a fűtési időnyre:

$$Q_{sd} = \varepsilon \sum A_{Ü} g Q_{TOT} \quad [\text{kWh/a}]$$

Benapozott a felület, ha direkt sugárzás a vizsgált felületet **a november 15. – március 15. közötti időszakban napi négy vagy több órán keresztül éri.**

Ha az előző feltétel nem teljesül avagy ha a benapozás nem bizonyított, akkor a sugárzási nyereség az északi tájolásra vonatkozó intenzitásértékekkel számítandó.

A „benapozás nem bizonyított”:

- az elvégzett ellenőrzés szerint a felület, a vizsgált időszakban árnyékban van
- nem végeztük el a benapozás ellenőrzését és ezért a biztonságos alacsony értékkel számolunk.

Sugárzási nyereségek

Részletes számítási módszer alkalmazása esetén a direkt sugárzási nyereség meghatározása a fűtési idényre: [kWh/a]

$$Q_{sd} = \varepsilon \sum A_{\ddot{U}} g Q_{TOT}$$

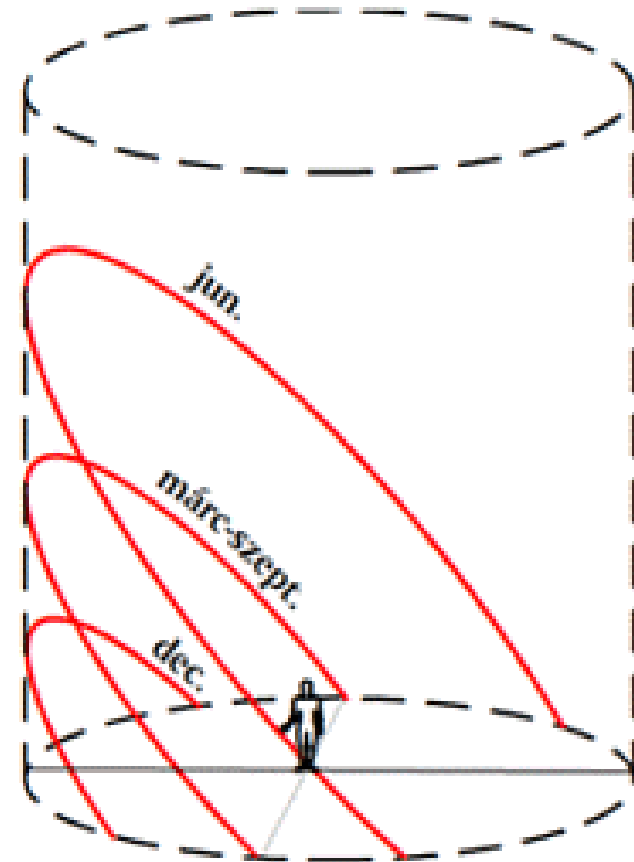
7/2006. (V.24.) TNM 3. melléklet I.3. táblázat

A számítás célja	Tájéolás		
	É	D	K-N
Sugárzási energiahozam a fűtési idényre fajlagos hőveszteségtényező számításához Q_{TOT} [kWh/m ² a]	100	400	200
Átlagintenzitás egyensúlyi hőmérsékletkülönbség számításához I_b [W/m ²]	27	96	50
Átlagintenzitás nyári túlmelegedés kockázatának számításához $I_{nyár}$ [W/m ²]	85	150	150

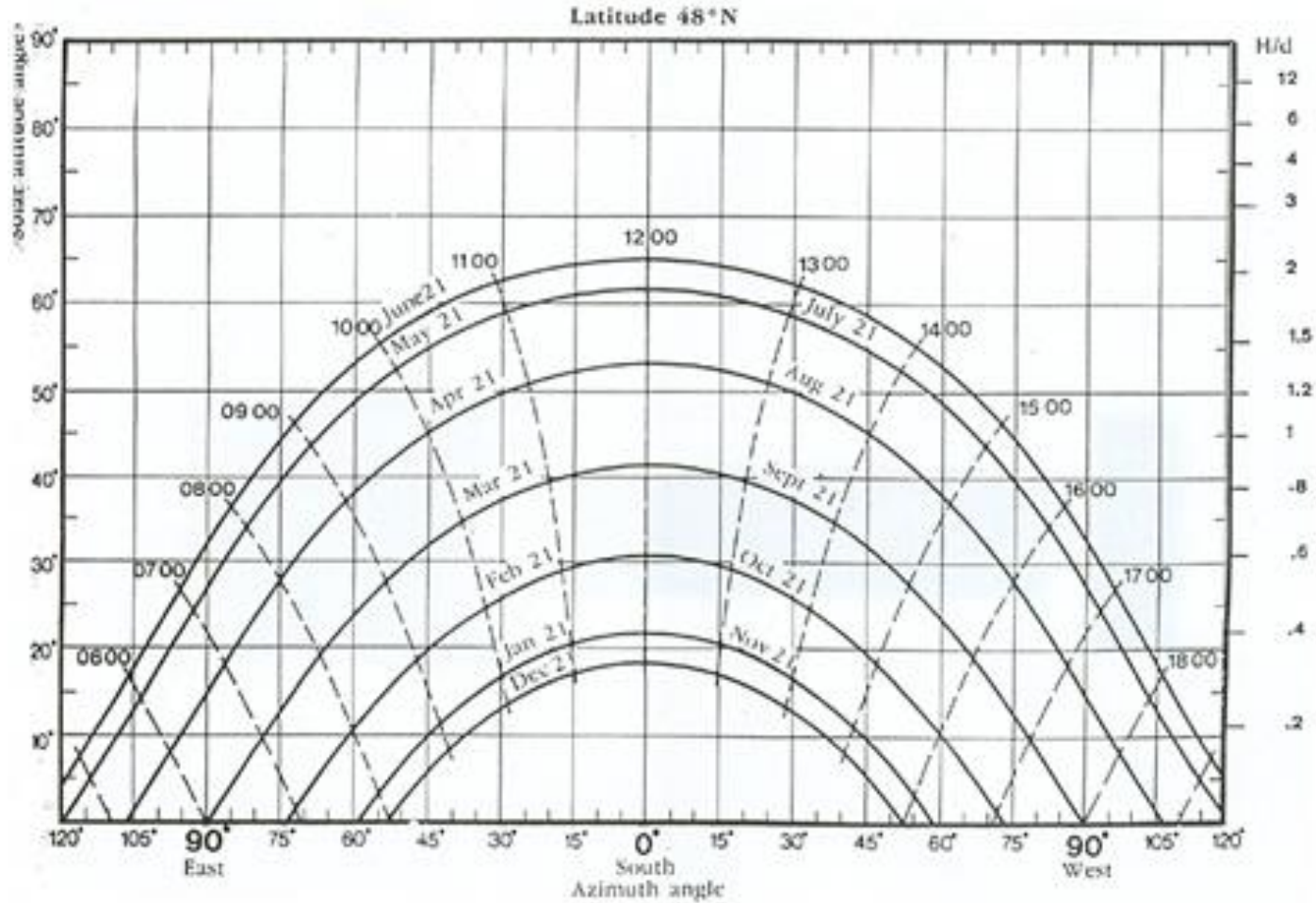
A hengeres nappályadiagram

A Nap pályáját egy henger palástjára vetítjük.

A szemlélő a henger alapkörének középpontjában áll (mely egy adott földrajzi helynek felel meg) és az Egyenlítő irányába néz.

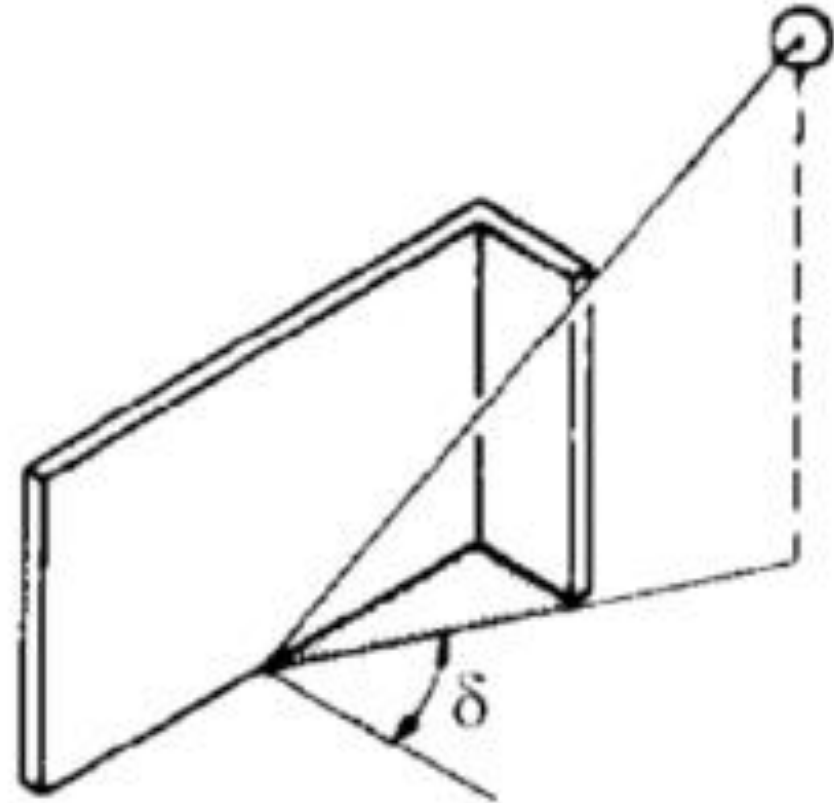


A hengeres nappályadiagram



Vízszintes árnyékszög

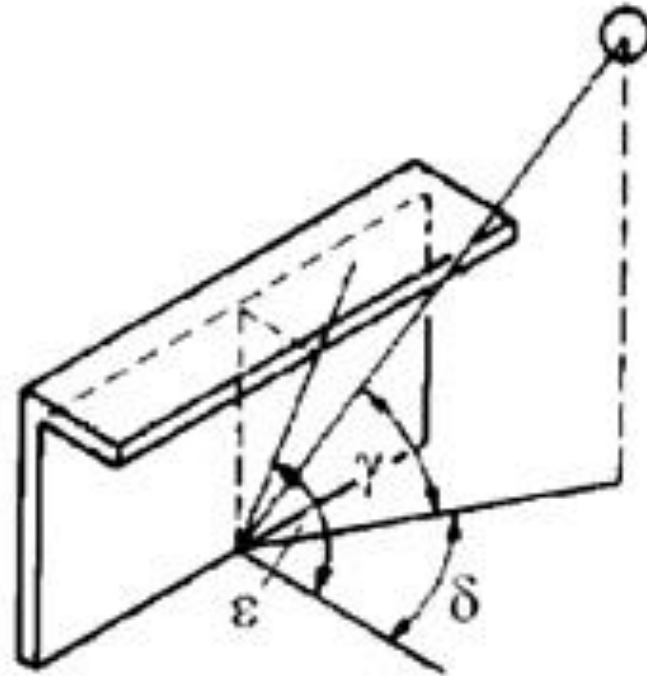
A Nap és a
homlokzat azimut
szögeinek
különbsége



δ = vízszintes árnyékszög

Függőleges árnyékszög

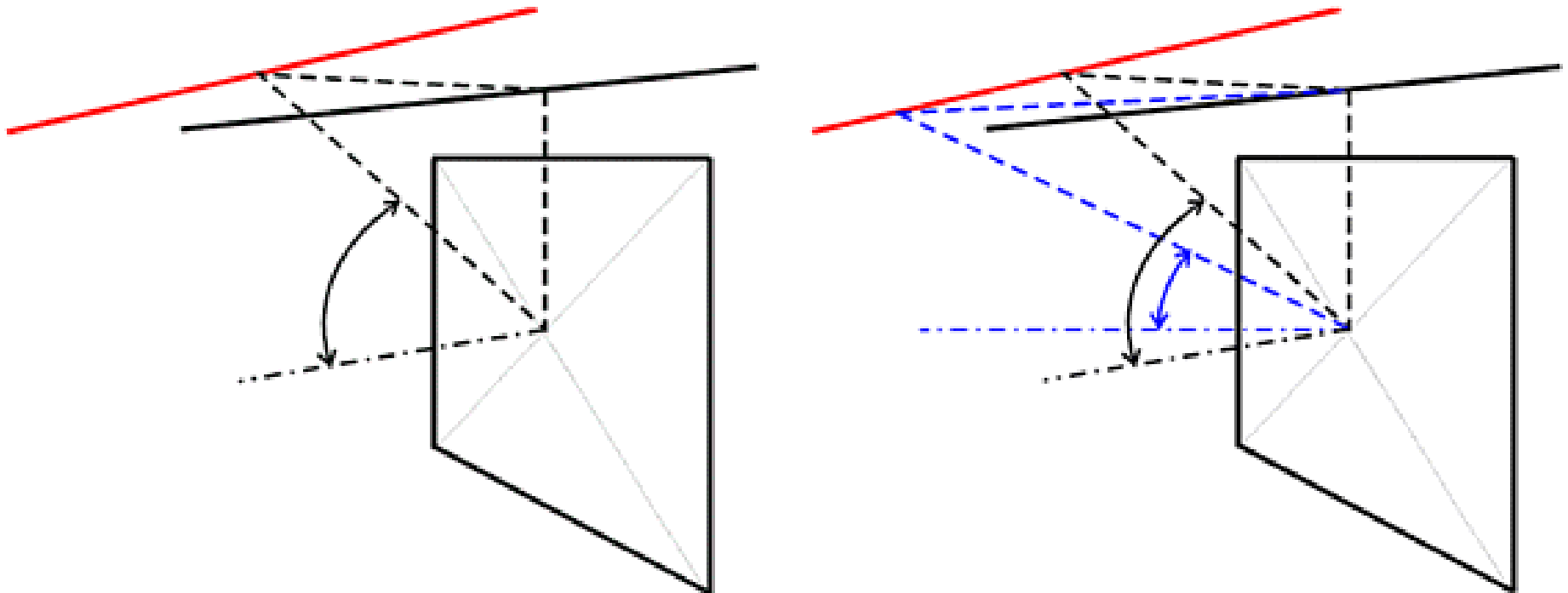
A Nap magassági szögének a homlokzat síkjára merőleges síkba eső komponense



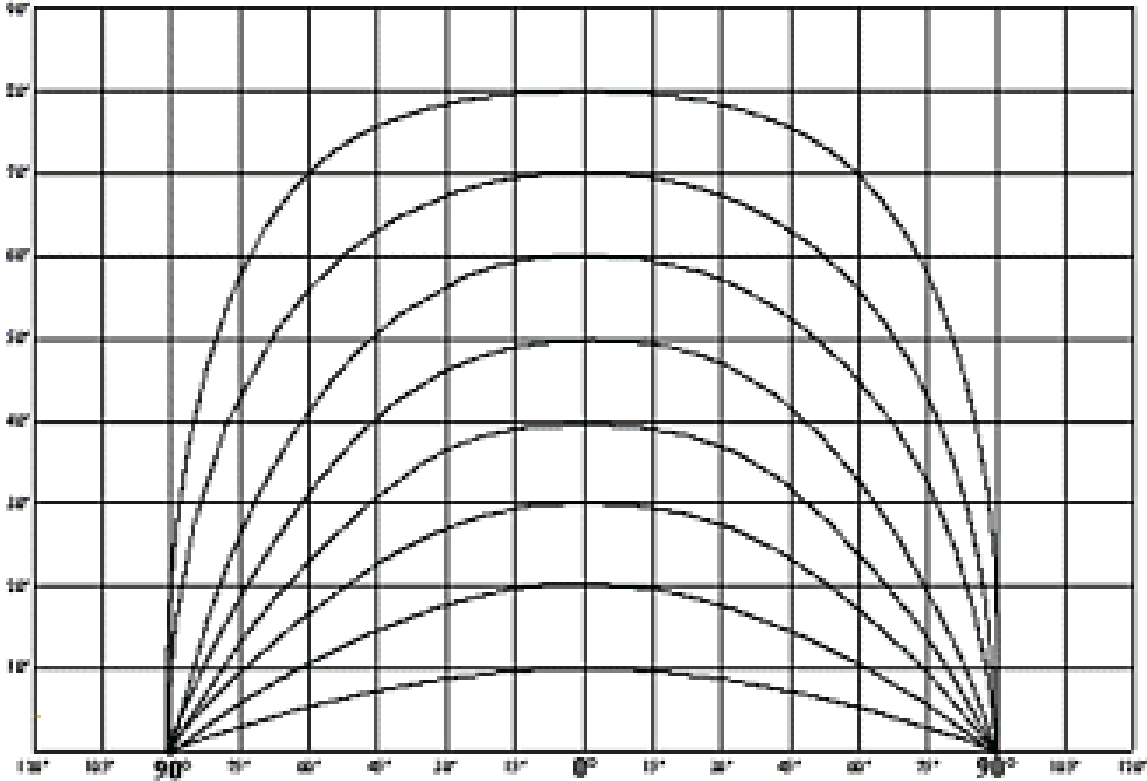
ϵ = függőleges árnyékszög

$$\tan \epsilon = \tan \gamma \times \sec \delta = \tan \gamma / \cos \delta$$

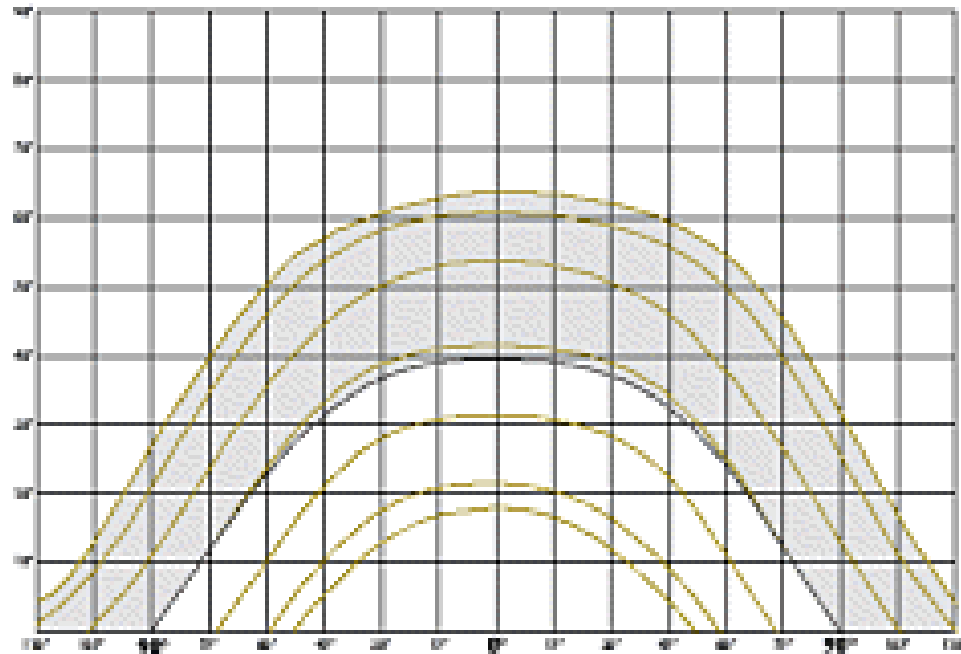
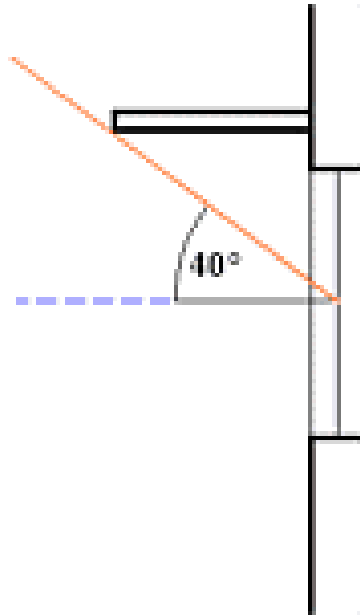
Az élleképző görbék származtatása



Élleképző görbesereg

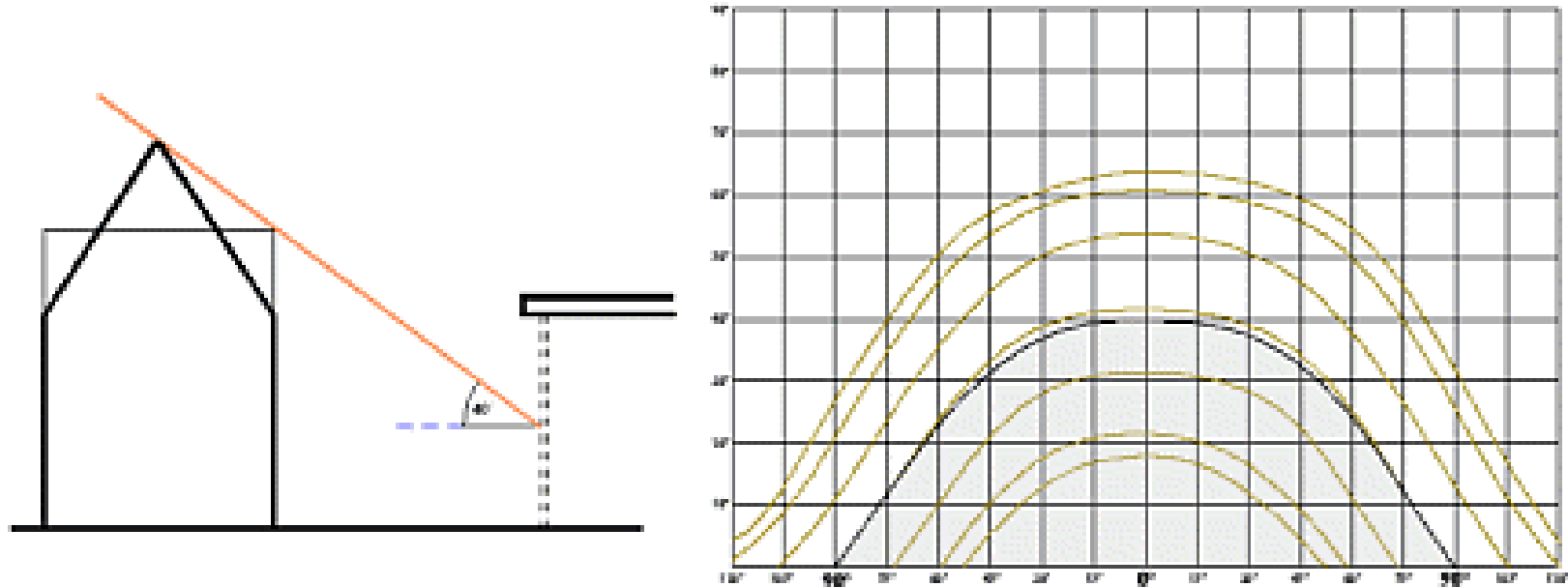


Az árnyékmászk



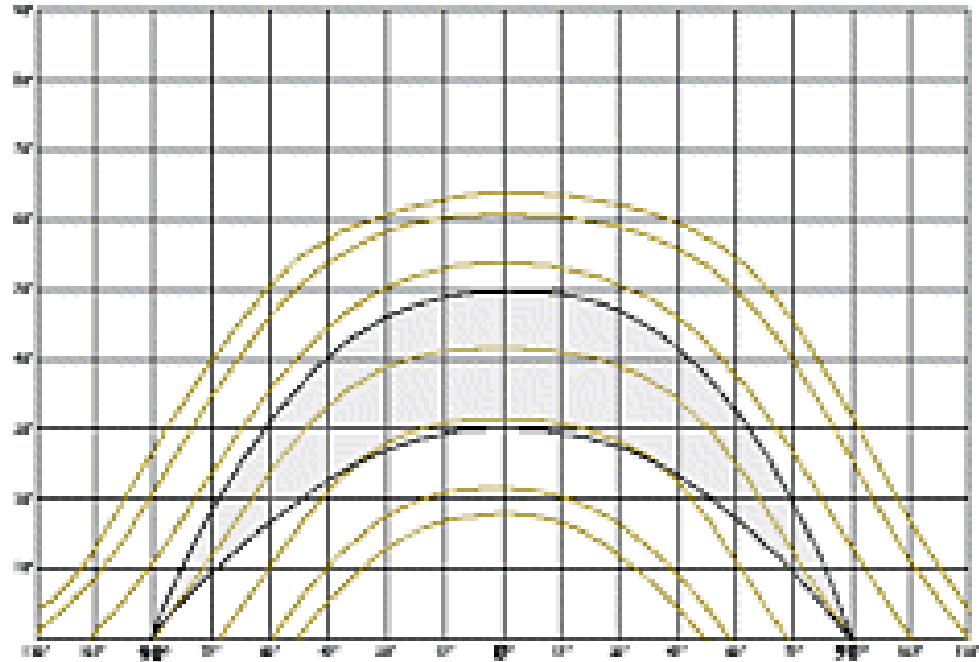
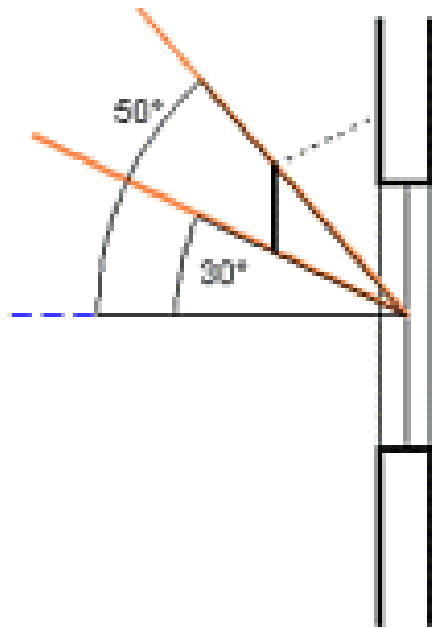
Az égboltnak az a tartománya nem látható, amely az élleképző görbe *fölött* van

Az árnyékmászok



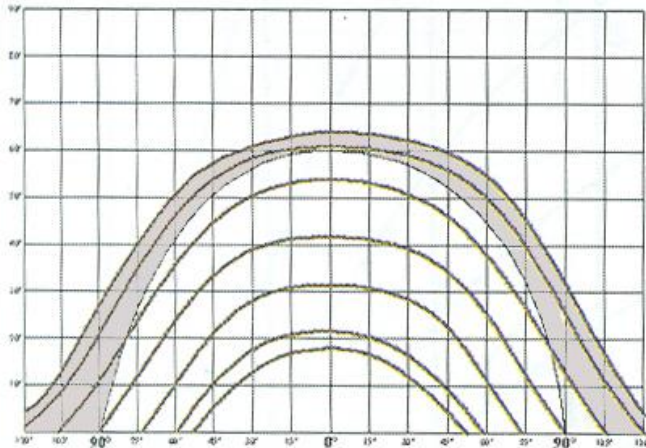
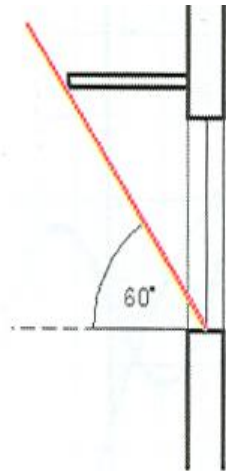
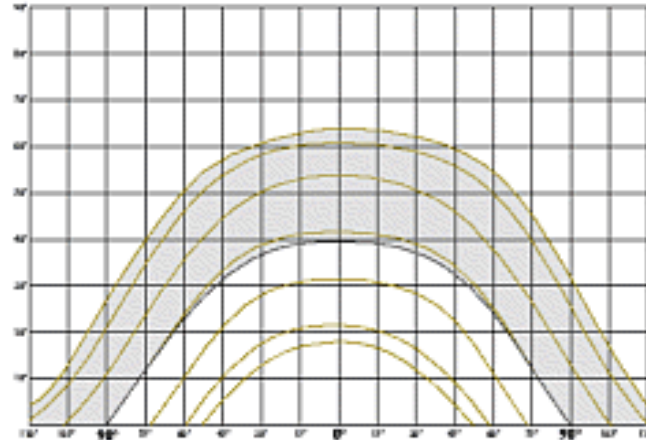
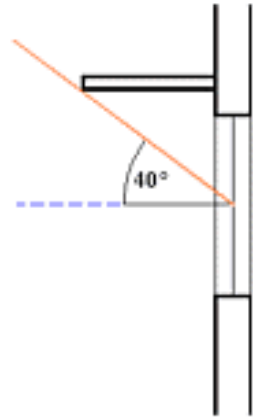
Az égboltnak az a tartománya nem látható, amely az élleképző görbe alatt van

Az árnyékmaszk

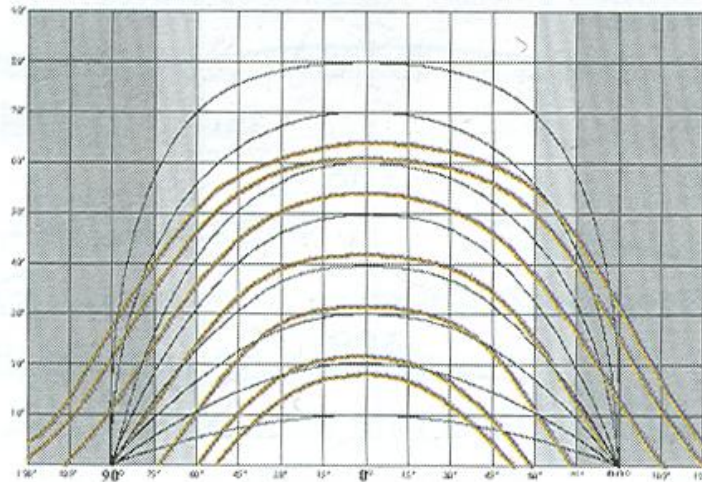


Az égboltnak az a tartománya nem látható, amely a két élleképző görbe között van

Teljes és részleges árnyékolás

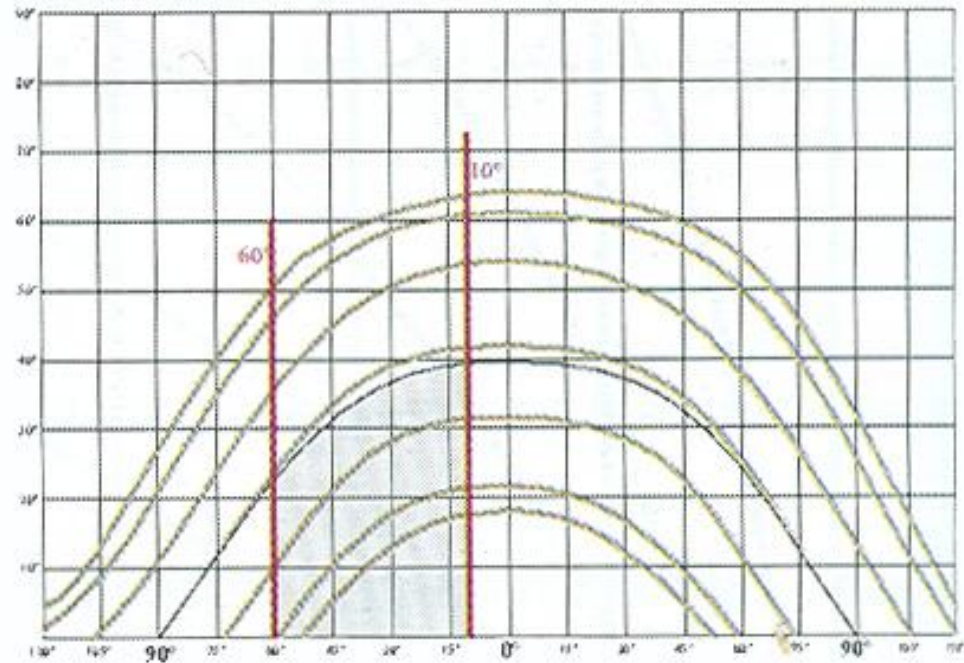
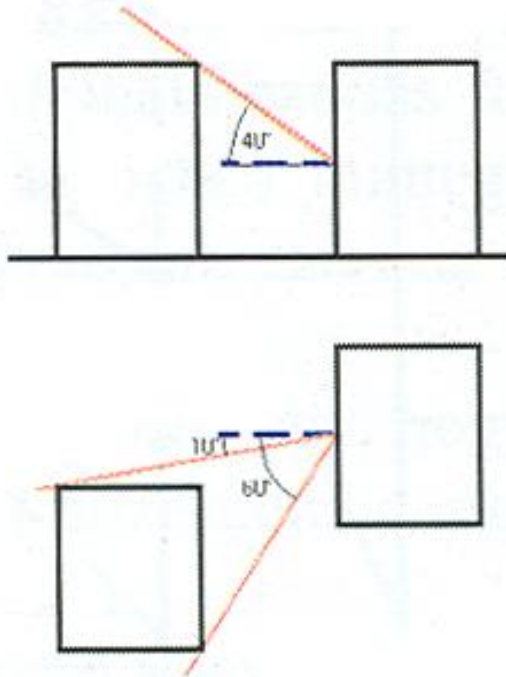


Függőleges árnyékvető élek



Ha az árnyékvető él függőleges, az árnyékmaszkot függőleges egyenesek határolják.

Árnyékmaszkok egyesítése

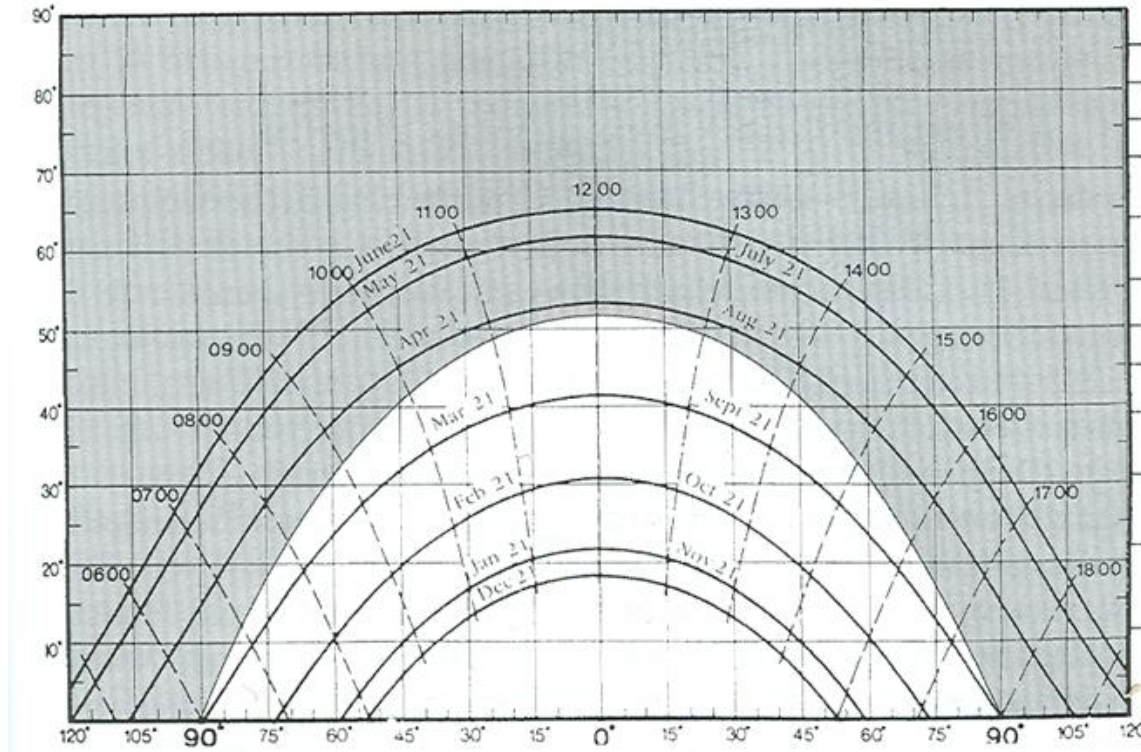


A vízszintes és függőleges tagozatokra szerkesztett árnyékmaszkok egyesítésével bármely akadály árnyékmaszkjá leképezhető.

Benapozás

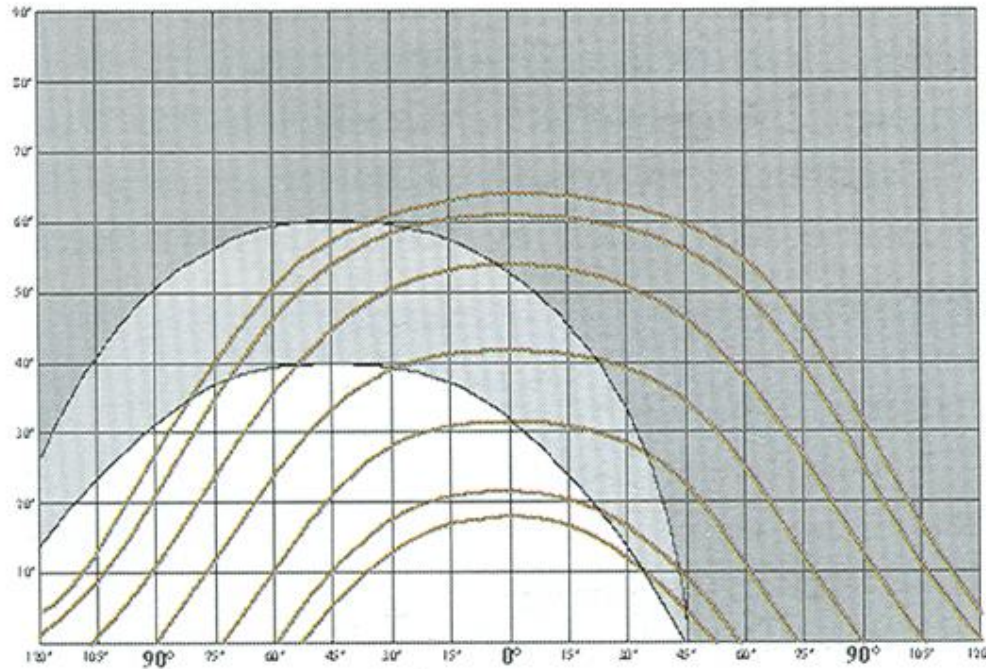
- Az árnyékmaszkot a nappályadiagramra helyezve megállapítható, hogy a vizsgált ablak mely hónapokban és órákban van árnyékban.
- Mindig összetartozó, azonos léptékű nappályadiagramot és élleképző görbesereget kell használni!
- Az élleképző görbesereg vízszintes tengelyének 0 pontját a nappályadiagram vízszintes tengelyén ahhoz a szögértékhez kell csúsztatni, amely a vizsgált felület azimutjához tartozik.

Benapozás



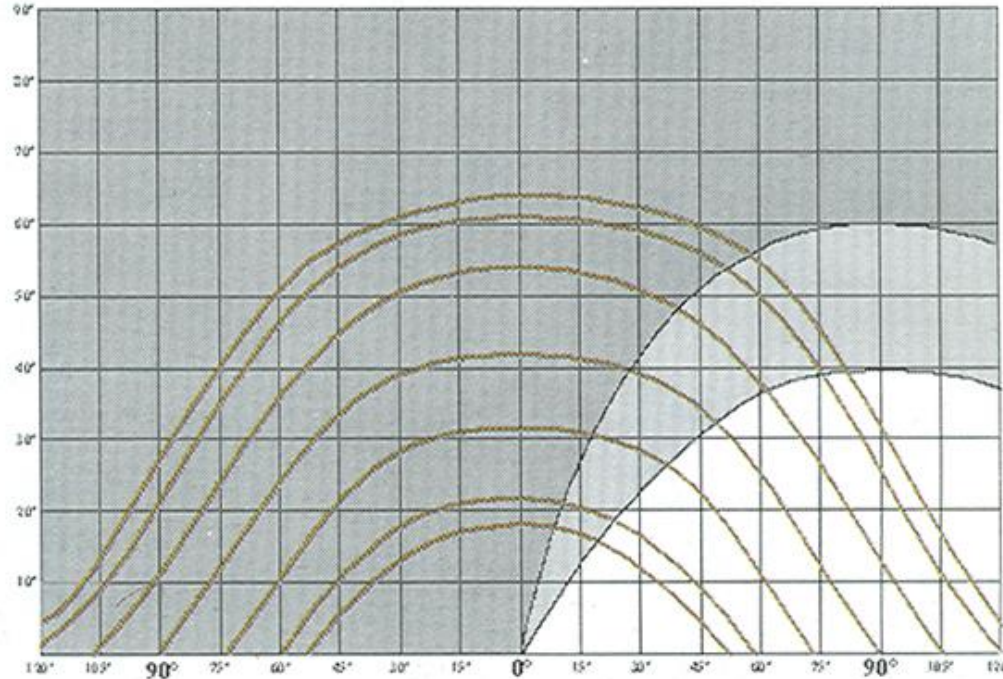
Ha az ablak déli tájolású, a skálák 0 pontjainak fedniük kell egymást.

Benapozás



Ha az ablak délkeleti tájolású, az élleképző görbe vízszintes skáláján lévő 0° értéket a nappályadiagram vízszintes skáláján keleti irányban lévő 45° értékkel kell fedésbe hozni.

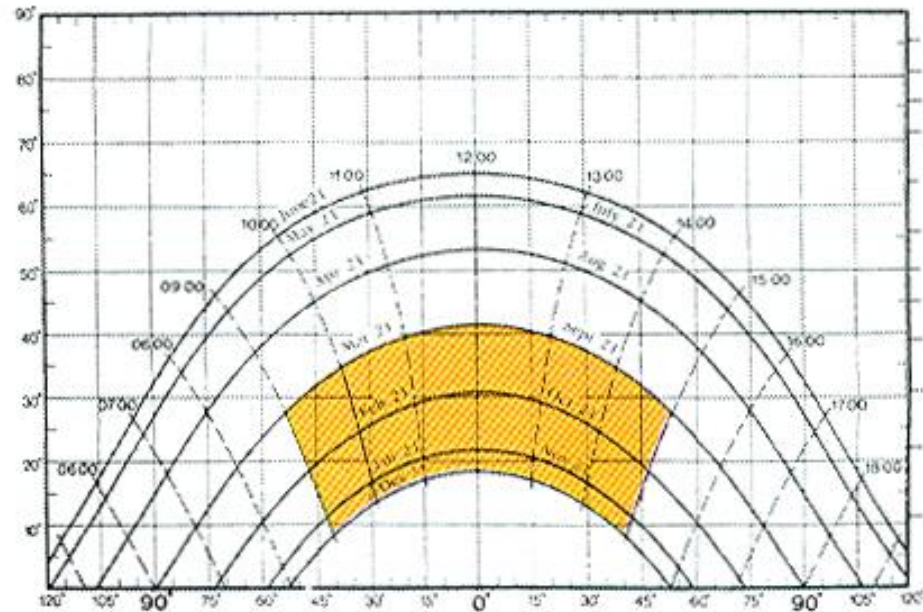
Benapozás



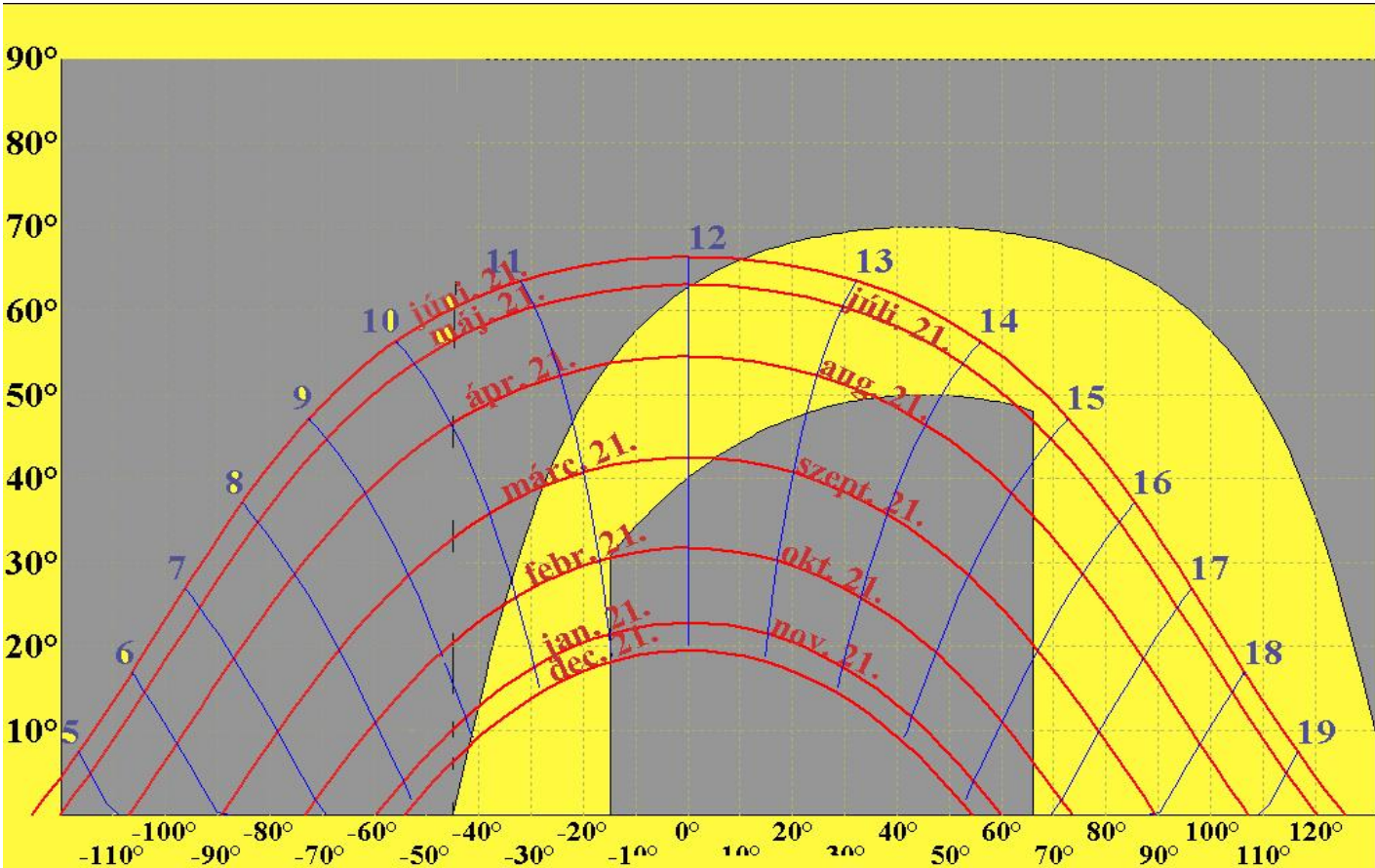
Ha az ablak nyugati tájolású, az élleképző görbe vízszintes skáláján lévő 0° értéket a nappályadiagram vízszintes skáláján nyugati irányban lévő 90° értékkel kell fedésbe hozni.

A „szoláris ablak”

A téli elérhető direkt sugárzás maximalizálása érdekében a nappályadiagramon a szeptember/március és december hónapok vonalai között, a reggel 9 és délután 3 óra időpontokat jelölő vonalak közé eső tartomány zavartalansága a legfontosabb.



Benapozás



Hasznosítási tényező - hőtároló tömeg

Egyszerűsített számítás:

- becslés a rétegtervek alapján

Részletes számítási módszer

- EN ISO 13790 szerint: Belső felülettől az első 10 cm vagy a hőszigetelő réteg határáig vagy a szerkezet fele vastagságáig – a legkisebb érték a mértékadó

Az épület hőtároló tömege az épület belső levegőjével közvetlen kapcsolatban lévő határolószerkezetek hőtároló tömegének összege:

$$M = \sum_j \sum_i \rho_{ij} d_{ij} A_j$$

Indirekt sugárzási nyereségek

Csatlakozó üvegház, energiagyűjtő fal, stb.

Egyszerűsített módszer:

- elhagyható

Részletes módszer:

- EN szabvány szerint, pl. MSZ EN ISO 13790
- Dinamikus szimuláció



Fűtési idény hossza

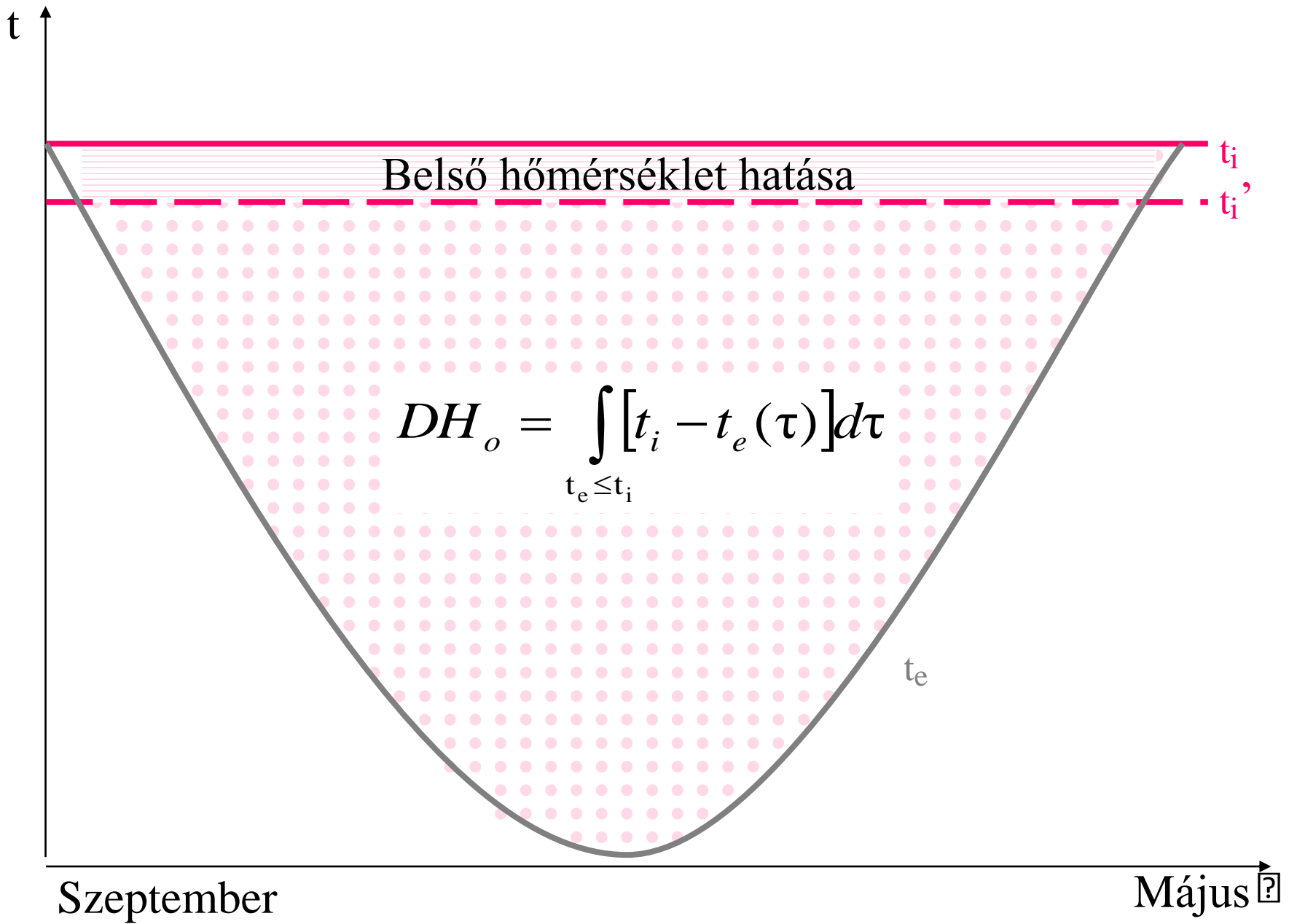
Fűtési idény hossza

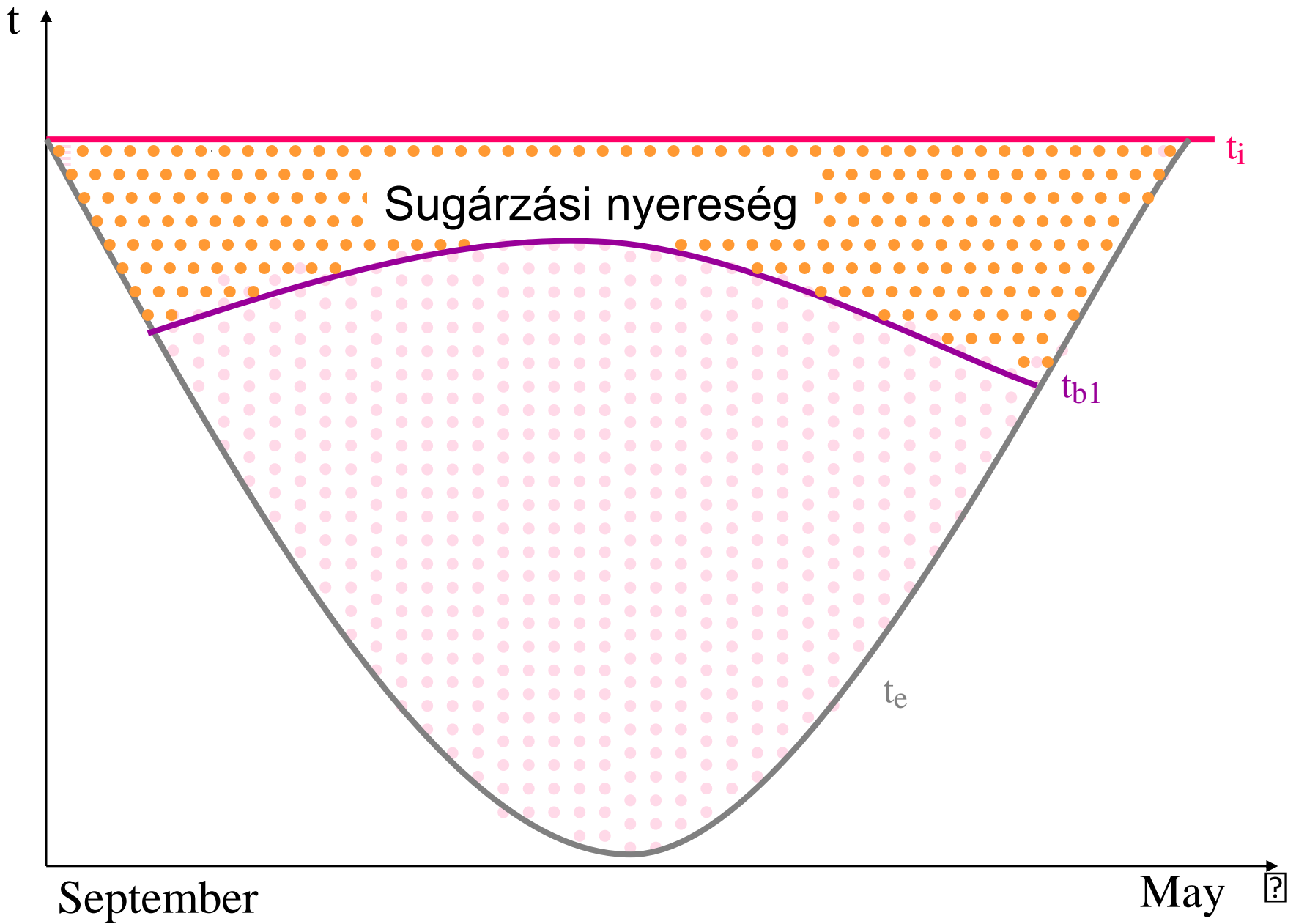
Egyszerűsített számítás:

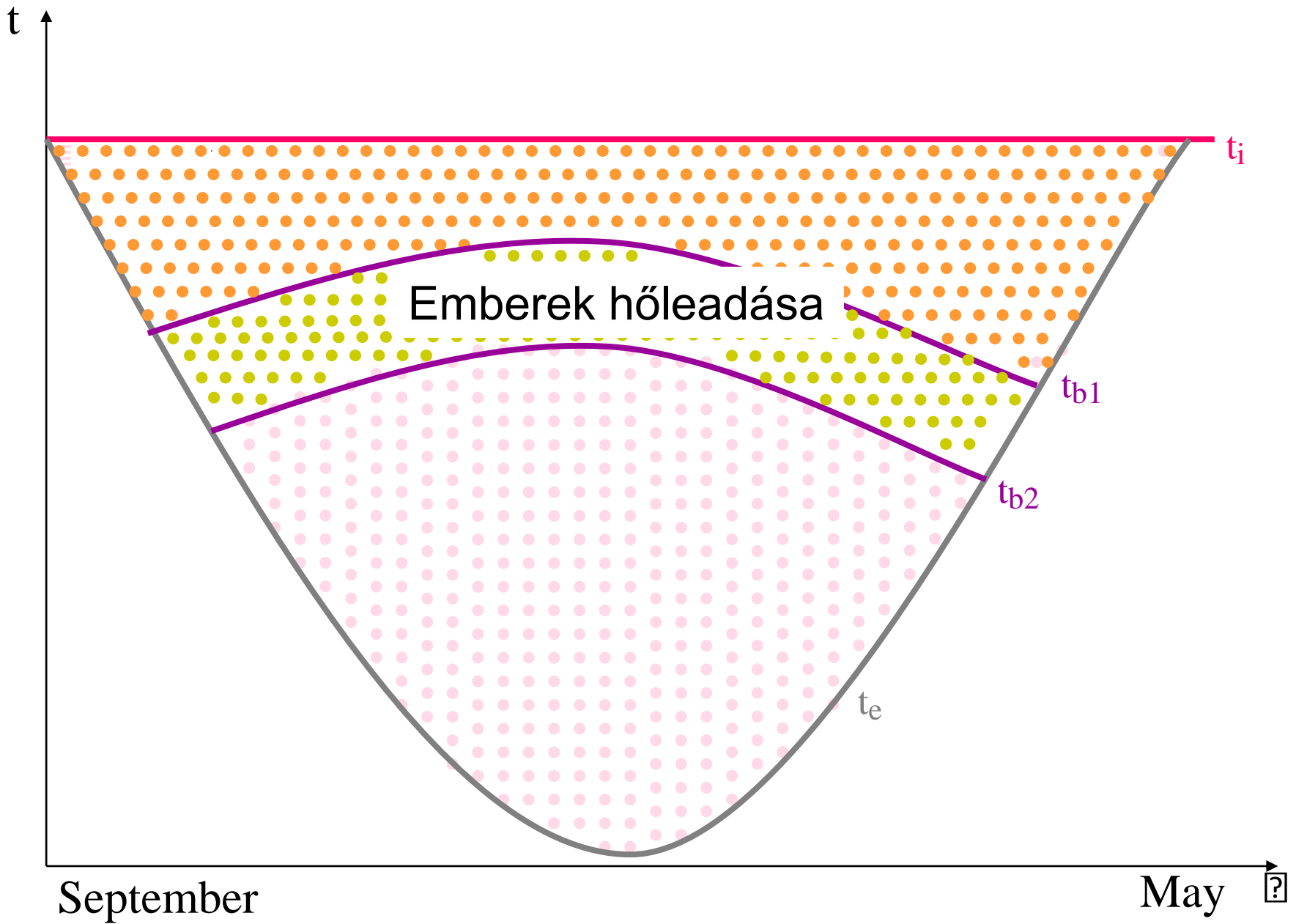
- Rendeletben megadott érték

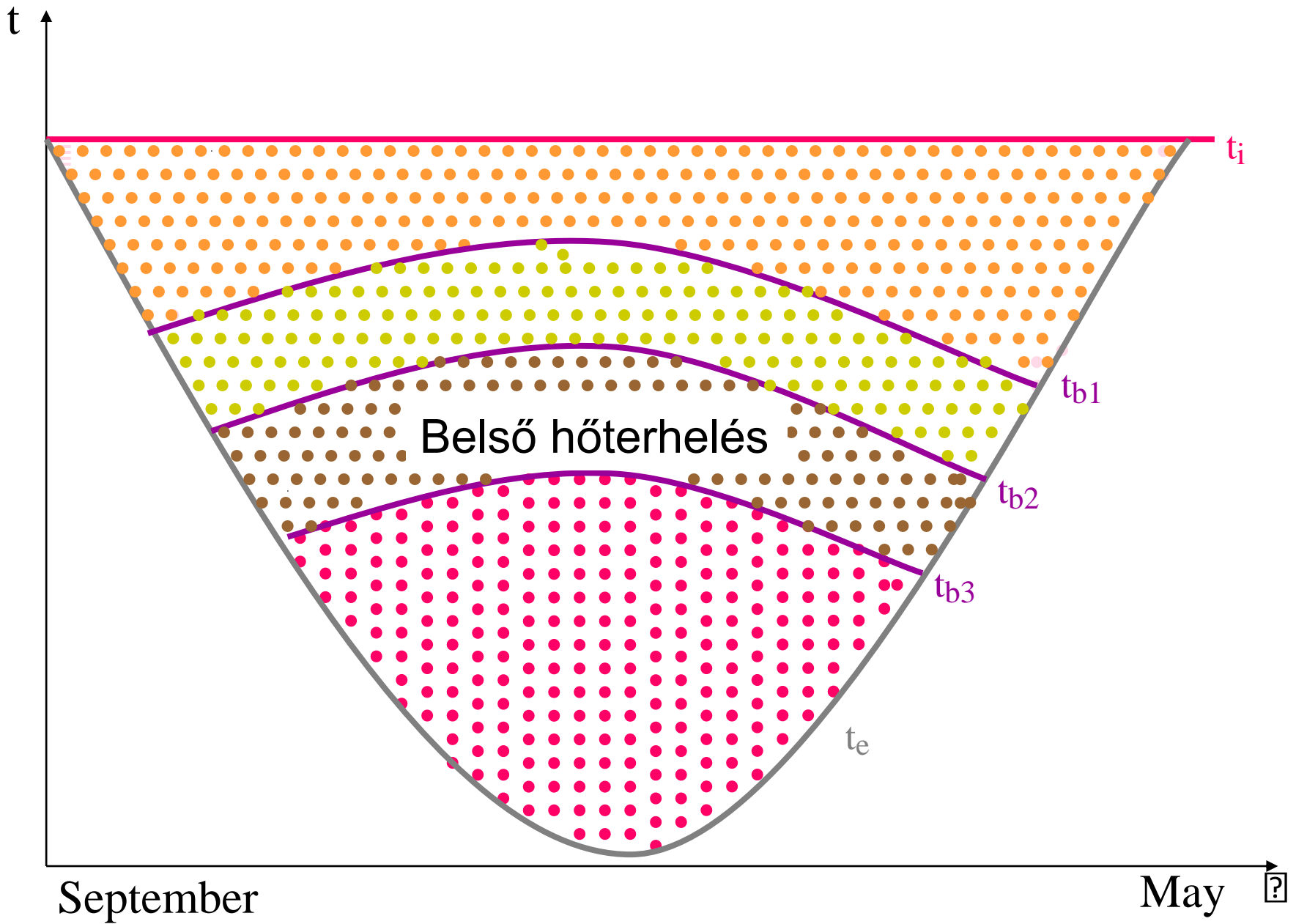
Részletes számítás:

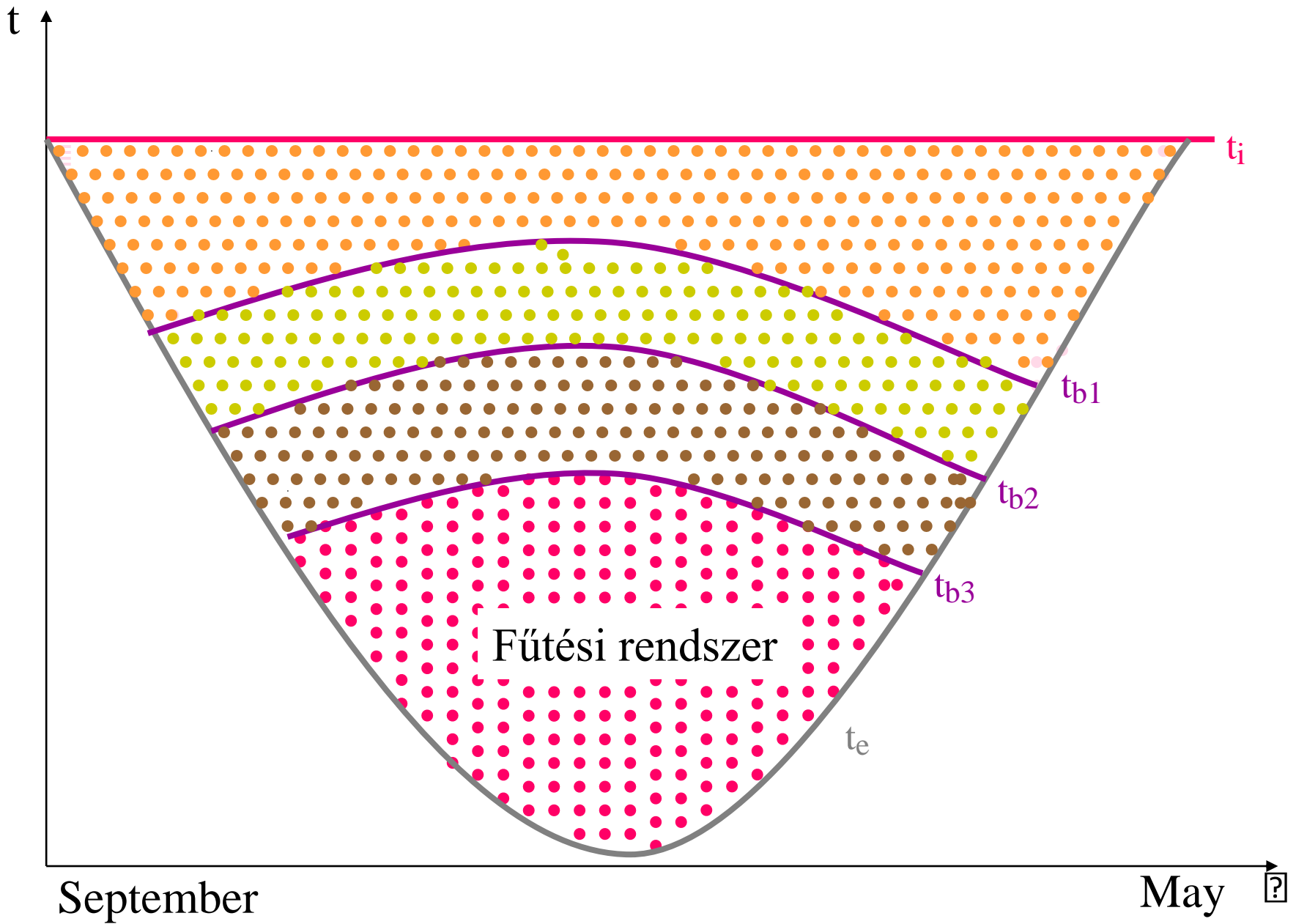
- Az egyensúlyi hőmérséklet-különbség alapján meghatározni a fűtési idény hosszát és a hőfokhidat





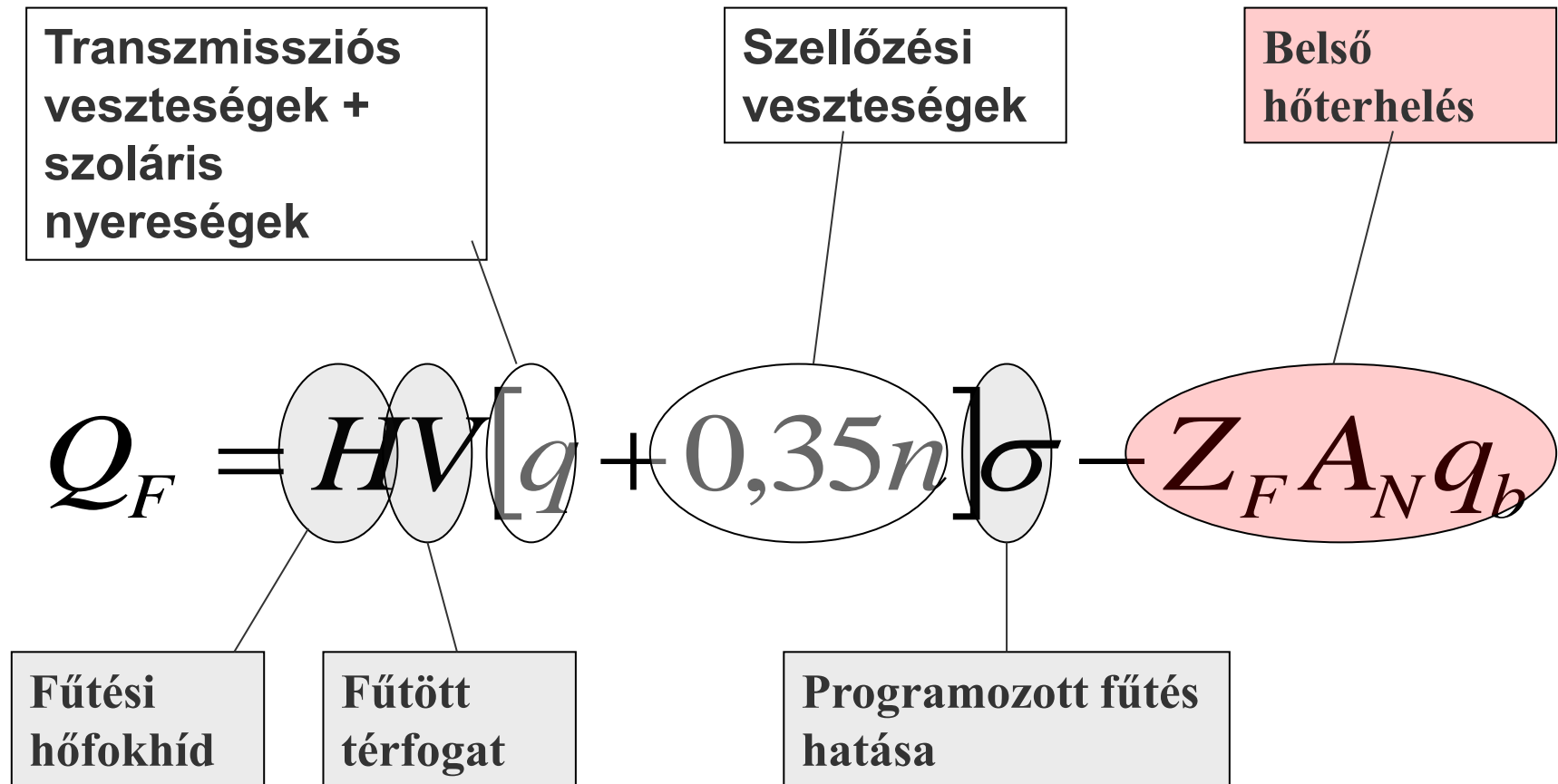






Éves nettó fűtési energiaigény

A fűtési energia igény számításánál a belső hőnyereség hasznosult hányadát fajlagos hőtároló tömeg függvényében le kell csökkenteni.



Egyensúlyi hőmérsékletkülönbség

Részletes számítás esetén érdemes meghatározni a **fűtési idény hosszát** és a **hőfokhidat az egyensúlyi hőmérséklet-különbség** alapján:

$$\Delta t_b = \frac{Q_{sd} + Q_{sid} + A_N q_b}{\sum AU + \sum l\Psi + 0,35nV} + 2$$

Ennek függvényében H és Z értéke táblázatosan és diagramon adott.

$$Q_F = HV(q + 0,35n)\sigma - Z_F A_N q_b \quad [kWh/a]$$

$$q_f = \frac{Q_F}{A_N} \quad [kWh/m^2 a]$$

Egyensúlyi hőmérsékletkülönbség

Részletes számítási módszer alkalmazása esetén a direkt sugárzási nyereség meghatározása az egyensúlyi hőmérsékletkülönbség számításához

$$Q_{sd} = \varepsilon \sum A_{Ü} I_b g \quad [\text{W}]$$

Benapozott a felület, ha a direkt sugárzás a vizsgált felületet **novemberben napi négy vagy több órán** keresztül éri.

Ha az előző feltétel nem teljesül avagy ha a benapozás nem bizonyított, akkor a sugárzási nyereség az északi tájolásra vonatkozó intenzitásértékkel számítandó.

A „benapozás nem bizonyított”:

- az elvégzett ellenőrzés szerint a felület, a vizsgált időszakban árnyékban van
- nem végeztük el a benapozás ellenőrzését és ezért a biztonságos alacsony értékkel számolunk.

Sugárzási nyereségek

Részletes számítási módszer alkalmazása esetén a direkt sugárzási nyereség meghatározása az egyensúlyi hőmérsékletkülönbség számításához [W]

$$Q_{sd} = \varepsilon \sum A_{\dot{U}} I_b g$$

A számítás célja	Tájolás		
	É	D	K-N
Sugárzási energiahozam a fűtési idényre fajlagos hőveszteségtényező számításához Q_{TOT} [kWh/m ² a]	100	400	200
Átlagintenzitás egyensúlyi hőmérsékletkülönbség számításához I_b [W/m ²]	27	96	50
Átlagintenzitás nyári túlmelegedés kockázatának számításához $I_{nyár}$ [W/m ²]	85	150	150

Fűtési idény hossza - hőfokhíd

7/2006 TNM rendelet 3. melléklet I.1. táblázat

Δt_b [K] egyensúlyi hőmérséklet-különbség	t_{fh} [°C] fűtési határhőmérséklet, napi középhőmérséklet	Z_F [h/a] idény hossz, t_{fh} -nál alacsonyabb átlaghőmérsékletű órák száma	H_{20} [hK/a] hőfokhíd
39	-19	1	31
38	-18	2	61
12	8	3235	60184
11	9	3526	63799
10	10	3817	67142
9	11	4109	69978
8	12	4400	72000

fűtési határhőmérséklet $t_{fh} = t_{i, \text{átl}} - \Delta t_b$

Épületgépészeti rendszerek

Egyszerűsített módszer:

- Rendeletben megadott táblázatok alapján

Részletes módszer:

- Minősítési iratokon alapuló teljesítménytényező (hatásfok) adatok
 - Katalógus
 - Kazán energiacímke
 - Független tanúsító szervezet
- A veszteségek és a segédenergia igény (elosztó vezetékek hővesztesége, szivattyúk villamos energiafogyasztása) a szakma szabályai szerint számítandók.

Részletes számítást segítő programok

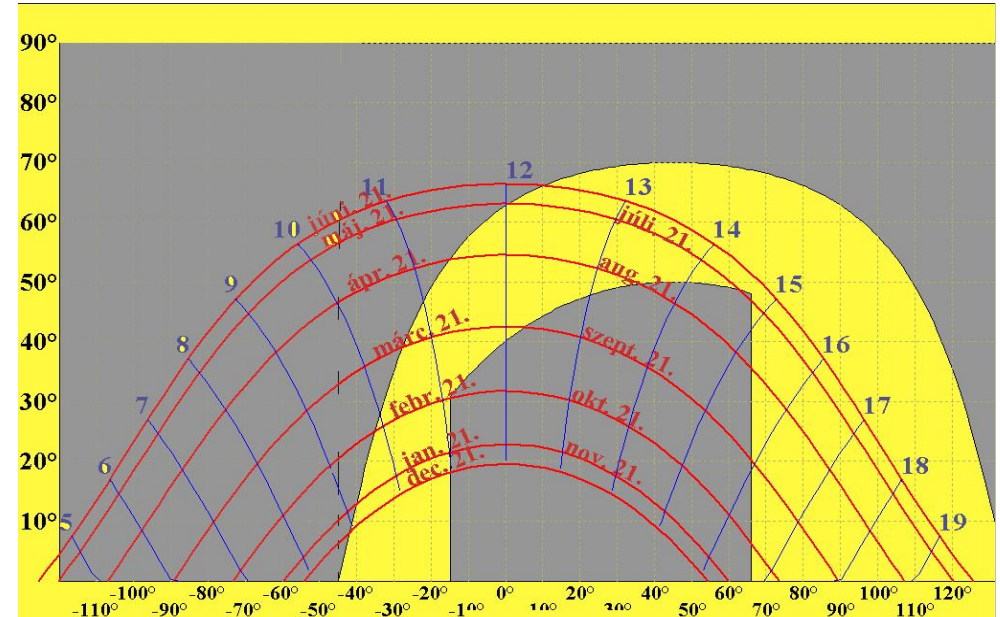
Benapoz.exe

Mire jó?

- Benapozás ellenőrzésére
(részletes módszer
alátámasztása)

Előnyei:

- Egyszerűen kezelhető
- ingyenes



Benapoz.exe

SunArch – Dr. Kuba Gellért és BauSoft

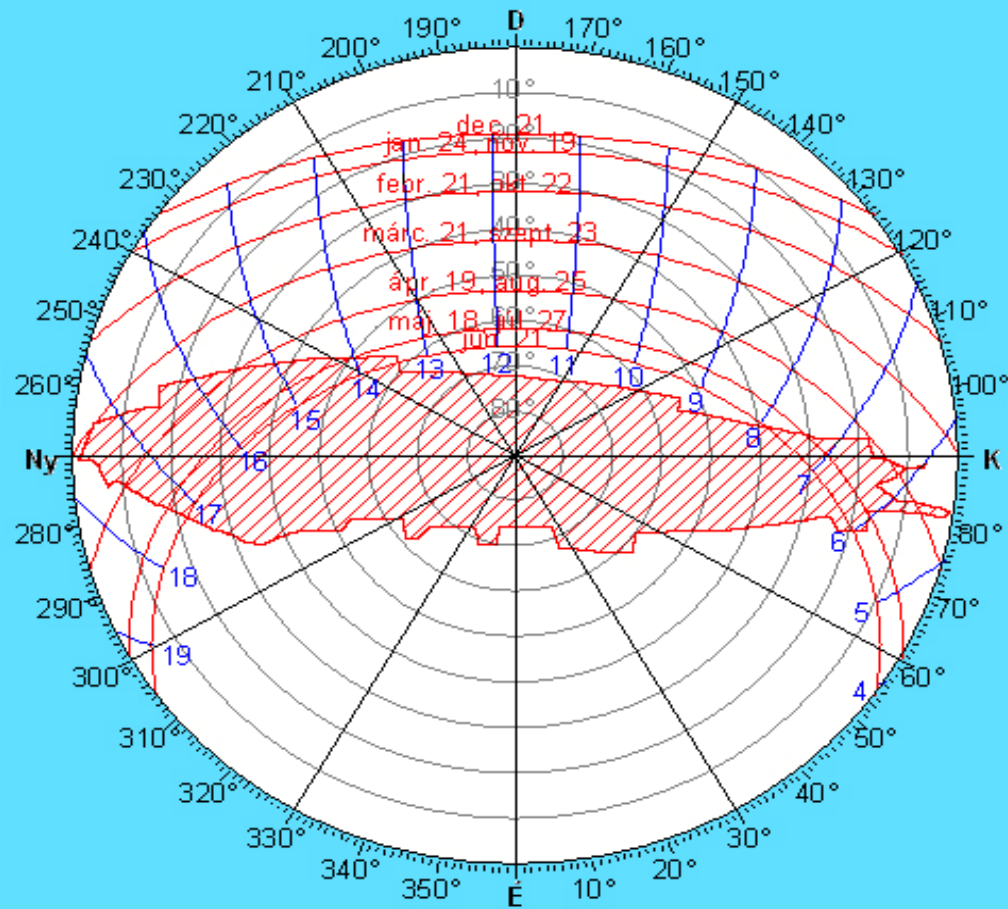
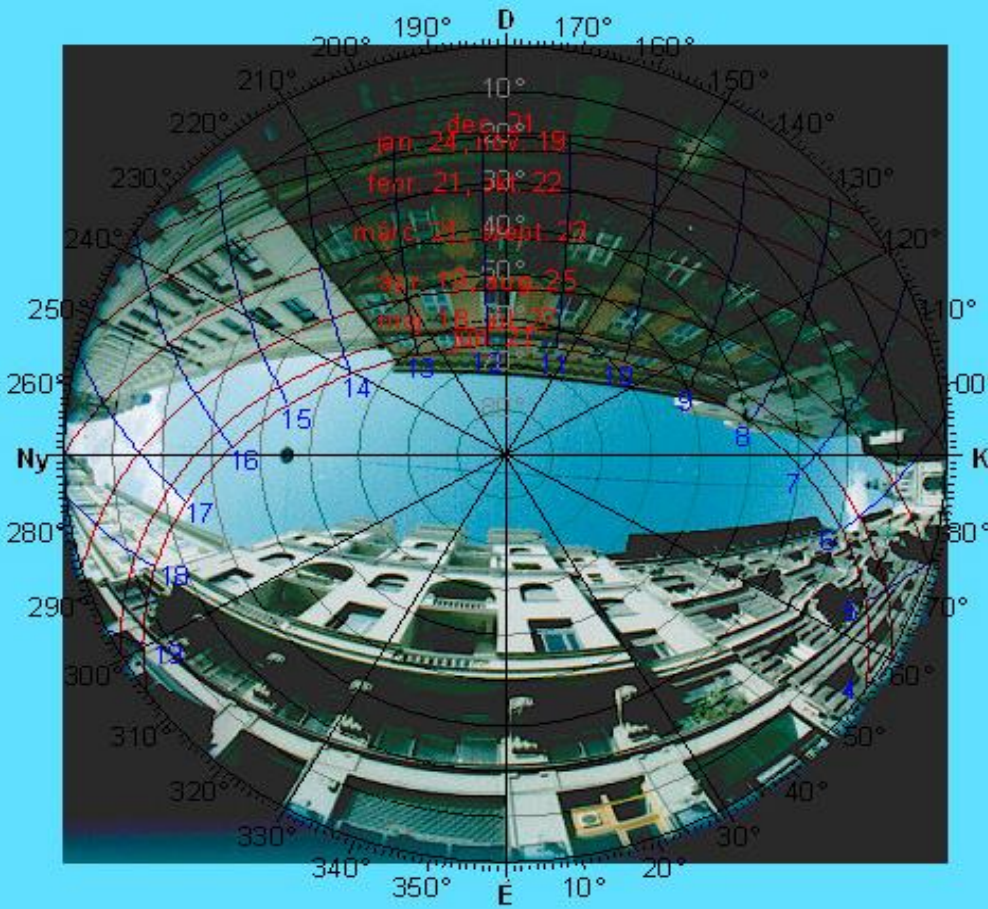
Mire jó?

- Benapozás ellenőrzése (részletes módszer alátámasztása, árnyékolók tervezése, napkollektorok tájolása)

Előnyei:

- Fotó alapján is lehet benapozást ellenőrizni: fénykép és nappályadiagram egyesítése
- Égtáj szerinti energiahozamok mérések alapján
- Épületek túlmelegedés elleni védelme: árnyékolási küszöb (22°C léghőmérséklet) megjelenítése

SunArch (Dr. Kuba Gellért és BauSoft)



www.bausoft.hu

Auricon Energetic

Mire jó?

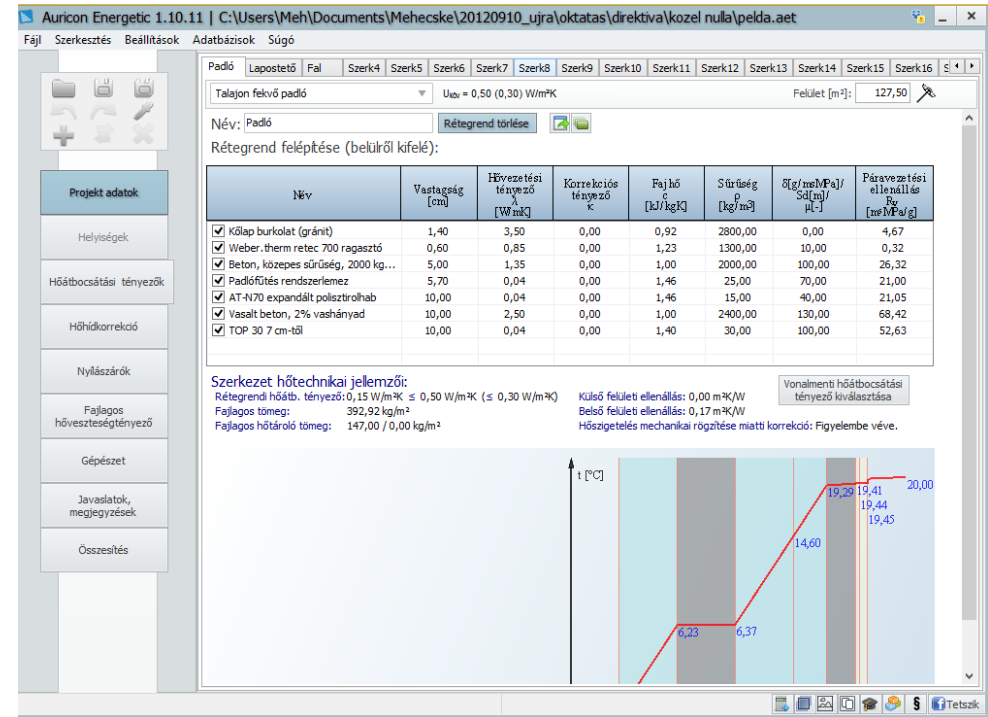
- TNM 7/2006 szerinti módszer
- Tanúsításra is alkalmas

Előnyei:

- Többféle verzió
- Folyamatos fejlesztés
- Terméktámogatás elérhető
- Gyors és felhasználóbarát
- „Építész barát”
- Részletes számítási lépések EN szabványok és más módszerek alapján

Hátrányok:

- néha „túl” részletes
- gépészeti méretezés nincs benne



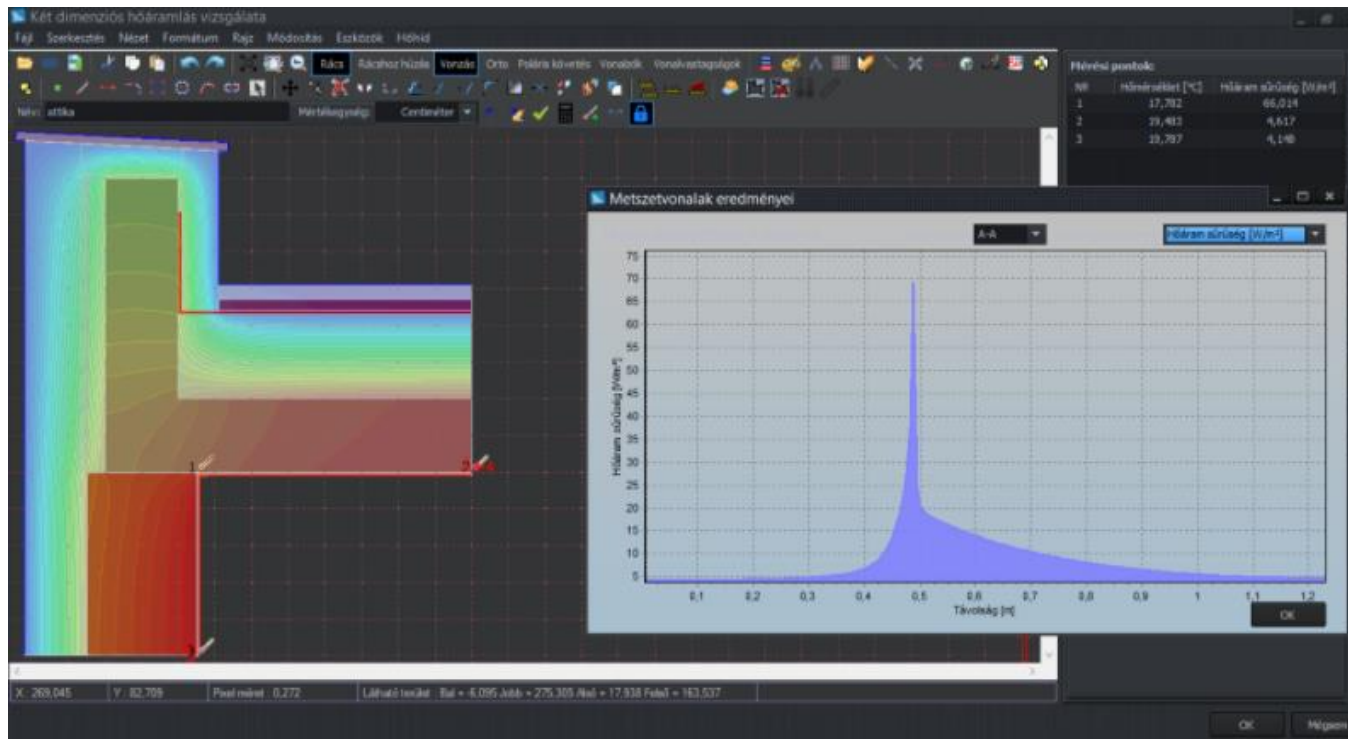
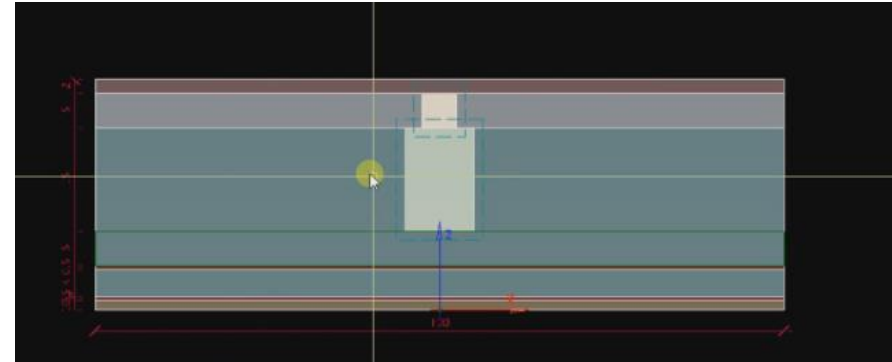
Auricon Energetic

Jellemzők:

- Nagy anyagadatbázis (1 400 anyag)
- Nyílászárók részletes számítása
- Beépített számológép
- Benapozás vizsgálat beépítve, adott helyre vonatkozó éghajlati adatok is
- Napelemek és napkollektorok számítása
- Automatizált Google Maps komponens, utcakép készítési lehetőséggel
- Képek feltölthetőek
- Mentés Dropbox fiókba
- Interaktív grafikonok
- Javaslatok kidolgozhatóak

www.energetic.auricon.hu

Auricon Energetic



www.energetic.auricon.hu

Auricon Energetic

Nyílászáró benapozás vizsgálata

Tagozatok geometriája Tereptárgyak megadása

Fal külső síkjának távolsága az üvegezés síkjától: 17,75 cm

Felső vízszintes árnyékvető elem

Vezérgörbe típusa: Egyenes vonalú

Jobb él pozíciója:	$x_1 = -70,00$ cm	$x_2 = -70,00$ cm
	$y_1 = -40,00$ cm	$y_2 = 40,00$ cm
	$z_1 = 17,75$ cm	$z_2 = 40,00$ cm

Bal él pozíciója:	$x_1 = 70,00$ cm	$x_2 = 70,00$ cm
	$y_1 = -40,00$ cm	$y_2 = 40,00$ cm
	$z_1 = 17,75$ cm	$z_2 = 40,00$ cm

Tetszőleges pont koordinátája:

x =	0	cm
y =	0	cm
z =	0	cm

Bal oldali tagozat

Tagozat típusa: Egyenes vonalú

Alsó él pozíciója:	$x_1 = 60,00$ cm	$x_2 = 60,00$ cm
	$y_1 = -100,00$ cm	$y_2 = -100,00$ cm
	$z_1 = 17,75$ cm	$z_2 = 20,00$ cm

Felső él pozíciója:	$x_1 = 60,00$ cm	$x_2 = 60,00$ cm
	$y_1 = 115,00$ cm	$y_2 = 115,00$ cm
	$z_1 = 17,75$ cm	$z_2 = 40,00$ cm

Tetszőleges pont koordinátája:

x =	0	cm
y =	0	cm
z =	0	cm

Jobb oldali tagozat

Tagozat típusa: Egyenes vonalú

Alsó él pozíciója:	$x_1 = -60,00$ cm	$x_2 = -60,00$ cm
	$y_1 = -100,00$ cm	$y_2 = -100,00$ cm
	$z_1 = 17,75$ cm	$z_2 = 20,00$ cm

Felső él pozíciója:	$x_1 = -60,00$ cm	$x_2 = -60,00$ cm
	$y_1 = 115,00$ cm	$y_2 = 115,00$ cm
	$z_1 = 17,75$ cm	$z_2 = 40,00$ cm

Tetszőleges pont koordinátája:

x =	0	cm
y =	0	cm
z =	0	cm

Globálsugárzási adatok számítása: Az ingatlan földrajzi helye szerint interpolálva

Nappálya diagramok és árnyékmáskok

Nyári csúcspont Fűtési idő Október-november

Árnyékmáskok sorszáma: 61

Sugárzási nyereség felületi megoszlása [kWh/m²]

Sugárzási nyereség a fűtési időre [kWh/a]
 Sugárzási nyereség a nyári hőterheléshez [W]
 Sugárzási nyereség az egyensúlyi hőmérsékletre [W]

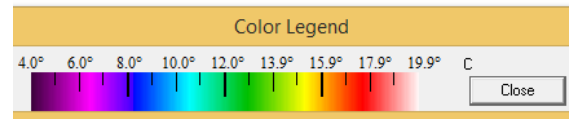
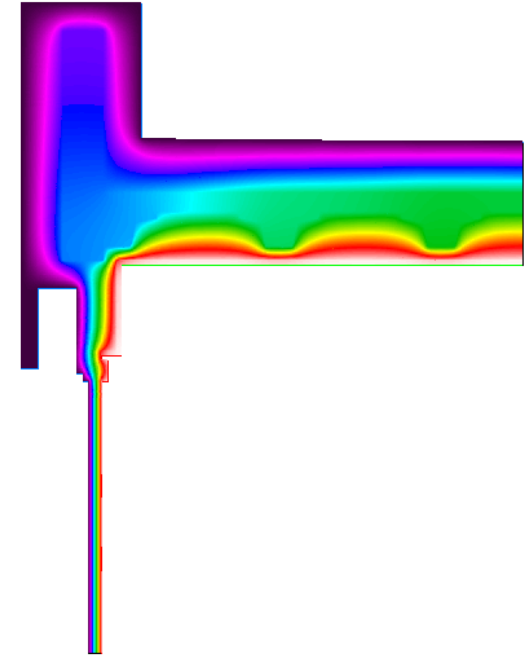
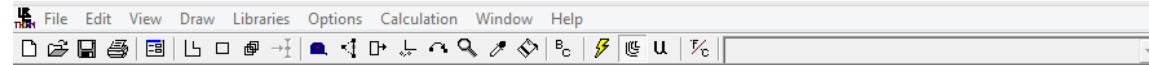
Hőhíd szoftverek

Mire jó?

- Hőhídveszteségek meghatározása
- Felületi hőmérsékletek - páralecsapódás kockázatának becslése

Jellemzők:

- Véges elemes módszer
- Geometria megadása (DXF betölthető)
- Anyagtulajdonságok és peremfeltételek megadása
- Háló generálása
- Vannak 2D vagy 3D programok is



Például:
THERM (LBNL)
HEAT

PhPP

Mire jó?

- Passzívházak energetikai számítására kifejlesztett program

Jellemzők:

- Excel alapú
- Módosítható
- EN szabványok alapján, ill. Passivhaus Institut módszerei
- Részletes gépészeti megadás lehetséges

The screenshot shows the PhPP software interface, which is an Excel-based spreadsheet. The spreadsheet contains the following data:

Cell	Parameter	Value	Unit	Requirements	Fulfilled?*
25	No. of occupants:	6,0			
26	Spec. capacity:	204	Wh/K per m ² TFA		
27	Internal heat sources winter:	6,6	W/m ²		
28	Ditto summer:	6,6	W/m ²		
29	Specific building demands with reference to the treated floor area				
31	Treated floor area	76,4	m ²		
32	Space heating	71	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	no
33	Heating load	52	W/m ²	10 W/m ²	no
35	Space cooling	51	kWh/(m ² a)	21 kWh/(m ² a)	no
36	Cooling load	32	W/m ²	10 W/m ²	no
37	Frequency of overheating (> 26 °C)		%	-	-
39	Primary energy		kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)	
40	DHW, space heating and auxiliary electricity		kWh/(m ² a)	-	-
41	Specific primary energy reduction through solar electricity		kWh/(m ² a)	-	-
43	Airtightness	7,1	1/h	0,6 1/h	no
60	Passive House?				

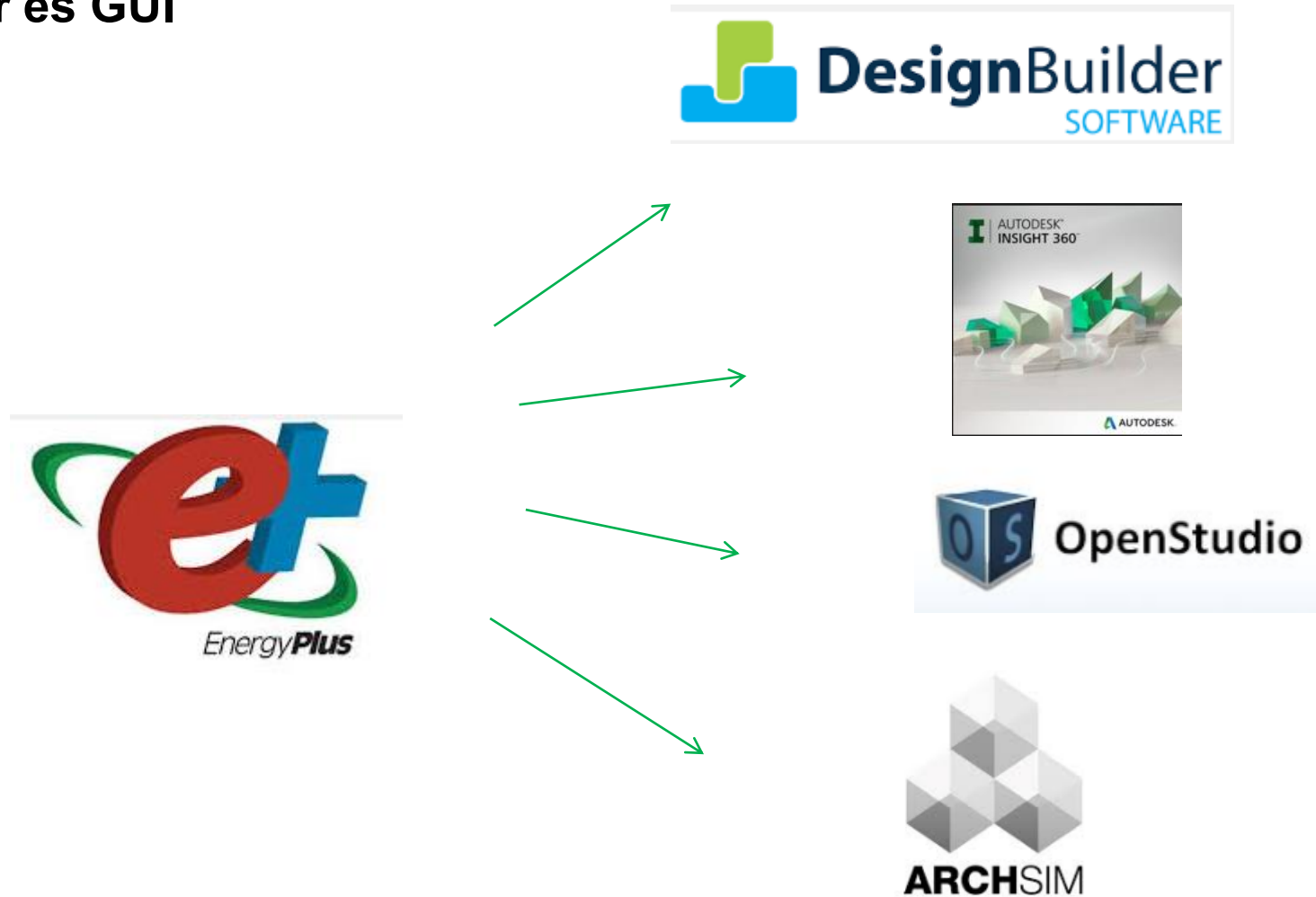
* empty field: data missing; -: no requirement

Dinamikus szimulációs szoftverek

- Energy Plus
- DesignBuilder
- OpenStudio
- TRNSYS
- IDA ICE
- IES VE
- Archicad
- EcoDesigner Star
- Autodesk Ecotect –
Revit
- Archsim, Diva
- Wufi
- Stb.

Szimulációs motorok
validálása:
BESTEST/ ASHRAE STD 140

Motor és GUI



Szimulációs motor

Grafikus felhasználói felület

Archicad EcoDesigner Star

Mire jó?

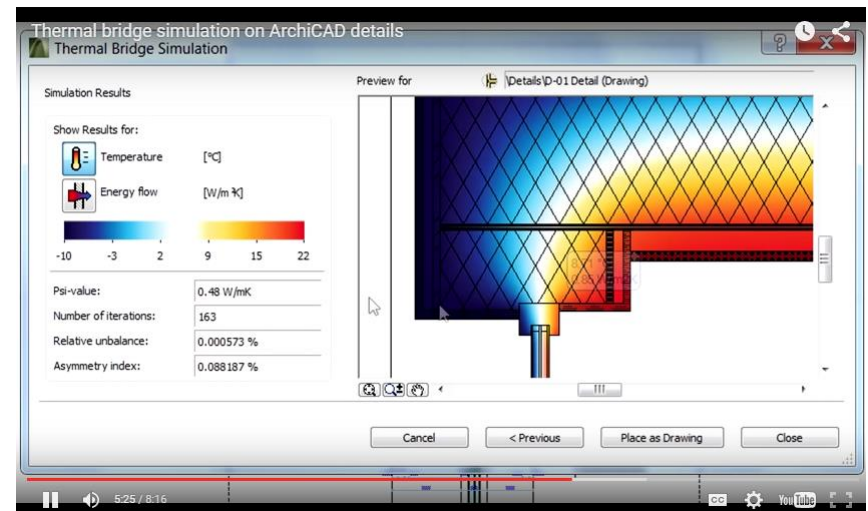
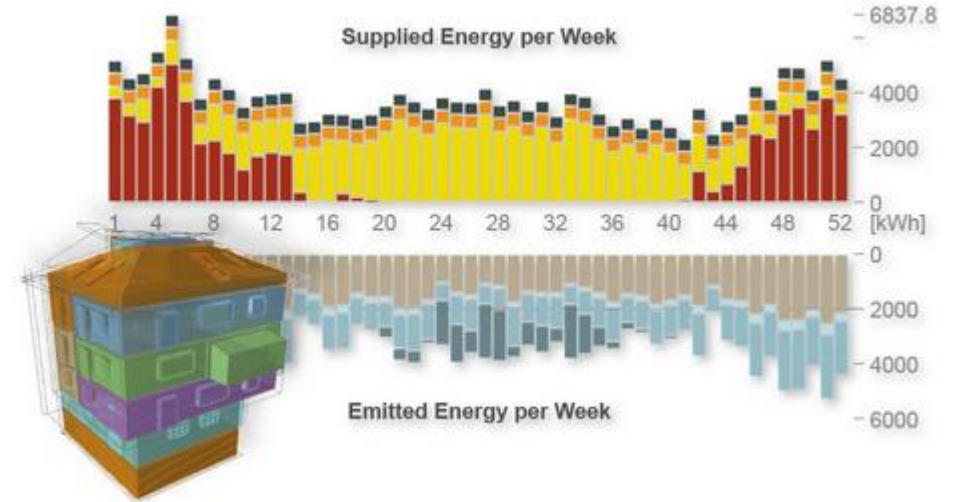
- Archicadbe integrált energetikai modul
- BIM → BEM

Jellemzők:

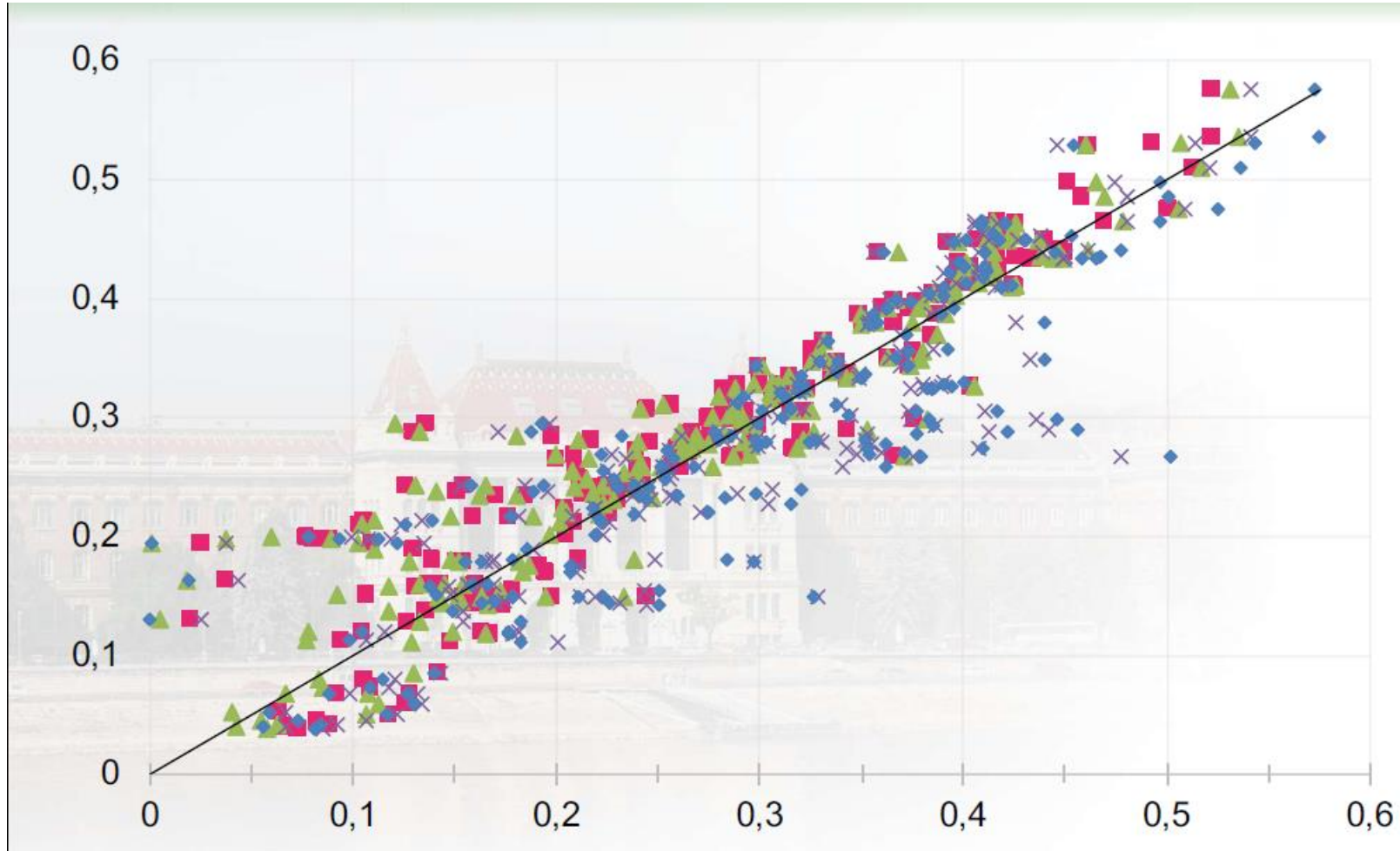
- Archicad környezetbe integrálva
- Dinamikus szimuláció
- Véges elemes hőhídszimuláció
- Megújuló energiahasznosító berendezések (PV, szélturbina)
- Export PhPP-be

Korlátok:

- TNM szerinti számításhoz az alapadatoknak egyeznie kell!



Goal of dynamic simulation

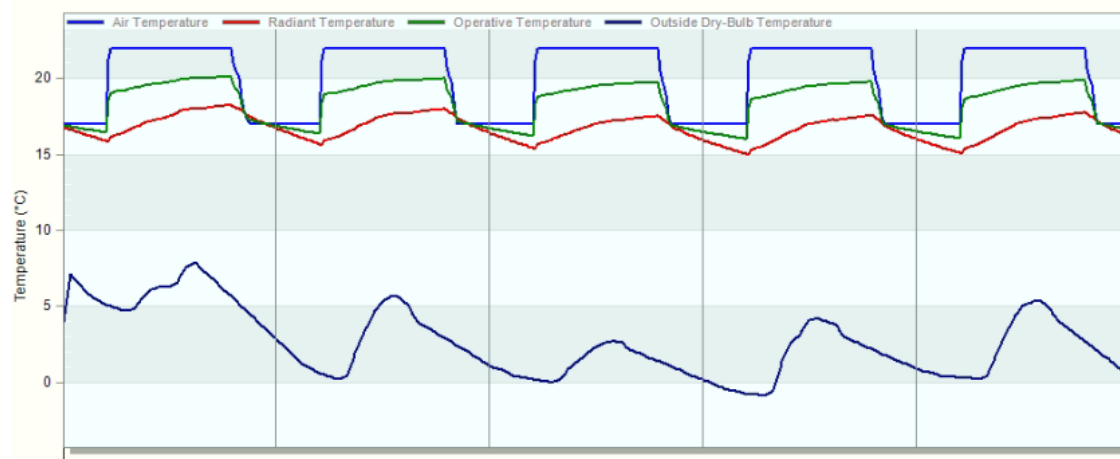


Measured heating energy consumption (GJ)

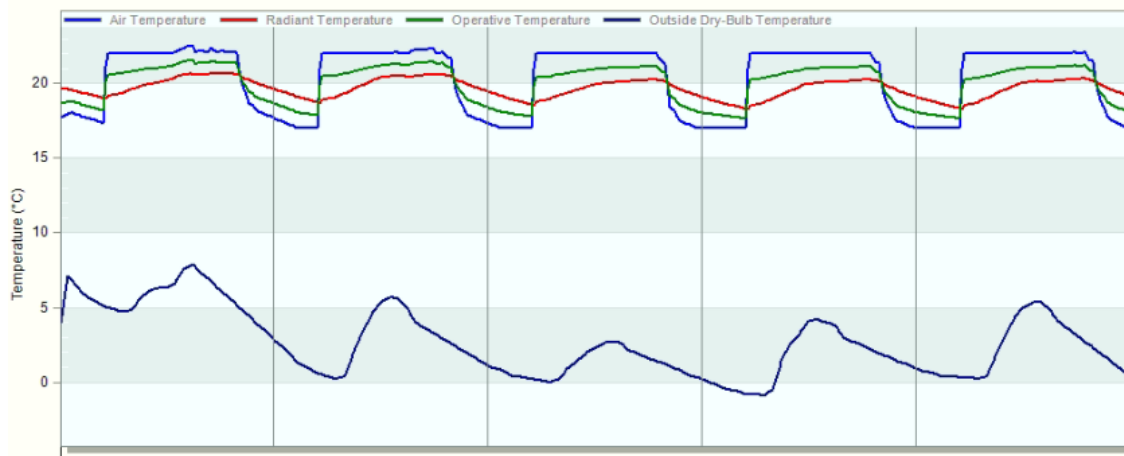
Simulated heating energy consumption (GJ)

Irodaház felújítása

Északi irodában kialakuló
decemberi hőmérsékletek



Meglévő szerkezetekkel

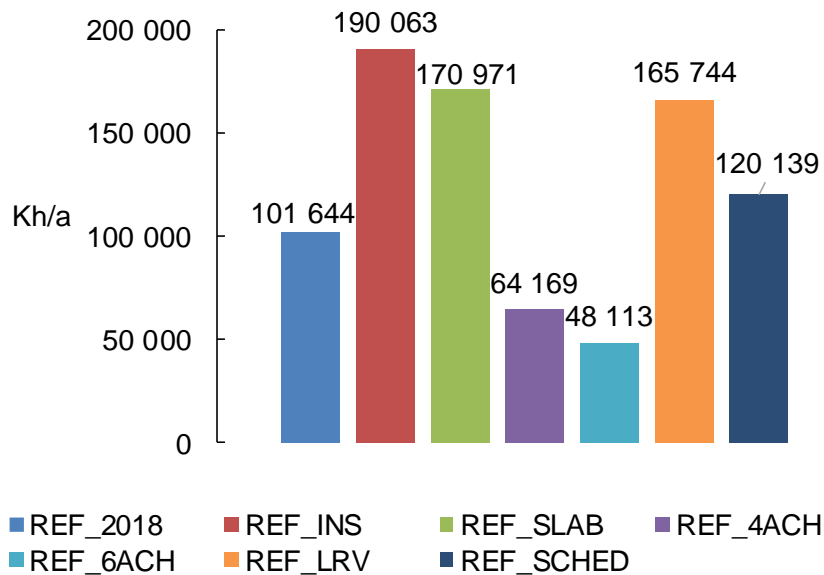
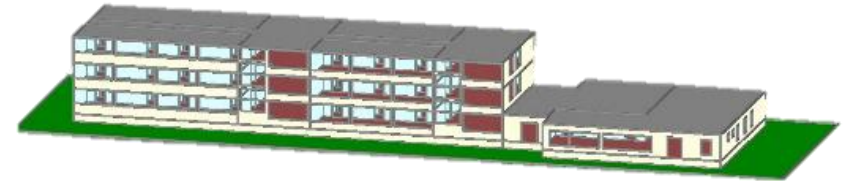


Hőszigetelés után

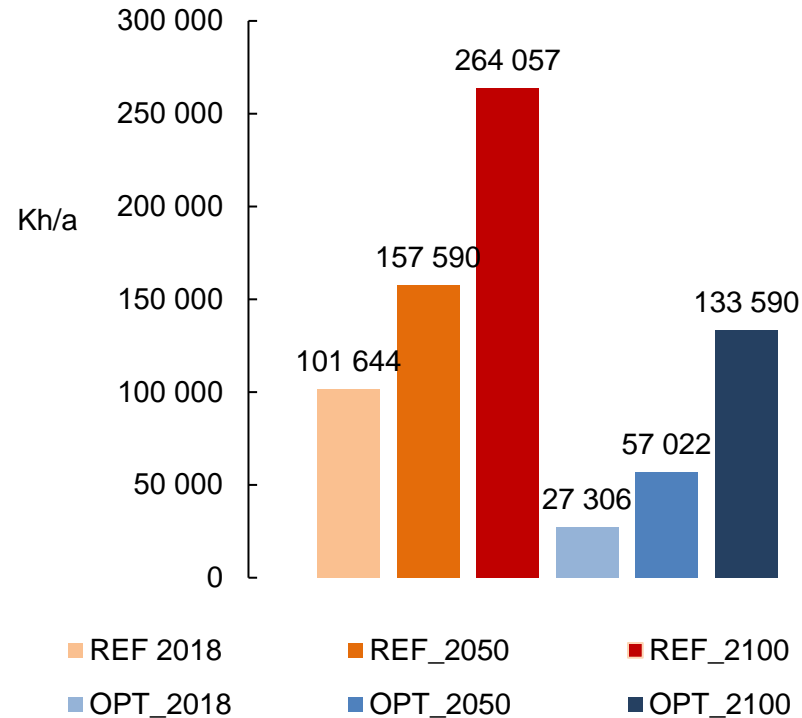
Szalay Zsuzsa, Kiss Benedek

Idősothtonok elemzése

ODH₂₆:
Overheating Degree Hours above 26 C
(Kelvin * hours)



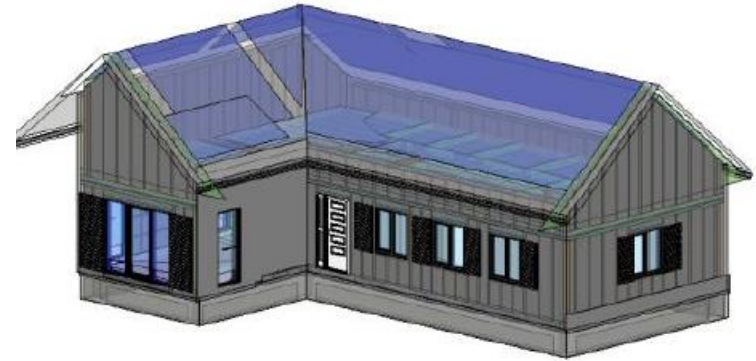
Mai éghajlat



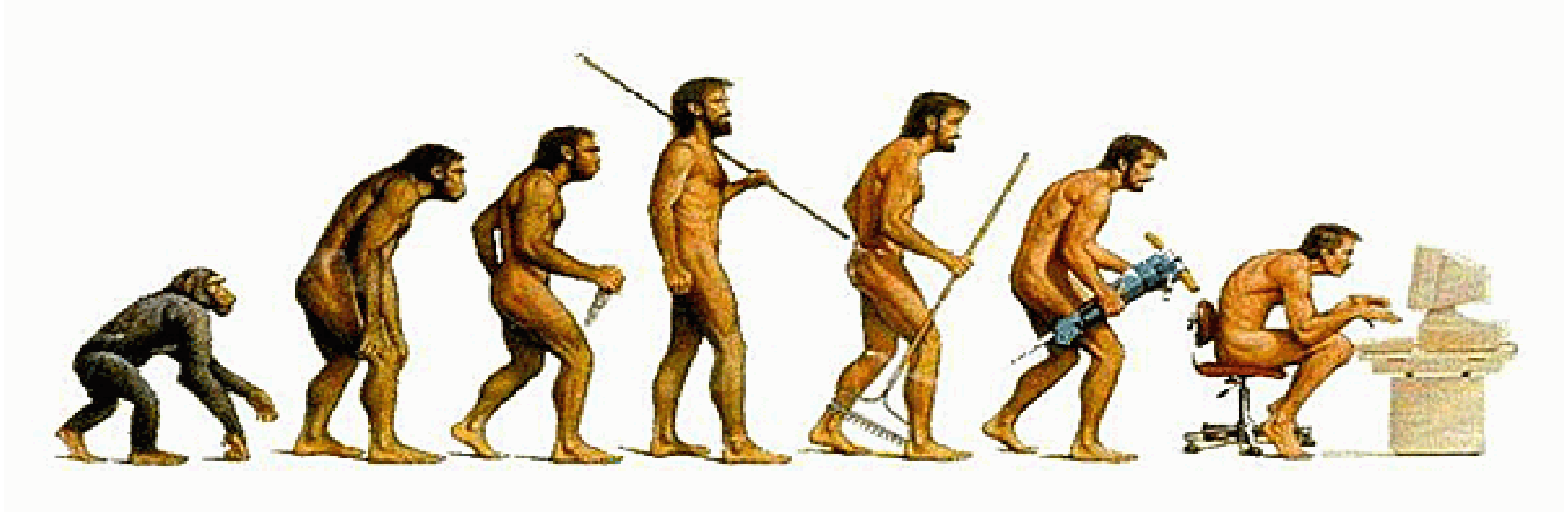
Jövő éghajlat

Dóra, Szagri ; Balázs, Nagy ; Zsuzsa, Szalay: Heatwave Vulnerability Assessment of Nursing Homes Based on Dynamic Simulations In: V., Corrado; E., Fabrizio; A., Gasparella; F., Patuzzi (szerk.) Proceedings of Building Simulation 2019: 16th Conference of IBPSA, Róma, Olaszország : International Building Performance Simulation Association, (2019) pp. 3992-3998. , 7 p.

BIM – BEM



Braun Melinda: Környezetbarát és hagyományos szerkezetekkel tervezett családi házak komplex összehasonlító elemzése, BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék, Szakdolgozat, 2018



Köszönöm a figyelmet

szalay.zsuzsa@epito.bme.hu