

Átszellőztetett homlokzatburkolatok rögzítőrendszereinek épületfizikai elemzés

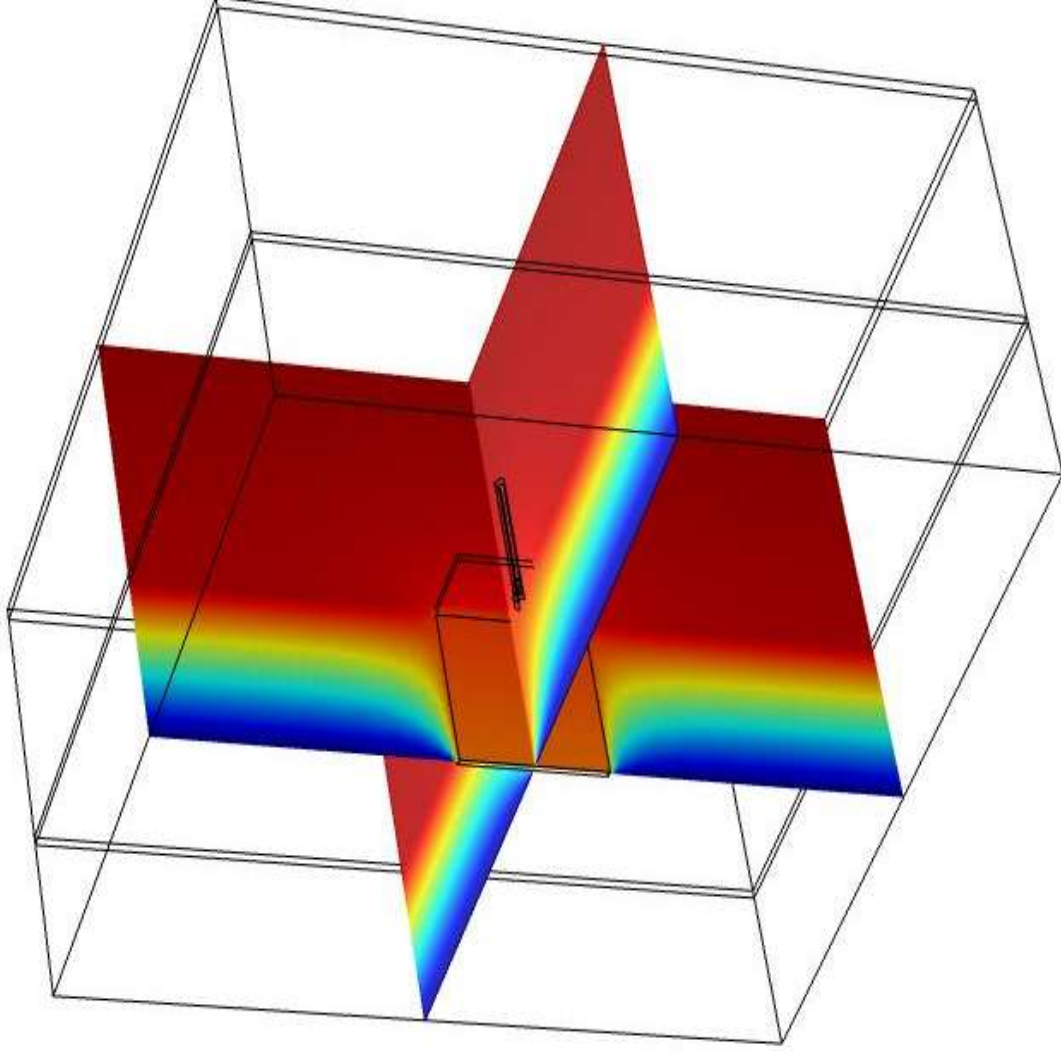
Petresevics Fanni

BSc hallgató, BME Építőmérnöki kar

Témavezető: Dr. Nagy Balázs, egyetemi adjunktus

BME Építőmérnöki kar, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

OTDK PLUSZ, Széchenyi István Egyetem, Győr 2021



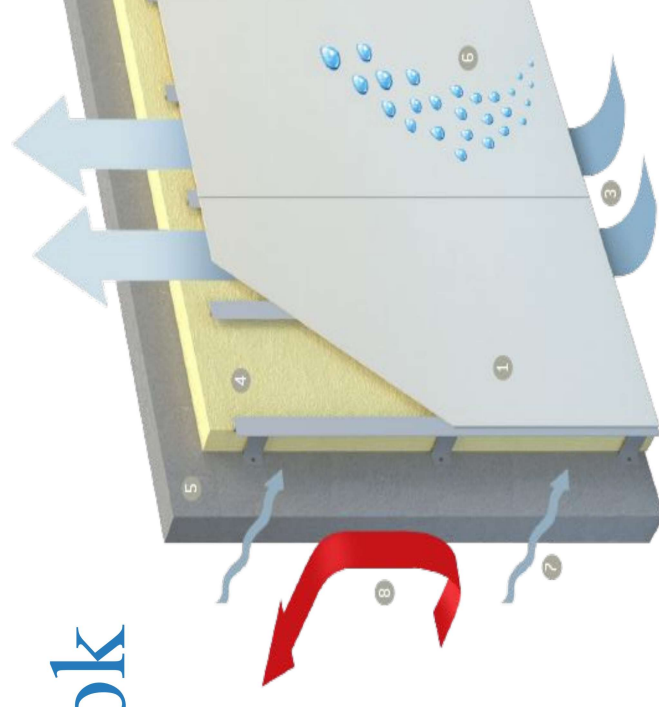
Átszellőztetett homlokzatburkolatok

Térnyerésük az elmúlt években jelentős, újépítésű irodaházak, lakóépületek, vagy akár egyházi és középületek, valamint épületfelújítások esetében is:

- külső „védőpajzs” – időjárási viszontagságok, hőigénybevétel/hőmozgás csökkentése, kedvező akusztikai tulajdonságok
- Száraz, szerelt technológiával építhető – kivitelezés szabadsága
- működési elv: „napernyő-esernyő elv” - légrésemben a levegő alulról-felfelé áramlik a kürtőhatás miatt (1. ábra)

Szakirodalmi áttekintés

- 20 db publikált nemzetközi szakirodalom 2010 óta
- Pontbeli hőhidak 5-30%-os eltérést okoznak az épületek hőveszteségében
- Egyes gyártó v. termékspecifikus hőhídktalógusok és kutatások léteznek
- Nincs átfogó, gyártófüggetlen hőhídktalógus
- Nincs szabványba illeszthető egyszerűsített módszer



1. ábra: Átszellőztetett homlokzatburkolat működési



2. ábra: Infopark D épület, Bp. [2]

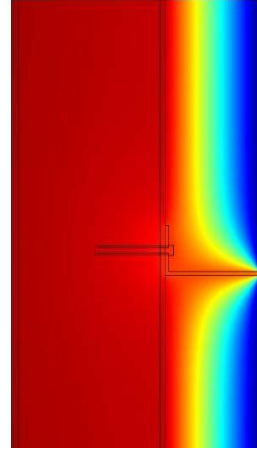
3. ábra: Luther

Hőátbocsátási tényező

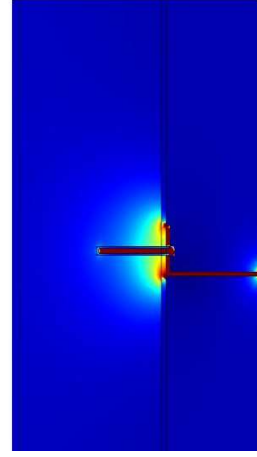
7/2006. TNM rendelet [4] értelmében a rétegtervi hőátbocsátási tényező vizsgálatánál figyelembe kell venni a mechanikai rögzítések esetében a tartókonozlok hatását is:

$$U = \frac{1}{R_{se} + \sum_i \frac{d_i}{\lambda_{2,i}}} + \overset{1.}{\Delta U_f} + \Delta U_g + \Delta U_r + \overset{2.}{\sum_k n_k * \chi_k}$$

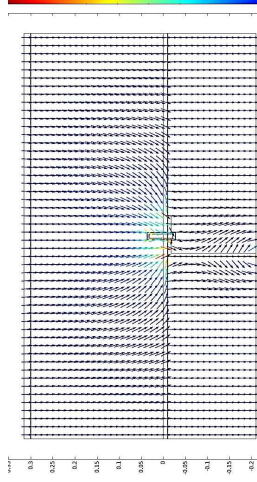
1. Egyszerűsített módszer [5]: $\Delta U_f = \alpha * \frac{n_{db} * A_f * \lambda_f}{d_0} * (\frac{R_1}{R_{th}})^2 [\frac{W}{m^2 * K}]$
2. Numerikus modellezés [6]: $\chi = L_{3D} - \sum_{i=1}^{N_i} U_i * A_i - \sum_{j=1}^{N_j} \psi_j * l_j [\frac{W}{K}]$
 - Vizsgált paraméterek: falszerkezet/tartókonozló/hőhídmegecszakító/hőszigetelés/dübelek
 - Modellalkotás: paraméterkombinációk/elkülönítés/kiterjedés vizsgálata (4. ábra)
 - Végeselemháló: hiba/futtatási idő optimalizálása, hálófűggetlenség (5. ábra)
 - Eredmények elemzése: pontbeli hőátbocsátási tényezők számítása → hőhídkatalógus
 - Vizualizáció: hőmérséklet / hőáramsűrűség / hőáramvektorok (6-8. ábrák)



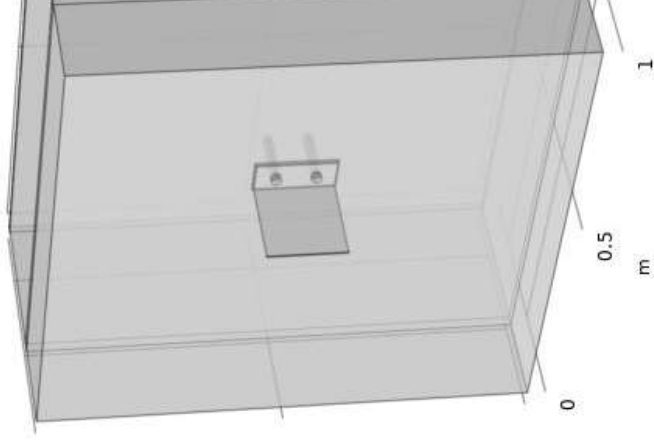
6. ábra: Hőmérsékleteloszlás



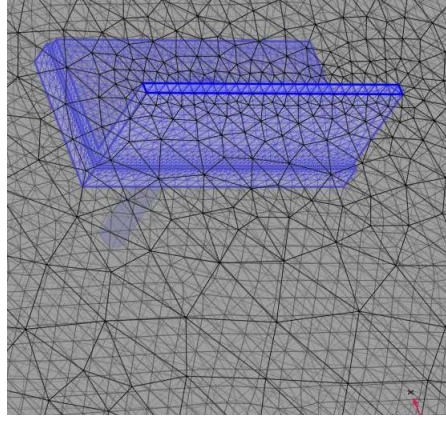
7. ábra: Hőáramsűrűségek



8. ábra: Hőáramvektorok



4. ábra: Geometriai modell



5. ábra: Optimalizált végelemháló

Hőhídkatalógus

- A numerikus modellezés alapján **41,118 db** pontbeli hőátbocsátási tényezőt határoztam meg, melyekből Excel hőhídkatalógust állítottam össze.
- Külön munkalapra leválogatott hőhídkatalógusok eltérő anyagú és vastagságú falszerkezetekre (9. ábra)
- Külön munkalapra leválogatott hőhídkatalógusok hőhídmegszakító alkalmazása, ill. elhagyása esetén
- Legördülő listás interaktív kereső a paraméterek alapján történő specifikus keresés megkönnyítésére (10. ábra)

A hőhídkatalógus online elérhetősége:

<https://bit.ly/34uWrKH>

Pontbeli hőátbocsátási tényező χ [W/K]										Rögzítőelemek
										Konzol
										Konzol geometria
										0,06x0,1
										Hőhídmegszakító
										0,25
										Hőhídmegszakító
										0,005
										0,02
										0,005414
										0,005010
										0,004959
										0,004539
										0,006079
										0,005725
										0,005866
										0,005483
										0,005638
										0,005374
										0,009332
										0,008738
										0,009600
										0,008901
										0,008525
										0,008053
										0,008838
										0,008309
										0,007374
										0,007046
										0,007611
										0,007256

9. ábra: Hőhídkatalógus (részlet)

Pétresevics Fanni: Hőhídkatalógus átszellőztetett homlokzatburkolat tartókonozlok pontbeli hőátbocsátási tényezőinek meghatározásához, TDK 2020 BME Építőmérnöki kar,

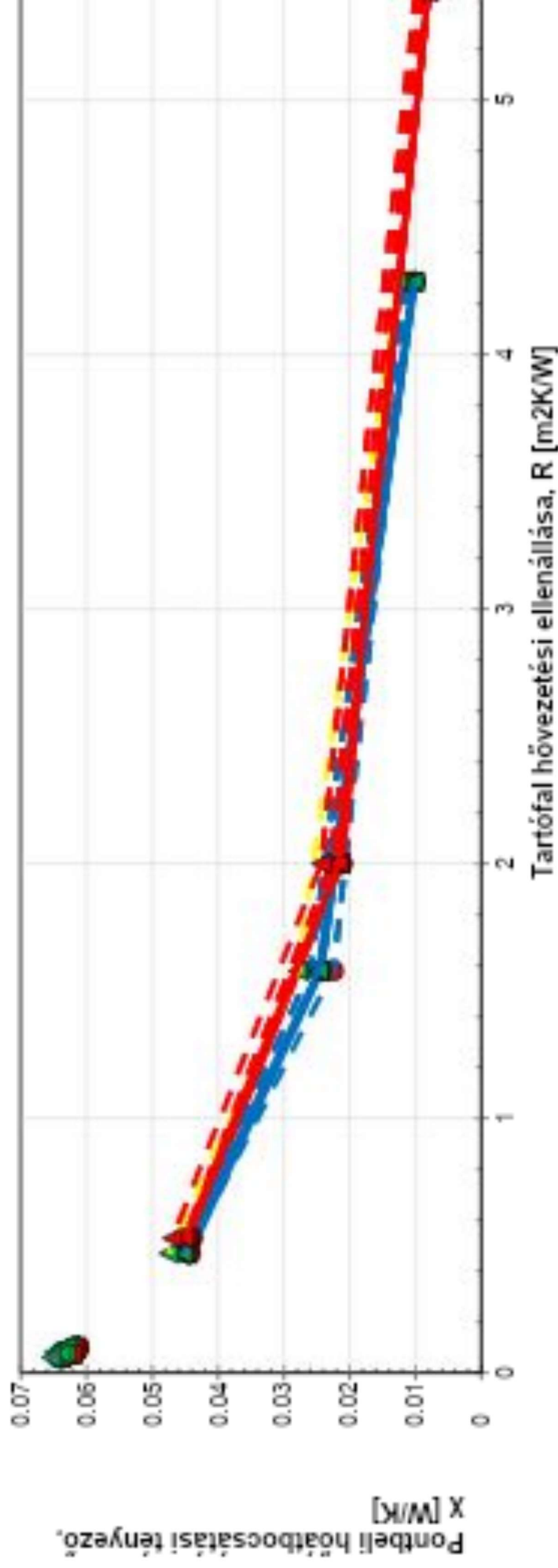
Dűbel		Falszerkezet		Hőszigetelőanyag		Tartókonozol		Hőhídmegszakító	
db	λ [W/mK]	furat hossz [m]	vastagság [m]	λ [W/mK]	vastagság [m]	λ [W/mK]	geometria [m x sz x d]	λ [W/mK]	vastagság [m]
1	50	0,05	vasbeton	0,2	2,5	0,2	0,04	50	0,5
									0,02

10. ábra: Interaktív kereső a hőhídkatalógushoz

Főbb megállapítások I.



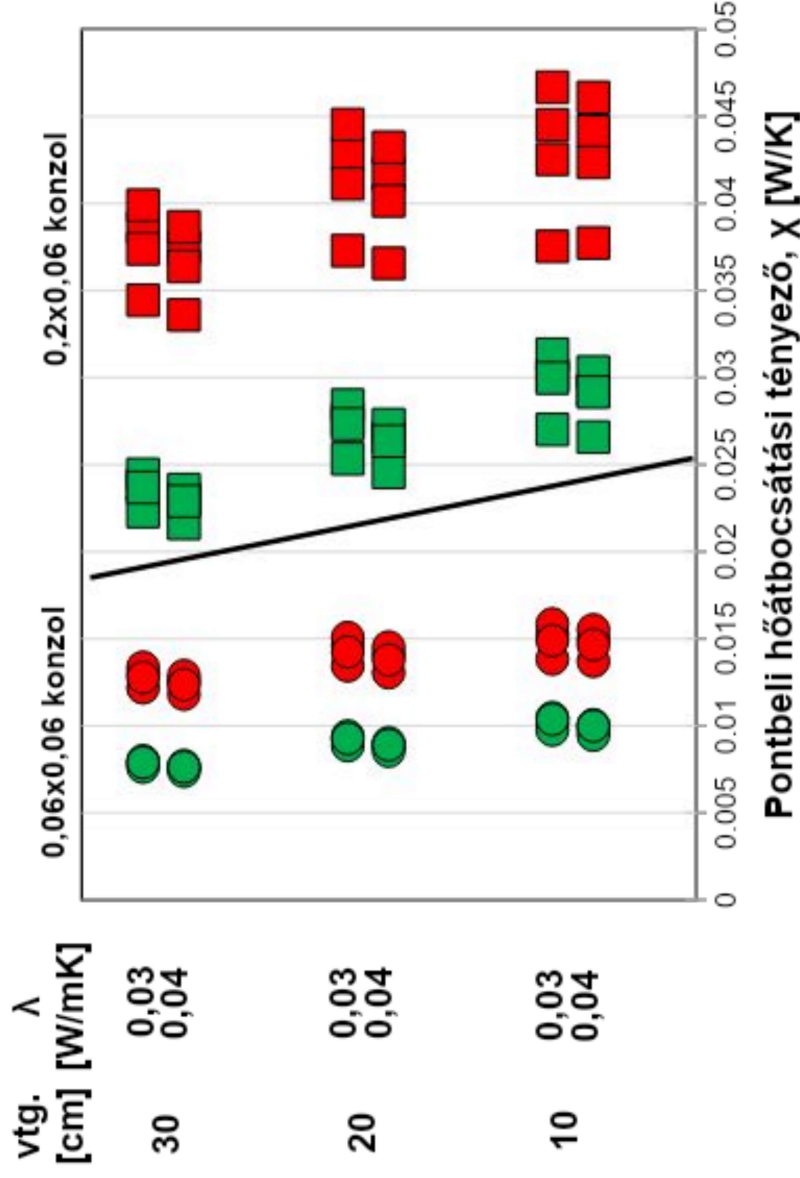
1. A tartófal hővezetési ellenállása (falvastagság/hővezetési tényező) jelentősen befolyásolja a konzol χ pontbeli hőátbocsátási tényezőjének értékét. (falvastagságok jelölése 15 cm, 20 cm, 30 cm, 38 cm)
2. A műanyaghüvelyes fém dübeles rögzítőelemek száma ($\bigcirc$ – 1 db dübel, Δ – 2 db dübel), dübel anyaga (rm. acél, acél), és a furatmélység (— 5 cm, - - 15 cm) nem befolyásolják jelentősen a konzolok a χ pontbeli hőátbocsátási tényező értékét.



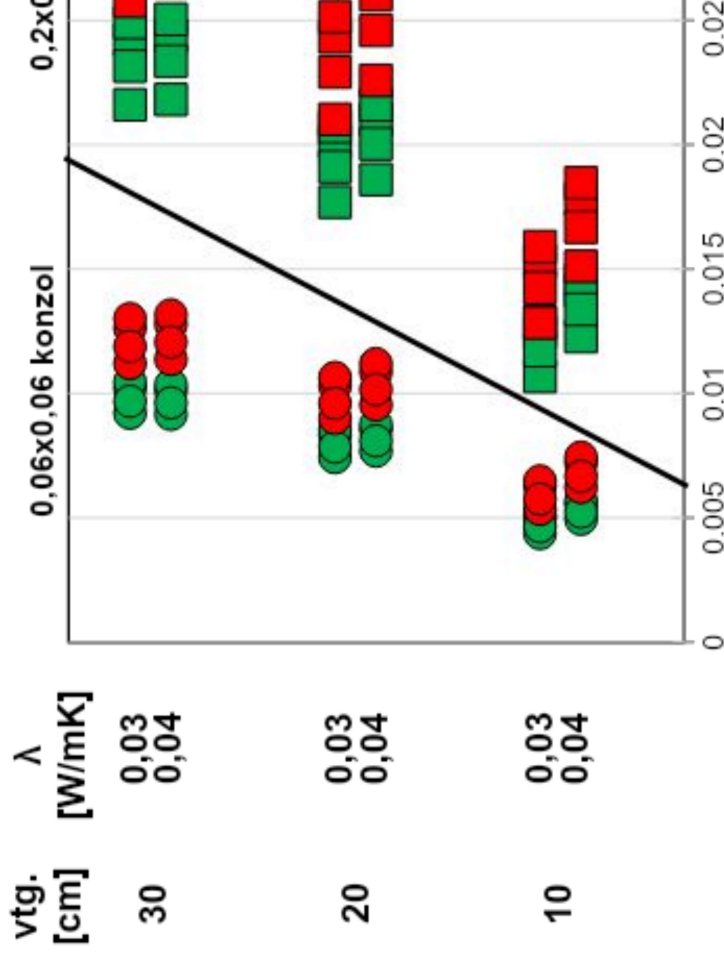
11. ábra: Dübelezés hatásainak vizsgálata 20 cm-es $\lambda=0,04\text{ W/mK}$ hőszigeteléssel ellátott tartófalra rögzített 0,06x0,06x0,004 geometriájú, hőhidmegszakítóval ellátott alumínium

Főbb megállapítások II.

3. A hőszigetelés hővezetési tényezője nem befolyásolja jelentősen a konzolok χ pontbeli hőátbocsátási tényezőjét.
4. A hőszigetelés vastagsága, a konzol magassága (○ – kis konzol, □ – nagy konzol) és vastagsága (4 mm, 8 mm) jelentősen befolyásolja a konzolok χ pontbeli hőátbocsátási tényezőjét.



12. ábra: 20 cm-es $\lambda=2,5$ W/mK vasbeton falba 1 db 5 cm-es $\lambda=50$ W/mK dübelrel rögzített rozsdamentes acél konzol hőhídmegszakítóval



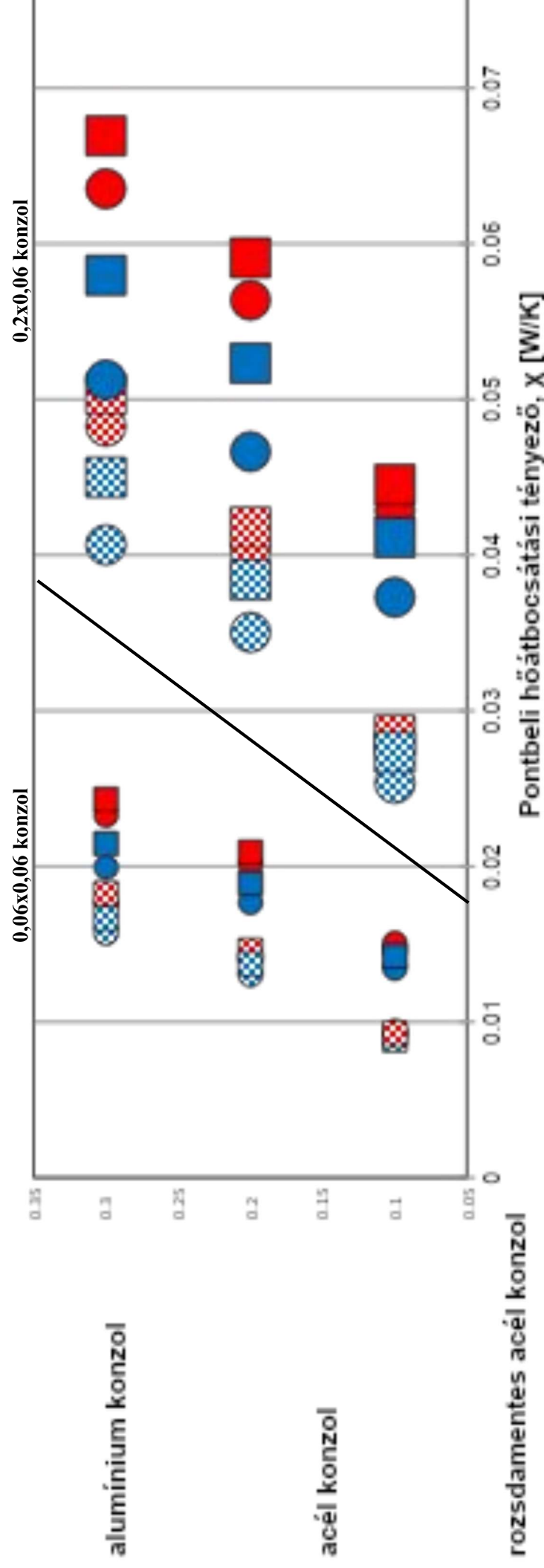
13 ábra: 30 cm-es $\lambda=0,19$ W/mK kerámia falba 1 db 5 cm-es rögzített alumínium konzol hőhídmegszakítóval

Főbb megállapítások III.

5. Konzol magassága (jelölő mérete) és vastagságának ($\square$ mm, $\square$ mm),) valamint az alkalmazott hőhídmegevezítő vastagságának

mm, 20 mm), anyagának (O – PA, $\square$ – HDPE, $\blacktriangle$ – nincs) szignifikáns hatása a pontbeli hőátbocsátási tényezőre:

- vastagabb konzol megválasztása min. 26%-al (nagy alumínium konzol), max. 60%-al (kis rm. acél konzol) növeli χ -t
- magasabb konzol megválasztása 61-67%-al növeli χ -t (anyagtól függetlenül)
- kedvezőtlenebb hővezetőképességű konzol megválasztása min. 27%-al (nagy konzol), max. 48%-al (kis konzol) növeli χ -t

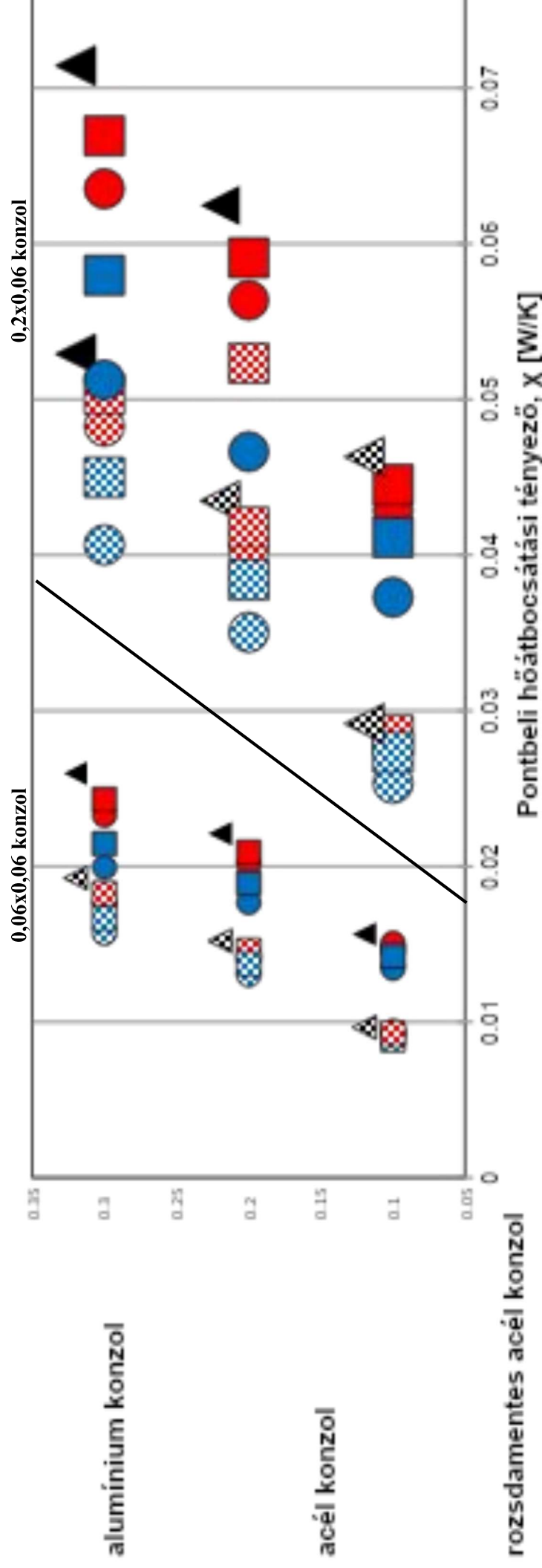


14. ábra: 20 cm-es $\lambda=0,04$ W/mK hőszigeteléssel ellátott 20 cm-es $\lambda=2,5$ W/mK vasbeton falba 1 db 5 cm-es $\lambda=50$ W/mK dübelrel rögzített konzolok összehasonlítása

Főbb megállapítások IV.

6. Hőhídmezgázító megléte és anyaga (○ – PA, □ – HDPE, ▲ – nincs) valamint vastagsága (5 mm, 20 mm) csökkenti a konzolok pontbeli hőátbocsátási tényező (χ) értékét.

- vastagabb hm. megválasztása min. 2%-al (kis rm. acél konzol), max. 24%-al (nagy alumínium konzol) csökkenti χ -t
- jobb anyagú hm. megválasztása min. 2%-al (kis rm. acél konzol), max. 12%-al (nagy alumínium konzol) csökkenti χ -t
- hm. alkalmazása min. 2%-al (HDPE 5 mm), max. 28%-al (PA 20 mm) csökkenti χ -t $\rightarrow$ gazdasági szempontok



15. ábra: 20 cm-es $\lambda=0,04$ W/mK hőszigeteléssel ellátott 20 cm-es $\lambda=2,5$ W/mK vasbeton falba 1 db 5 cm-es $\lambda=50$ W/mK dübelrel rögzített konzolok összehasonlítása

Egyszerűsített számítás

- A hőhíd-katalóguson túl az MSZ EN ISO 6946 szabványos mechanikai rögzítés korrekciós képlethez **α** korrekciós szorzótényezők kialakítása:

$$\Delta U_f = \alpha * \frac{n_{db} * A_f * \lambda_f}{d_0} * \left(\frac{R_1}{R_{th}}\right)^2 \left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$$

- Hőhíd-megszakító meglétét és tulajdonságait nem veszi figyelembe -nem szükséges a kis eltérések miatt
- Dübelezés tulajdonságait nem veszi figyelembe -nem szükséges a kis eltérések miatt
- Konzol tulajdonságainak figyelembe vétele: A_f, λ_f
- Hőszigetelés tulajdonságainak figyelembe vétele: d_0, R_1, R_{th}
- α** -tényező átalakítása új szorzótényezők 5%-os hibahatáron belül - lineáris interpoláció

<https://bit.ly/34uWrKH>

Vasbeton tartófal						
Konzol hővezetési tényező [W/m²K]	Hőszigetelés vastagság [m]					
	0,1		0,2		0,3	
	Hőszigetelés hővezetési tényező [W/m²K]					
	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0
17	0,320	0,208	2,000	1,256	5,600	3
	0,240	0,160	1,680	1,040	4,800	2
	0,296	0,184	1,840	1,080	5,200	3
	0,224	0,136	1,480	0,880	4,160	2
50	0,136	0,088	1,040	0,640	3,200	2
	0,096	0,064	0,760	0,480	2,400	1
	0,120	0,080	0,920	0,560	2,800	1
	0,088	0,056	0,680	0,400	2,080	1
160	0,048	0,032	0,400	0,264	1,360	0
	0,032	0,021	0,272	0,176	0,920	0
	0,040	0,028	0,336	0,224	1,120	0
	0,030	0,019	0,232	0,144	0,800	0
30 cm tégl tartófal λ=0,07 W/mK						
Konzol hővezetési tényező [W/m²K]	Hőszigetelés vastagság [m]					
	0,1		0,2		0,3	
	Hőszigetelés hővezetési tényező [W/m²K]					
	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0
17	0,360	0,240	2,000	1,280	5,200	3
	0,240	0,160	1,440	0,880	4,000	2
	0,240	0,160	1,440	0,880	4,000	2
	0,160	0,104	1,040	0,600	2,880	1
50	0,136	0,096	0,880	0,560	2,640	1
	0,096	0,064	0,600	0,384	1,840	1
	0,096	0,064	0,600	0,384	1,840	1
	0,060	0,040	0,400	0,256	1,280	0
160	0,048	0,032	0,320	0,216	1,040	0
	0,032	0,020	0,208	0,136	0,680	0
	0,032	0,020	0,208	0,136	0,680	0
	0,019	0,012	0,128	0,080	0,424	0

16. ábra: Korrekciós szorzótényezők táblája

Összefoglalás

Elért főbb eredmények:

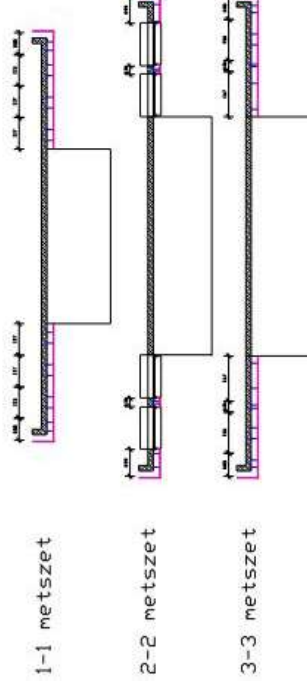
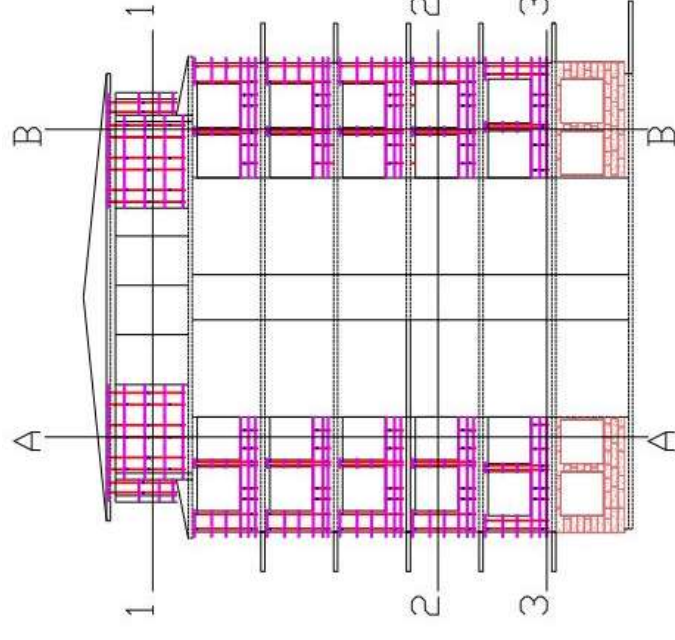
- hazai és nemzetközi gyakorlatban alkalmazható hőhídatalógusok
- energiahatékony és gazdaságos tervezést segítő megállapítások
- korrekciós tényezők az egyszerűsített szabványos hőtechnikai számításához

A kutatás ipari hasznosíthatósága:

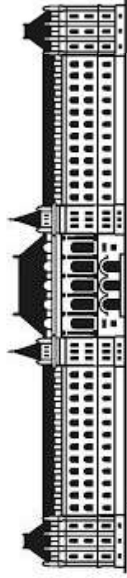
- hőhídatalógus közvetlen felhasználható az iparban tervezés során
- költséghatékonyági vizsgálatok során is alkalmazható
- elősegíti a tartószerkezetek továbbfejlesztését, kialakításuk fejlesztését
- a kutatás publikálása, numerikus modellezési tapasztalatok megosztása

További kutatási lehetőségek:

- paraméterek közötti összefüggések további vizsgálata
- multifizikai vizsgálatok (pl.:kapcsolt hő-és nedvességtranszport)
- statikai vizsgálatok (pl.:építési pontatlanságok hatása, konzol alakváltozása)
- épületinformációs modellezésbe (BIM) való illeszthetőség vizsgálata



17. ábra: Tartóváz és tartókonzolok kiosztási terve a



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2



OTDK

35. ORSZÁGOS
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI
KONFERENCIA 2021

Köszönöm a figyelmet!

Petresevics Fanni

BSc hallgató, BME Építőmérnöki kar

Témavezető: Dr. Nagy Balázs, egyetemi adjunktus,

BME Építőmérnöki kar, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

OTDK PLUSZ, Széchenyi István Egyetem, Győr 2021.08.31.

Hivatkozások:

[1]

<https://www.epitesimegoldasok.hu/a-szerelt,-atszelloztetett-homlozabadsag.html> (letöltve 2020.11.02.)

[2] “Infopark „D” épület - HAP | HAP | TERVEZŐIRODA KFT.”

<http://hap.hu/portfolio/irodaepulet-d-bp-xi-infopark/> (letöltve 2020.11.02.)

[3] [https://www.equitone.com/hu-hu/Referencialak/luther-kapolna/32020.11.02.\)](https://www.equitone.com/hu-hu/Referencialak/luther-kapolna/32020.11.02.)

[4] 7/2006 (V.24.) TNM Rendelet Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról, (letöltve 2020.11.02.)

[5] MSZ EN ISO 6946:2017, “Épületszerkezetek és épületelemek hőátbocsátás. Számítási módszerek,” 2020

[6] MSZ EN ISO 10211:2017, “Hőhidak az épületszerkezetekben. hőmérsékletek. Részletes számítások,” 2019

<https://bit.ly/34uWrJ1>

Email: petresevics.fanni@