



Nagy Balázs, Pintér Anna, Dr. Tóth Elek

# Ásványgyapot hőszigetelésű falszerkezetek dinamikus környezetfüggő épületfizikai viselkedése

2016. január 1-jétől számos helyen változott az épületenergetikai tanúsítás módszertana. A módosításban érintett 176/2008. (VI. 30.) kormányrendelet immáron megköti, hogy „AA” vagy annál jobb energetikai minőség szerinti besorolás csak a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet szerinti részletes módszerrel vagy dinamikus szimulációval alátámasztott módon adható. A 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet a hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó követelményértékeket azonban stacioner (állandósult) állapotra adja meg. Kutatásunkban a stacioner hőtechnikai számításokkal kapható hőátbocsátási tényező-értékeket hasonlítjuk össze különböző kialakítású ásványgyapot hőszigetelésű falszerkezetek dinamikus kapcsolt hő- és nedvességtranszport-szimulációval megkapott értékeivel, különböző környezeti körülmények esetén.

## Bevezetés

Az épületfizika kutatásában a dinamikus szimulációk már a múlt század közepe óta az érdeklődés középpontjában vannak, a műszaki és informatikai fejlődés következtében pedig a 1990-es évek óta széles körben is elérhetőek az erre nyitott és fogékony szakemberek számára.

Dinamikus szimulációk alatt leggyakrabban az instacioner állapotbeli kapcsolt hő- és nedvességtranszport-szimulációkat értjük. Ezen szimulációk létjogosultságát az adja, hogy az építőanyagok hő- és nedvességtechnikai tulajdonságai folyamatosan változnak, leginkább az anyagok hőmérsékletének és nedvességtartalmának függvényében [3, 4]. Továbbá a nedvesség jelenléte számos esetben nem elhanyagolható tényező az épületfizikai vizsgálatok során (hiába nem jelenik meg még csak említés szintjén sem az épületenergetikai tanúsítást szabályozó rendeletekben). Mivel a valóságban nincs állandósult állapot, és a külső és belső állapotok is folyamatosan változnak, célszerű a szerkezeteket folyamatosan változó állapotukban modellezni.

Mára a leggyakrabban alkalmazott épületfizikai dinamikus szimulációs célszoftver-családnak a WUFI (Wärme- Und Feuchttransport Instationär) nevű szoftvereket mondhatjuk, mely szoftvereket [2] alapján a Fraunhofer Institut fejleszt a mai napig, és például hazánkban is léteznek már ezen is alapuló számítási megoldások [1]. A WUFI programban készülő dinamikus szimulációk során figyelembe vehetjük az épületszerkezetekben lejátszódó nedvességtranszport hőtranszportra gyakorolt hatásait, valamint a környezetfüggő klimatikus tényezőket is,

többek között például a csapóesőt, a fagyás-olvadás jelenségét, a külső felületre érkező napsugárzást és a szélsébséggfüggő, külső felületi hőátadási tényezőt is. E szoftvercsaládnak létezik egydimenziós (WUFI Pro) és kétdimenziós (WUFI 2D) szimulációk futtatásához alkalmazható változata, valamint teljes épületek dinamikus szimulációját is kezelni képes kiadása is (WUFI Plus).

Falszerkezeteket általában egydimenziós állapotban modellezünk és számítunk, mivel a falazóblokkok hő- és páratechnikai tulajdonságait egyenértékű tényezőkkel találhatjuk meg a műszaki adatok között, azaz a gyártók például egyenértékű hővezetési tényezőt adnak meg. A jelen cikkünkben bemutatott kutatás során azonban kétdimenziós dinamikus szimulációkat végeztünk, tehát a falazatokat egy jellemző vízszintes metszetükben modelleztük, figyelembe véve az üregszerkezetüket is.

A kutatásunk során továbbá vizsgáltuk azt is, hogy míg a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet a hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó követelményértékeket egy értékkel, állandósult állapotra adja meg, a valóságot inkább követő dinamikus szimulációk esetén milyen értékek jellemzőek az egyes időszakokra. Tehát míg egyszerűsített számításnál minden esetben azonos U értékkel számolunk, azaz nemcsak a fűtési energiaigény meghatározása során a transzmissziós hőveszteségeknél, hanem mind a fűtési idény hosszának, mind a nyári túlmelegedés kockázatának ellenőrzésénél is. Holott könnyen belátható, hogy például nyáron meglehetősen különböző hőátbocsátási tényezők fognak adódni a fűtési idényhez képest.



## A kapcsolt hő- és nedvességtranszport numerikus számítási módszere

A hő- és nedvességtranszport kapcsolt differenciálegyenletei és annak numerikus megoldási módszere adja a WUFI program alapját. Az alapvető differenciálegyenletek kétdimenziós esetben a következőképpen alakulnak a hőtranszportfolyamatok (1) és a nedvességtranszport (2) esetén:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \nabla(\lambda \cdot \nabla T) + h_v \cdot \nabla(\delta_p \cdot \nabla(\varphi \cdot p_{sat})) \quad (1)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \nabla(D_\varphi \cdot \nabla \varphi + \delta_p \cdot \nabla(\varphi \cdot p_{sat})) \quad (2),$$

ahol:

- $\frac{\partial H}{\partial T}$  – nedves építőanyagok hőtároló képessége [ $J/m^3K$ ],
- $\frac{\partial w}{\partial \varphi}$  – nedves építőanyagok nedvességtároló képessége [ $kg/m^3$ ],
- $\lambda$  – nedves építőanyagok hővezetési tényezője [ $W/mK$ ],
- $D_\varphi$  – építőanyagok nedvességvezetési tényezője [ $kg/ms$ ],
- $\delta_p$  – építőanyagok páradiffúziós tényezője [ $kg/msPa$ ],
- $h_v$  – halmazállapotváltozás látsenhője [ $J/kg$ ],
- $\rho_{sat}$  – telítési párányomás [ $Pa$ ],
- $T$  – hőmérséklet [ $^\circ C$ ],
- $\varphi$  – relatív nedvességtartalom [-],
- $\nabla$  – vektoriális differenciáloperátor.

A bemutatott differenciálegyenlet-rendszer megoldásához ismernünk kell a modellezett szerkezetet alkotó építőanyagok számos épületfizikai tulajdonságát (hőmérséklet- és nedvességtartalom-függő hővezetési tényező, páradiffúziós tényező, testsűrűség, fajlagos hőkapacitás, szorpció izoterma...), melyeket elsősorban laboratóriumi vizsgálatokkal határozhatunk meg, lásd [3]. A WUFI szoftver számítási modelljében egy szerkezeti elem teljes entalpiáját (összes energiátartalmát) a száraz anyag és a víz entalpiájának összege adja:

$$H = H_s + H_w = \rho_s \cdot c_s \cdot T + [(w - w_e) \cdot c_w + w_e \cdot c_e - h_e \cdot \frac{dw_e}{dT}] T \quad (3),$$

ahol:

- $H_s$  – a száraz építőanyag entalpiája [ $J/m^3$ ],
- $H_w$  – az építőanyagban található víz entalpiája [ $J/m^3$ ],
- $\rho_s$  – száraz építőanyagok testsűrűsége [ $kg/m^3$ ],
- $C_s$  – száraz építőanyagok fajlagos hőkapacitása [ $J/kgK$ ],
- $T$  – hőmérséklet [ $^\circ C$ ],
- $C_w$  – folyékony állapotban lévő víz fajlagos hőkapacitása [ $J/kgK$ ],
- $C_e$  – jég fajlagos hőkapacitása [ $J/kgK$ ],
- $h_e$  – olvadás entalpiája (olvadáshője) [ $J/kg$ ],
- $W$  – víztartalom [ $kg/m^3$ ],
- $W_e$  – szilárd halmazállapotban lévő víztartalom (jégtartalom) [ $kg/m^3$ ].

A szerkezeti elemeket alkotó nedves építőanyagok hővezetési tényezőjét az MSZ EN ISO 10456:2008 szabványos exponenciális hővezetési tényező korrekcióival szemben [6] az alább található 4-es összefüggés alapján vagy táblázatosan a víztartalom függvényében adhatjuk meg a szoftverben, amely egyenletben a „b” pótlék azt mutatja meg, hogy hány százalékkal növekszik az adott építőanyag hővezetési tényezője a tömegszázalékban kifejezett nedvességtartalom függvényében:

$$\lambda(w) = \lambda_0 \cdot \left(1 + b \cdot \frac{w}{\rho_s}\right) \quad (4),$$

ahol:

- $\lambda_0$  – száraz építőanyag hővezetési tényezője [ $W/mK$ ],
- $w$  – víztartalom [ $kg/m^3$ ],
- $\rho_s$  – száraz építőanyag testsűrűsége [ $kg/m^3$ ],
- $b$  – hővezetéstényező-pótlék [%/M.-%].

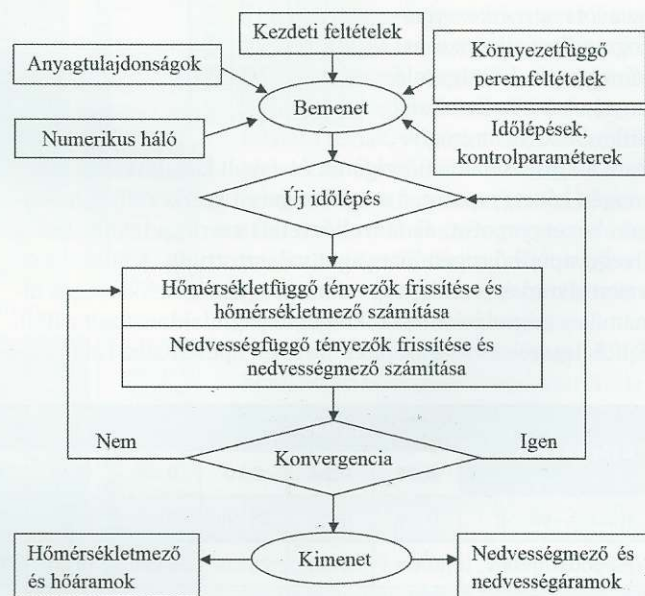
Az építőanyagok nedvességvezetési tényezőjét meghatározhatjuk az 5-ös összefüggés alkalmazásával:

$$D_\varphi = p_{sat} \cdot \delta_{atr} \cdot \frac{1}{\mu} \cdot \frac{1}{w_\varphi} \quad (5),$$

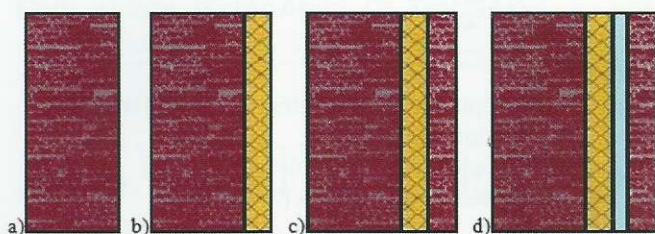
ahol:

- $\rho_{sat}$  – telítési párányomás [ $Pa$ ],
- $\delta_{air}$  – nyugvó levegő páradiffúziós tényezője [ $kg/msPa$ ],
- $\mu$  – az építőanyag páradiffúziós ellenállási száma [-],
- $w_\varphi$  – a nedves építőanyag víztartalma a pillanatnyi relatív nedvességtartalom függvényében [ $kg/m^3$ ].

A kétdimenziós geometriai modell elkészítése (mely a WUFI 2D szoftverben tetszőleges számú négyzetes elemről paraméteresen definiálható) és anyagtulajdonságok megadása után szükséges elkészítenünk a diszkretizált numerikus hálót, valamint definiálnunk a peremfeltételeket és a szükséges futtatási paramétereket (pl. időlépés, kontrollparaméterek, konvergenciakritériumok), melyekre a vizsgálatok bemutatásakor kitérünk. A kapcsolt differenciálegyenlet-rendszert iteratív módon oldja meg a szoftver, amelynek menetét az 1. ábrán szemléltetjük. A megoldás pontossága függ a konvergenciakritérium megválasztásától, az időlépéstől és a numerikus hálófelosztástól is. Megfelelően felvett bemenő adatok esetén azonban a numerikus megoldás kellően pontos, és a numerikus paraméterek hatása szinte elhanyagolható a fizikai paraméterek (anyagtulajdonságok, klímaadatok) hatásához képest.



1. ábra: Dinamikus kapcsolt hő- és nedvességtranszport-szimuláció megoldásának lépései



2. ábra: Vizsgált falszerkezeti rétegrendek: a) hőszigetelés nélküli, b) hőszigetelt és vékonyvakolattal ellátott, c) maghőszigetelt, külső kisméretű téglalaburkolattal d) hőszigetelt és gyengén átszellőztetett téglalaburkolattal

## Falszerkezetek kialakítása és környezetfüggő peremfeltételek megadása

A kutatás [5] során négyféle falszerkezeti kialakítást vizsgáltunk, melyeket a 2. ábrán egyszerűsítve mutatunk be. Modelleztünk falszerkezeteket hőszigetelés nélkül, külső oldali ásványgyapot hőszigeteléssel, melyen vékonyvakolatot helyeztünk el (jele a grafikonokon „V”), maghőszigetelt kialakítással (jele: „M”), valamint gyengén átszellőztetett homlokzatburkolattal is (jele: „Sz”).

Az elemzéshez továbbá többféle falazóelemekből készült falazatot is figyelembe vettünk. Elkészítettük Leiertherm 45 N+F és B30-as falazóblokkból is a bemutatott falazóblokkokat.

Azért ezekre esett a választásunk, mivel e falazóblokkok üregerkezetete vízszintes metszetüket felvéve egyszerű, és teljes mértékben modellezhető téglatestekkel. Készítettünk továbbá kisméretű tömör téglából további maghőszigetelt modelleket is.

Az egyes modellekben az adott falszerkezeti rétegrendhez alkalmas ásványgyapot hőszigetelő anyagokat alkalmaztunk különböző vastagságokban.

A külső oldalon hőszigetelt és vakolt kialakításhoz inhomogén közetgyapotot, a maghőszigetelt szerkezethez homogén közetgyapotot, az átszellőztetett szerkezetekhez pedig üvegyapot hőszigetelőanyagot választottunk. A falazóblokkokat alkotó égetett agyag, valamint a hőszigetelőanyagok dinamikus szimulációhoz szükséges anyagtulajdonságait a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék Épületfizika Laborató-

riumában határoztuk meg, a további anyagok (pl. levegő, ragasztóhabarcs, vakolatok) tulajdonságait a WUFI szoftver beépített anyagadatbázisából vettük.

A falszerkezetekben elhelyezett szükséges hőszigetelés-vastagságot úgy állapítottuk meg, hogy azok megfeleljenek a hatályos 7/2006. (V. 24.) TNM rendeletben megadott általános  $U = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$  és költségoptimalizált  $U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$  követelményértékeknek, valamint vizsgáltunk  $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ -nak megfelelő rétegrendeket is. Az előzetes stationer állapotbeli számításokat Auricon EnergetiC szoftverrel végeztük el, melyek alapján meghatároztuk a szükséges hőszigetelés-vastagságokat. Az Auricon EnergetiC szoftver figyelembe veszi az MSZ EN ISO 10456:2008 szabvány szerinti hővezetési tényezőkre vonatkozó környezeti korrekciókat is. Az eredményeket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Az falszerkezetek külső peremfeltételeit budapesti klímaadatok alapján definiáltuk. A klímaadatokat az amsz.hu meteorológiai adatbázis egy budapesti mérőállomásának [7] és a BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék Megújuló Energia Laborjának [8] adataiból állítottuk össze a modellezéshez szükséges óránkénti adatokkal feltöltött időjárásfájlt (bemutatásként lásd a 3. ábrán). A vizsgált időszak a 2012–2014. évet öleli fel, és órai bontásban tartalmazza a külső léghőmérsékletet, a relatív légnedvesség-tartalmat, a légnyomást, a csapadékmennyiséget, a szélsebességet és a szélirányt, valamint a diffúz- és globálsugárzást.

Location: Budapest										Budapest.wac		
Description: Description										Export to WAC file : 2.4		
Longitude [°]		Altitude [m]		Latitude [°]		Time Zone [h]		First Year [yyyy]		Note: amsz.hu		
47,49		315		19,42		1,0		2012				
Year	Month	Day	Hour	cumul. Hour	Temperature [°C]	Air Humidity	Air Pressure [hPa]	Rain [Ltr/m <sup>2</sup> h]	Wind Speed [m/s]	Wind Direction [°]	Radiation [W/m <sup>2</sup> ]	Radiation [W/m <sup>2</sup> ]
					Air Temperature	Rel. Humidity [%]	At. Station Height	Normal Rain	Skalar Average	north = 0, clockwise	Solar Diffuse Horiz.	Solar Global Horiz.
1	1	1	1	1	-3,9	86	1019	0,0	0,0	85	0	0
1	1	1	2	2	-4,2	87	1019	0,0	0,2	75	0	0
1	1	1	3	3	-4,0	89	1019	0,0	1,1	96	0	0
1	1	1	4	4	-4,3	89	1019	0,0	1,1	96	0	0
1	1	1	5	5	-5,0	88	1019	0,0	1,9	83	0	0
1	1	1	6	6	-5,3	89	1020	0,0	1,3	96	0	0
1	1	1	7	7	-4,7	92	1021	0,0	1,7	96	0	0
1	1	1	8	8	-4,0	93	1021	0,0	0,6	60	4	4
1	1	1	9	9	-3,3	94	1021	0,0	0,3	68	25	27
1	1	1	10	10	-2,3	95	1021	0,0	0,7	79	64	69
1	1	1	11	11	-1,5	95	1021	0,0	0,8	75	70	75
1	1	1	12	12	-1,0	93	1021	0,0	1,2	68	89	95
1	1	1	13	13	-0,2	94	1021	0,0	1,1	90	116	126
1	1	1	14	14	0,4	92	1021	0,0	1,2	90	102	112
1	1	1	15	15	0,5	90	1021	0,0	1,2	79	41	44
1	1	1	16	16	0,3	90	1022	0,0	0,8	90	14	16
1	1	1	17	17	0,2	91	1022	0,0	0,8	73	0	0
1	1	1	18	18	0,3	92	1022	0,0	0,6	75	0	0
1	1	1	19	19	0,3	92	1022	0,0	0,8	91	0	0
1	1	1	20	20	0,5	93	1022	0,0	0,6	68	0	0

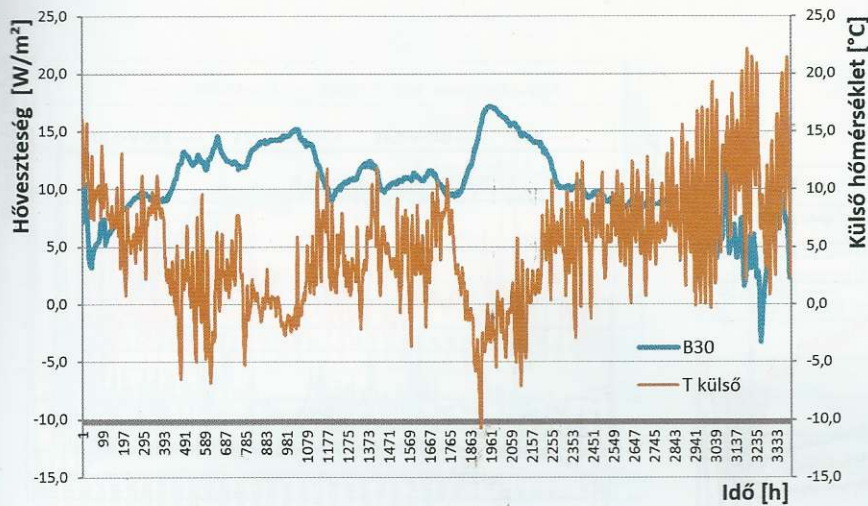
3. ábra: WUFI-szimulációhoz létrehozott időjárásfájl

## Eredmények ismertetése

Bár a szimulációkat három évet felölelően végeztük, a következőkben bemutatott eredmények minden esetben az utolsó vizsgált fűtési időnyre (azaz a vizsgált szerkezetek esetén a 2013/2014-es szezonra) ábrázoljuk, mivel az ezt megelőző két év szimulációját csupán a szerkezetek konszolidációja miatt végeztük el. Fűtési időny alatt pedig jelen kutatásunkban azt az egybefüggő időszakot értjük, amely esetén a falszerkezetek belső oldalán folyamatosan hőveszteséget mérhetünk. Az említett időszakban a külső hőmérséklet alakulását,

KIALAKÍTÁS	LTH45			B30			Kisméretű tömör téglá		
	0,45	0,24	0,10	0,45	0,24	0,10	0,45	0,24	0,10
Hőszig.+vakolt	0 cm	6 cm	25 cm	7 cm	14 cm	36 cm	-	-	-
Maghőszigetelt	0 cm	5 cm	25 cm	5 cm	14 cm	36 cm	4 cm	10 cm	28 cm
Átszellőztetett	0 cm	5 cm	24 cm	5 cm	12 cm	34 cm	-	-	-

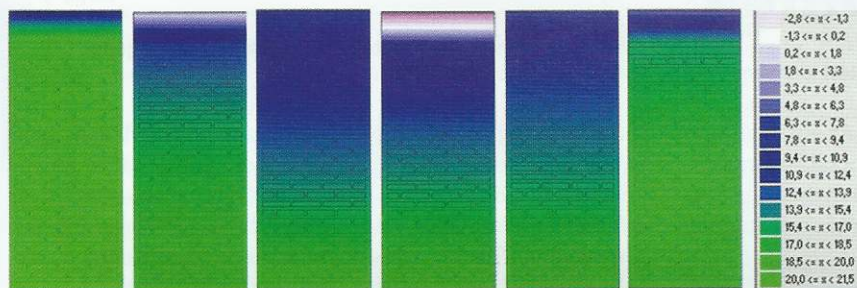
1. táblázat: Különböző kialakítású falazatok hőszigetelésének szükséges vastagságai



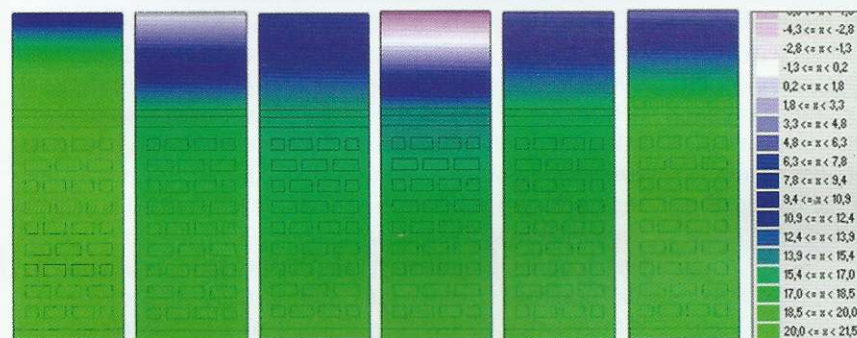
4. ábra: A külső hőmérséklet és B30-as falazat hővesztéseinek kapcsolata

valamint a hőszigetetlen B30-as falazat hővesztéseit a 4. ábrán szemléltetjük. Megállapítható, hogy a hővesztés a külső hőmérséklettel ellentétesen és arányosan változik.

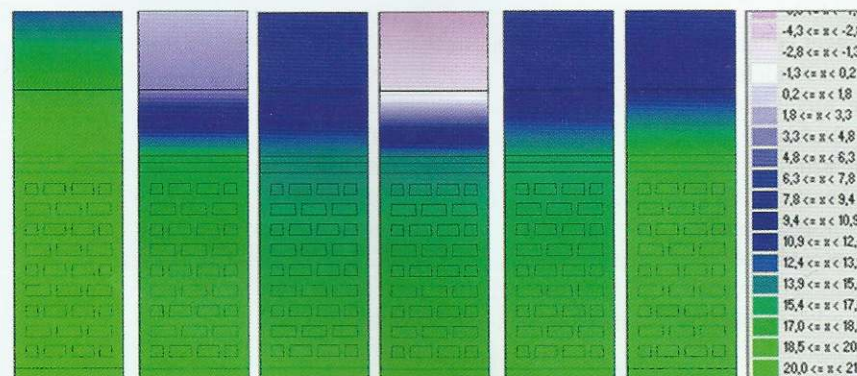
Az 5–8. ábrák a LTH45-V-0,24, B30-V-0,24, B30-M-0,24 és a KT-M-0,24 falszerkezeti kialakítások hőmérsékleti eloszlását mutatják 2013. októbertől 2014. márciusig havi bontásban. Megfigyelhető, hogy az azonos időpontbeli ábrákon a falazóblokkok és a szerkezeti kialakítás függvényében eltérő a hőmérsékletmező eloszlása. A LTH 45-ös téglát a külső hőmérséklet jóval beljebb hatol



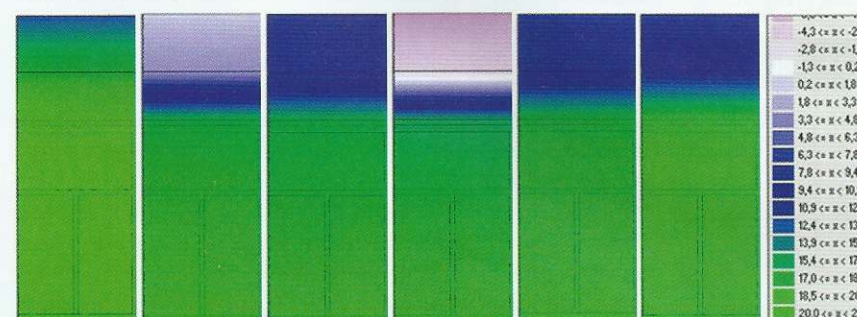
5. ábra: LTH45-V-0,24 hőmérséklet-eloszlása október–március hónapokban



6. ábra: B30-V-0,24 hőmérséklet-eloszlása október–március hónapokban



7. ábra: B30-M-0,24 hőmérséklet-eloszlása október–március hónapokban

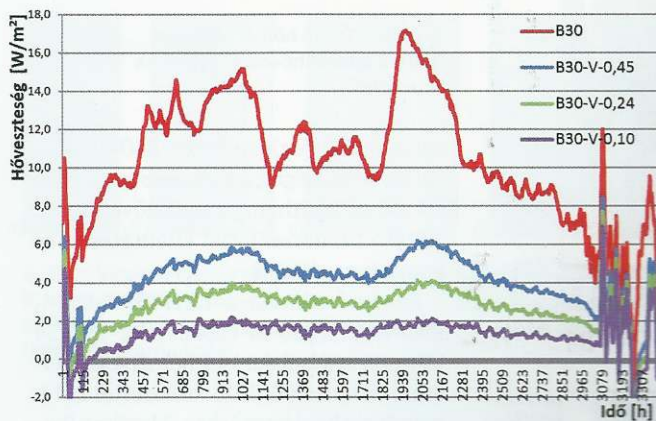


8. ábra: KT-M-0,24 hőmérséklet-eloszlása október–március hónapokban

## Megfigyelhető, hogy az azonos időpontbeli ábrákon a falazóblokkok és a szerkezeti kialakítás függvényében eltérő a hőmérsékletmező eloszlása.

a szerkezetben, vagyis a hőszigetelő réteg mellett a téglák is nagy szerepet játszik a hőszigetelésben. Az B30-as és a kisméretű tömör téglából épített falszerkezeteknél a téglák, valamint maghőszigetelt kialakításnál a külső burkoló téglák a téli hónapokban átfagnak. Viszont hőmérsékletes ezeknél a rétegeknél nem tapasztalható jelentősen, tehát a hőszigetelést ez esetekben szinte teljesen a hőszigetelőanyag-réteg végzi.

A 9. ábrán a kutatásban vizsgált külső homlokzati hőszigetelő rendszerrel ellátott B30-as falszerkezetek hővesztéseit ábrázoltuk. Megfigyelhető, hogy az állandósult állapotbeli hőátbocsátási tényező csökkentésével (tehát a szigetelési vastagság növelésével) a hővesztések is csökkennek. Megállapítható továbbá, hogy minél jobban szigeteljük a falszerkezetet, annál kevésbé befolyásolják a belső oldalon mért hővesztéseket a



9. ábra: B30-as falszerkezetek hővesztései a fűtési időnyben

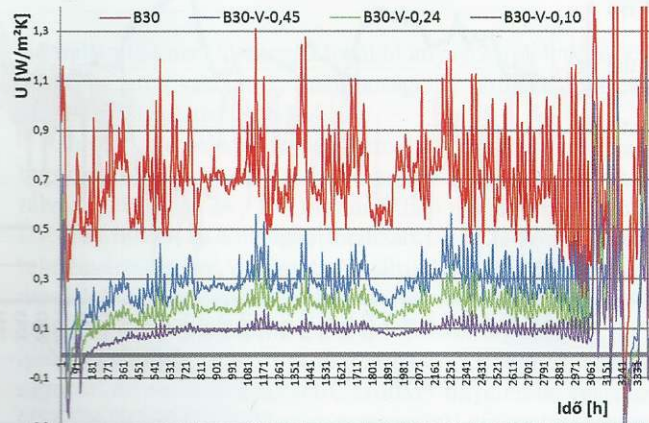
környezetfüggő klimatikus tényezők hatásai. Az ábrán látható továbbá, hogy minél kisebb a szerkezet hőátbocsátási tényezője, annál később kezdődik csak a folyamatos hővesztesség szakasza, tehát a hőátbocsátási tényező csökkentésével valóban csökkenthető a fűtési időny hossza.

Ha elosztjuk a belső felületen mért hővesztések pillanati (jelen vizsgálatnál órai) értékét az adott időtartamra átlagolt külső és belső hőmérséklet különbségével, megkaphatjuk a falszerkezetek adott órára jellemző hőátbocsátási tényezőit, melyeket a 10. ábrán szemléltetünk B30-as falszerkezetek és külső homlokzati ásványgyapot hőszigetelő rendszer alkalmazása mellett. A hővesztések alakulásához hasonlóan megfigyelhető, hogy minél kisebb egy falszerkezet állandósult állapotbeli hőátbocsátási tényezője, annál kevésbé ingadozik a dinamikus szimuláció esetén az órai érték. Ezt a megállapítást a 2. táblázat is alátámasztja.

Az egyensúlyi hőmérséklet-különbség meghatározásakor [amely a fűtési időny hosszának a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet szerinti meghatározásához szükséges], valamint a nyári túlmelegedés kockázatának ellenőrzésekor valójában a vizsgált időszakokra vonatkozó hőátbocsátási értékeket kellene alkalmazni a számítások során. Ekkor azonban a rendeletben szereplő képletek nem vezetnek eredményre, mivel jelentős különbségek adódnak az egyes időszakokra vonatkozó  $U$  értékek között. Ez persze logikus, mivel nyáron számottevően nem hővesztés adódik a falszerkezeteken keresztül, és az átmeneti időszakokban is eltérő a falszerkezetek viselkedése, ezért ezen időszakokban a szerkezetek hőátbocsátási tényezője sem fog megegyezni. A 2. táblázat a vakolt ásványgyapot külső oldali hőszigeteléssel ellátott falszerkezet stacioner állapotban számított, valamint dinamikus szimulációval meghatározott október és július hónapra, továbbá a standard fűtési időnyre vonatkozó hőátbocsátási tényezők értékeit mu-

	B30	B30-V-0,45	B30-V-0,24	B30-V-0,10
$U_{\text{stacioner}}$	1,47	0,41	0,24	0,10
$U_{\text{október}}$	0,827	0,455	0,385	0,314
$U_{\text{július}}$	-0,047	-0,121	-0,107	-0,095
$U_{\text{fűtési}}$	0,703	0,280	0,184	0,093

2. táblázat: B30 vakolt ásványgyapot homlokzati hőszigeteléssel ellátott falszerkezetek hőátbocsátási tényezői



10. ábra: B30-as falszerkezetek hőátbocsátási tényezőjének alakulása a fűtési időnyben

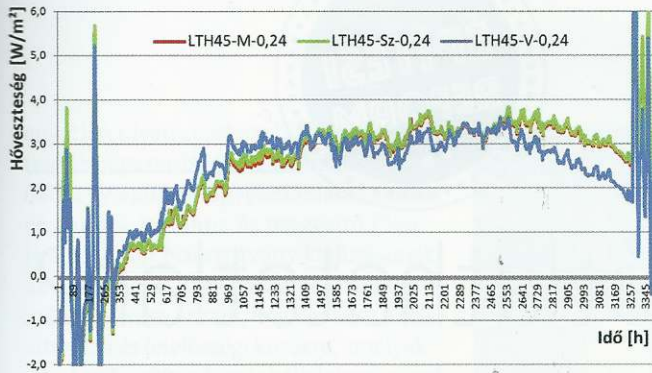
tatja. Megállapítható, hogy B30-as falazóblokk és külső oldali vakolt hőszigetelés esetén a stacioner hőátbocsátási tényező annál inkább közelíti a dinamikus számítások eredményét a fűtési időnyre nézve, minél jobban hőszigetelt a szerkezet. Megfigyelhető, hogy a hőszigeteléssel csökkenthetjük az október havi átlagos hőátbocsátási tényezőt, azonban a július havi értékek nem csökkennek számottevően.

Az azonos hőátbocsátási tényezőjű, azonos típusú falazóblokkból álló, de eltérő szerkezeti kialakítású falszerkezetek hővesztéseinek összehasonlításánál (lásd 11. ábra) megfigyelhetjük, hogy a fűtési időszak első felében a külső hőszigetelés és vakolt rendszer, míg az időny második felében a maghőszigetelt szerkezet esetében adódnak nagyobb hővesztések. A jelenség azzal magyarázható, hogy összesen a külső oldali hőszigeteléssel ellátott szerkezet hamarabb áthűl, míg maghőszigetelés esetén a külső téglalburkolat többlet-hőkapacitással rendelkezik. Tavasszal viszont a külső hőszigeteléssel ellátott szerkezet ugyancsak könnyebben átmelegszik, az áthűlt téglalburkolat átmelegedése lassabban következik be.

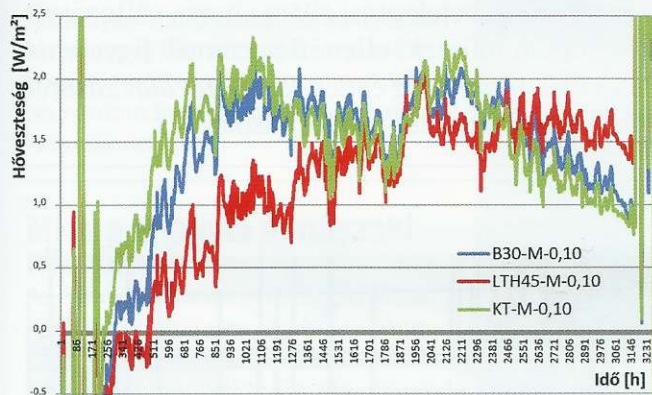
A 12. ábrán megfigyelhetjük továbbá, hogy az állandósult állapotban számított azonos hőátbocsátási tényezővel rendelkező, azonos szerkezeti kialakítású (maghőszigetelt), de eltérő falazóelemekből készült falszerkezetek esetén jelentős különbségek adódhatnak a fűtési időny során a hővesztések mennyiségében és alakulásában is. Míg a LTH45 falazóbloknál a fűtési időnyre eső összes hővesztés csupán  $3468 \text{ W/m}^2$ , addig a B30-as falszerkezetnél  $4262 \text{ W/m}^2$ , a kisméretű tömör téglánál pedig  $4419 \text{ W/m}^2$ . A hőátbocsátási tényezőjük standard fűtési szezonra számított átlaga viszont a dinamikus szimulációk alapján is közel megegyező.

## Összegzés

A kutatásban vizsgált szerkezetek dinamikus szimulációi alapján megállapíthatjuk, hogy az állandósult állapotra végzett egyszerűsített számítások bizonyos esetekben jelentősen eltérő hőátbocsátási tényező-értékeket adhatnak, mint ugyanazon szerkezetek dinamikus szimulációval kapott eredményei. Az eltérések oka a külső, környezetfüggő hatások figyelembevételével magyarázható, továbbá azzal, hogy dinamikus szimuláció esetén figyelembe tudjuk venni a szerkezetet alkotó anyagok tulajdonságainak folyamatos megváltozását az őket érő hőmérsékleti, sugárzási, szél- és nedvességterhelés hatására. Ezen hatások egyre kisebb befolyással vannak a falszer-



11. ábra: Eltérő kialakítású LTH45-ös, 0,24 W/m<sup>2</sup>K hőátbocsátási tényezővel rendelkező falszerkezet hővesztései a fűtési időnyben



12. ábra: A 0,10 W/m<sup>2</sup>K hőátbocsátási tényezővel rendelkező maghőszigetelt falszerkezetek hővesztései

kezetekre, amennyiben azok hőszigetelését növeljük. Azonban nem elég csupán egy szerkezet hőátbocsátására hangsúlyt fordítanunk, mivel annak kialakítása is jelentősen befolyásolhatja a rajta tapasztalható hővesztéseket és legfőképp azok időbeni alakulását a fűtési időny során.

## Források

- [1] Dobszay Gergely, Bakonyi Dániel: *Vékonyvakolatoss hőszigetelő vakolatrendszerek páratechnikai viselkedése*, Magyar Építéstechnika 2016/4, 12–15. oldal
- [2] Künzel, Hartwig M.: *Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components*. Fraunhofer Institute of Building Physics, 1995.
- [3] Nagy Balázs: *Építőanyagok vizsgálata dinamikusan épületfizikai hő- és páratechnikai számításokhoz – helyszíni hőtechnikai mérések*. Műszaki Ellenőr 2015/12, 36–39. oldal
- [4] Nagy Balázs: *Építőanyagok laboratóriumi vizsgálatai dinamikusan épületfizikai hő- és páratechnikai számításokhoz*. Műszaki Ellenőr 2016/1, 34–39. oldal
- [5] Pintér Anna: *Ásványgyapot hőszigetelésű falszerkezetek időjárásfüggő épületfizikai viselkedése*. MSc diplomamunka, BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék, 2015.
- [6] Tóth Elek: *A hővezetési tényezők korrekciójának elmélete és gyakorlata*. Magyar Építőipar 2014/5, 238–244. oldal
- [7] <http://amsz.hu/ws>
- [8] <http://remotelab.energia.bme.hu/solar>

## A 2016-OS ENERGETIKAI VÁLTOZÁSOK EGYSZERŰ KÖVETÉSE

**Auricon EnergetiC**  
ÉPÜLETENERGETIKAI SZÁMÍTÓ ÉS TANÚSÍTÓ SZOFTVER

 Megújuló energia mértékének automatikus számítása	 Napelemek, -kollektorok számítása és időarányos figyelembe vétele, nyereségáramok levonása	 Követelményrendszerek automatikus kezelése	 Részletes beállítási lehetőségek	 Talajjal érintkező szerkezetek részletes számítása MSZ EN ISO 13370:2008	 Folyamatok fejlesztés és jogszabálykövetés
 Benapozás vizsgálat földrajzi koordináták alapján	 Ablaktervező, döntött síkú ablakok számítása ISO 15099 alapján	 Lemenhető kérvenc-retegrészek és nyílászárók	 Q&A adatbázisba való feltöltés egy lépésben	 Interaktív grafikonok	 U érték számítás MSZ EN ISO 6946:2008 alapján
 Egyszerű és részletes számítási mód, váltás akár lépésenként	 Rendelet szerinti teljes részletes számítás (>AA besoroláshoz)	 Nagy méretű anyag-adatbázis (>1400 tétel) MSZ EN ISO 10456:2008 MSZ 24140:2015	 Google Maps komponens	 Hővezetési tényezők szabványos korrekciója MSZ EN ISO 10456:2008	 Utcakép készítés Google Streetview komponenssel
 Helyiségenkénti hő- és páratechnika MSZ 24140:2015	 Részletes elemzések a javaslataknak készítéséhez	 Beépített szabványos hőhídkatalógus MSZ EN ISO 14683:2008	 Hőszigetelések attoreinek részletes számítása	 Dropbox feltöltés	 Javaslatok alátámasztása egyszerűen másokeletlányból

- ✓ számítás a hatályos 7/2006 (V.24.) TNM rendelet szerint, állandó jogszabálykövetéssel
- ✓ kapcsolódó MSZ EN ISO szabványok integrálva
- ✓ λ korrekciók MSZ EN ISO 10456 szerint
- ✓ U érték számítás MSZ EN ISO 6946 szerint
- ✓ beépített hőhídkatalógus MSZ EN ISO 14683
- ✓ talajon fekvő padlók részletes sz. MSZ EN ISO 13370
- ✓ részletes ablaktervező MSZ EN ISO 10077, MSZ EN 673
- ✓ döntött síkú nyílászárók számítása ISO 15099 alapján
- ✓ benapozás vizsgálat grafikus kezelőfelülettel, valós földrajzi koordináták alapján
- ✓ rendeletben nem szereplő gépészet is megadható
- ✓ CO<sub>2</sub> emisszió meghatározása
- ✓ rendelet szerinti teljes részletes számítás AA besoroláshoz
- ✓ nyereségáramok levonása



Megújuló energia mértékének automatikus számítása, napelemek és kollektorok  
Követelményrendszerek és új besorolási kritériumok automatikus kezelése

A Fórum Média magazinok előfizetőinek  
**20% kedvezmény** az éves előfizetési díjból.

Bővebb információért és a magazin előfizetőknek járó 20% kedvezményért keresse fel a következő weboldalt, vagy olvassa be a QR kódot.

