



A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához.

A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv
TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.



Megtartandó homlokzatú lakóépületek utólagos hőszigetelése

Belső oldali hőszigetelések hő- és nedvességtechnikai méretezése

**A 2011.06.21. és a 2011.11.22. előadások bővített változata,
Kuntner Ferenc épületszigetelő szakmérnöki szakdolgozatával kiegészítve**

Dr. Kakasy László

okl. építészmérnök, egyetemi adjunktus
BME Épületszerkezet-tani Tanszék

Bakonyi Dániel

okl. építészmérnök, doktorandusz
BME Épületszerkezet-tani Tanszék

Kuntner Ferenc

okl. építészmérnök, egyetemi tanársegéd
BME Épületszerkezet-tani Tanszék



A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához.

A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv
TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.



Megtartandó homlokzatú lakóépületek utólagos hőszigetelése

Belső oldali hőszigetelések hő- és nedvességtechnikai méretezése

**A 2011.06.21. és a 2011.11.22. előadások bővített változata,
Kuntner Ferenc épületszigetelő szakmérnöki szakdolgozatával kiegészítve**

Dr. Kakasy László

okl. építészmérnök, egyetemi adjunktus
BME Épületszerkezet-tani Tanszék

Bakonyi Dániel

okl. építészmérnök, doktorandusz
BME Épületszerkezet-tani Tanszék

Kuntner Ferenc

okl. építészmérnök, egyetemi tanársegéd
BME Épületszerkezet-tani Tanszék

Az előadás szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált,
összehangolt
oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell
kidolgozása a
Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek
megvalósításához.

A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv
TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

A téma kidolgozásában résztvettek:

dr. Kakasy László egyetemi adjunktus, témavezető

Dr. Fülöp Zsuzsanna egyetemi docens

Kuntner Ferenc egyetemi tanársegéd

Bakonyi Dániel doktorandusz

okleveles építészmérnökök

valamint

Szikra Csaba tanszéki mérnök

okleveles gépészmérnök

A téma indoklása:

A városi lakóépületek jelentős hányada a XIX. század második fele és a XX. század 30-as évei között épült.

Általános jellemző: a homlokzatok díszítése, plasztikus megformálása.

Utólagos hőszigetelése nem került még napirendre az energetakarékossági intézkedések keretében.

Építészeti arculat megtartása: hőszigetelés a belső oldalon

Fenntartások:

- szerkezeten kialakuló nedveségtechnikai problémák,
- a hőtároló tömeg elvesztése,
- a belső terek méretének csökkenése

Különböző gyártók műszaki megoldásai:

- független értékelésük nem publikus

Az érvényes szabályozás (7/2006 (V.24.) TNM rendelet) nem tesz különbséget régi és új épület között korszerűsítés alatt.



A vizsgált mintaépület:



Budapest, VI, Nagymező utca 25.

Épült: 1893

Építész tervező: Schumann Antal

Építtető: Karfunkel Salamon

Jelenleg fővárosi egyedi védelem alatt áll



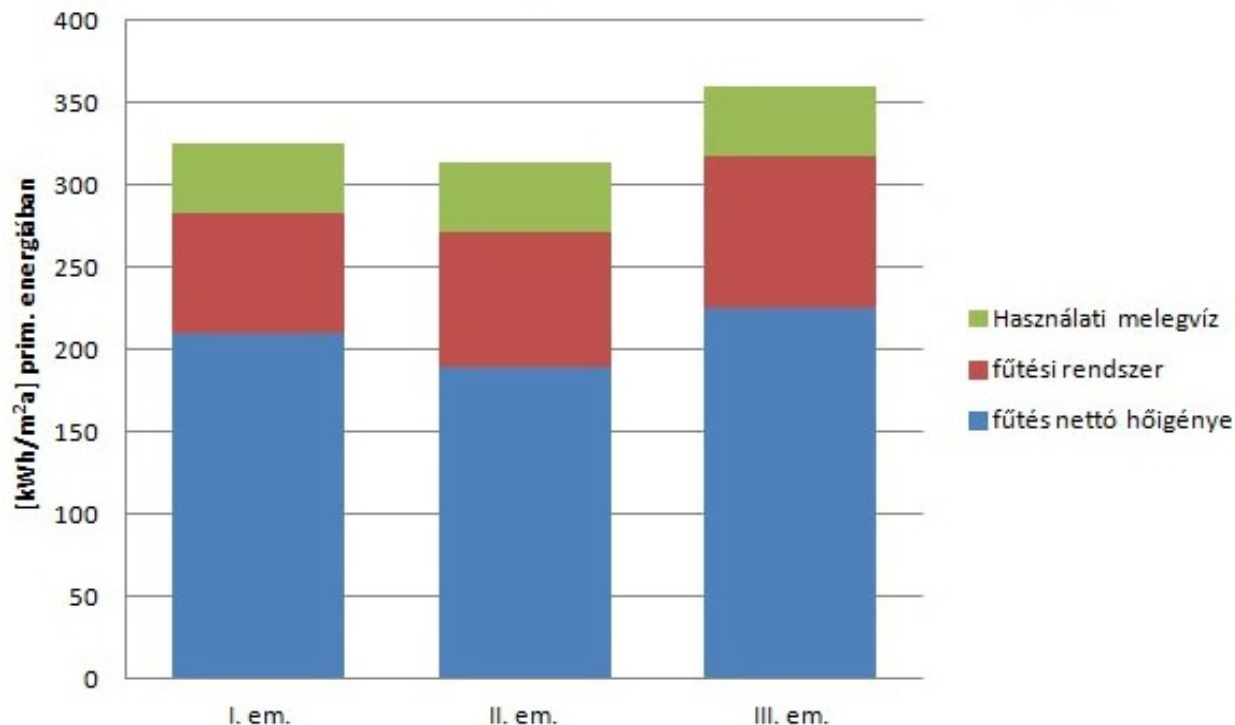
A vizsgált mintaépület jellemző hőátbocsátási tényezői:

Pozíció	Szerkezet	U [W/m ² K]	7/2006.(V.24.) TNM rendelet
Külső fal	Tömör téгла 44-74 cm 2v	1,29...0,87	0,45
Pincefödém	Donga boltozat / Poroszsüveg b. +feltölt. +padló	0,88...0,90	0,50
Padlásfödém	Csapos gerendafödém	0,78...0,85	0,30
Ablakok	Kapcsolt gerébtokos 2ü	2,05...2,35	1,60
Légudvarok fala	Féltéglafal	2,47	0,45
Légudvarok ablaka	Egyszeres gerébtok 1ü	5,2	1,60

ÖSSZESÍTETT ENERGETIKAI MUTATÓ „H”

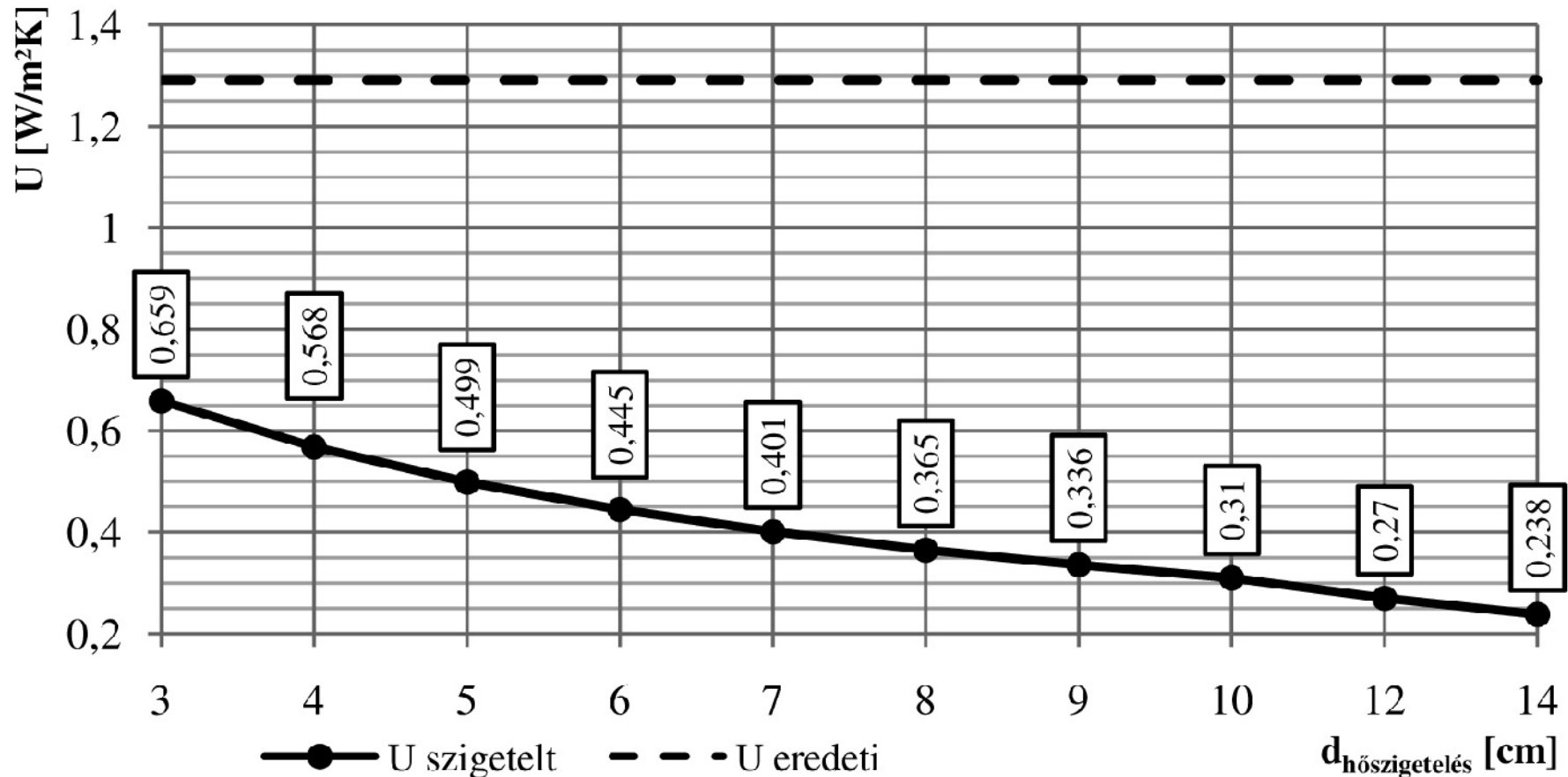


Összesített energetikai mutató - 3-as lakásalaprajz



- kombi cirkó
90/70°C
- kétcsöves,
radiátoros
- szobatermosztát
- kazán a fűtött
térben
- állandó
283-308%
ford.szivattyú
- átfolyós rendszerű
HMV

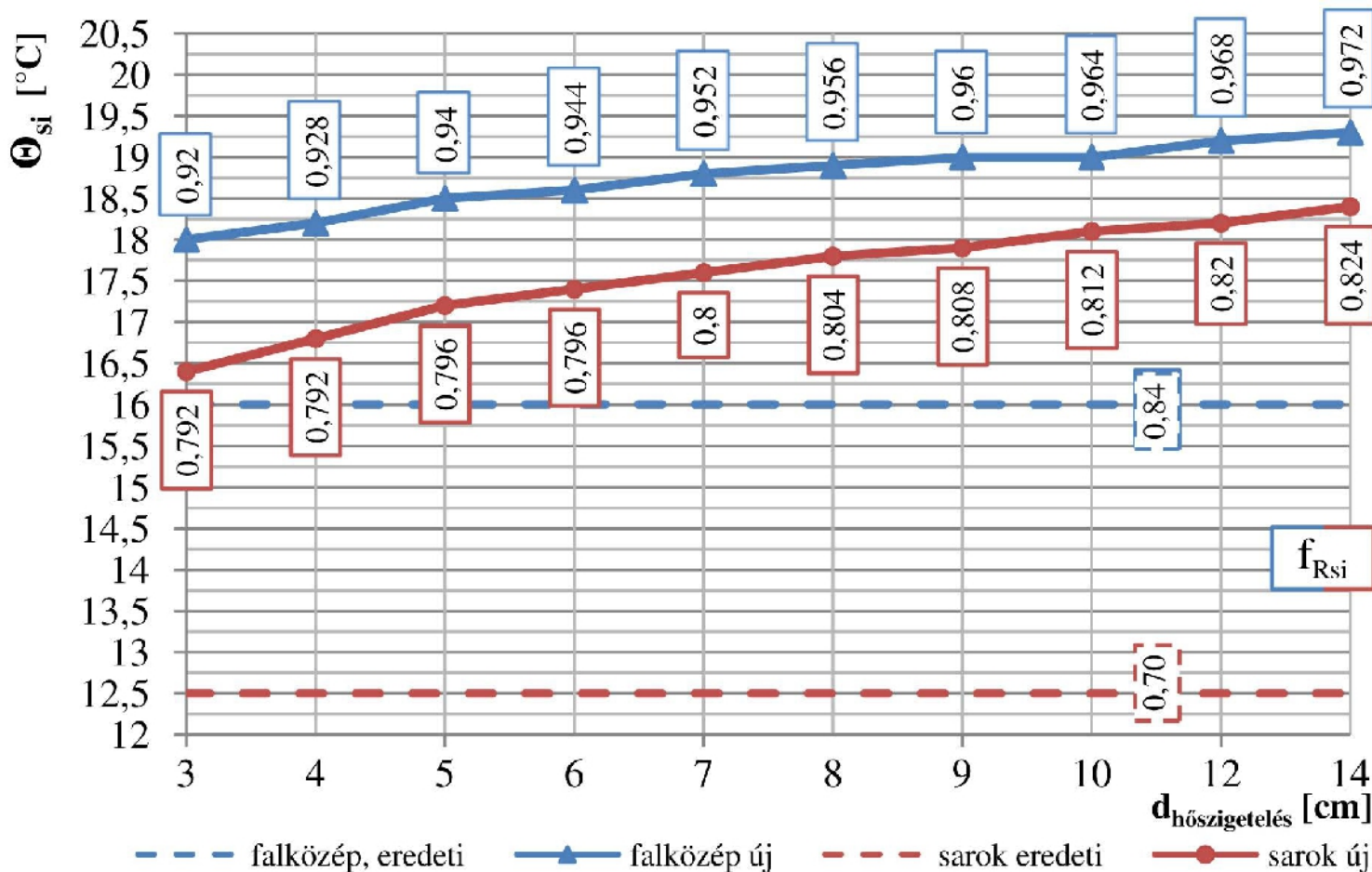
44 cm vtg. tömör téglá falszerkezet hőátbocsátási tényezőjének alakulása belső oldali hőszigeteléssel



$$\lambda_d = 0,040 \text{ W/mK}$$

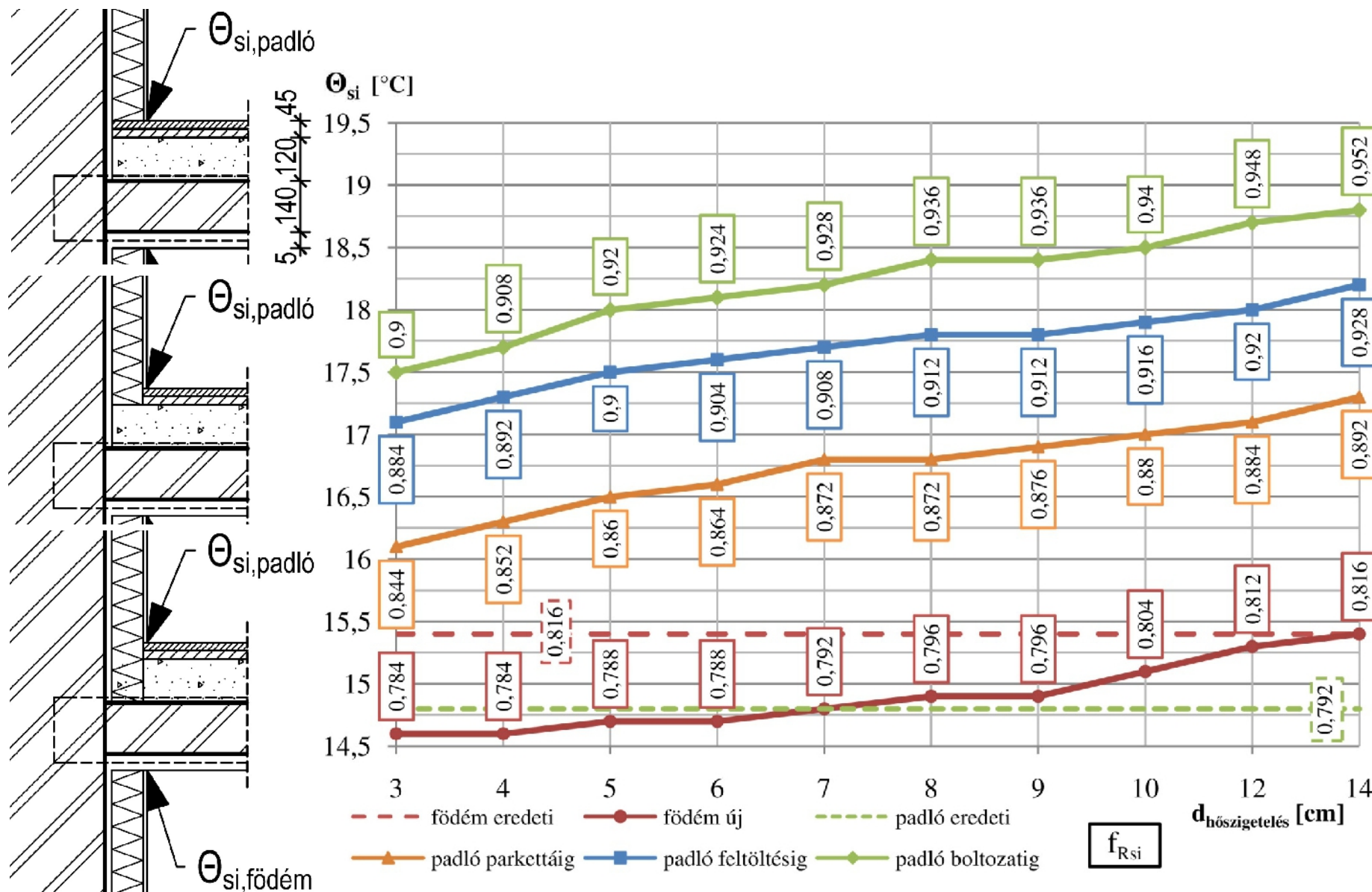
44 cm vtg. tömör téгла falszerkezet belső oldali hőszigetelése. Saját léptékben mért hőmérséklet sarokban és falközépen

$$\lambda_d = 0,040 \text{ W/mK}$$

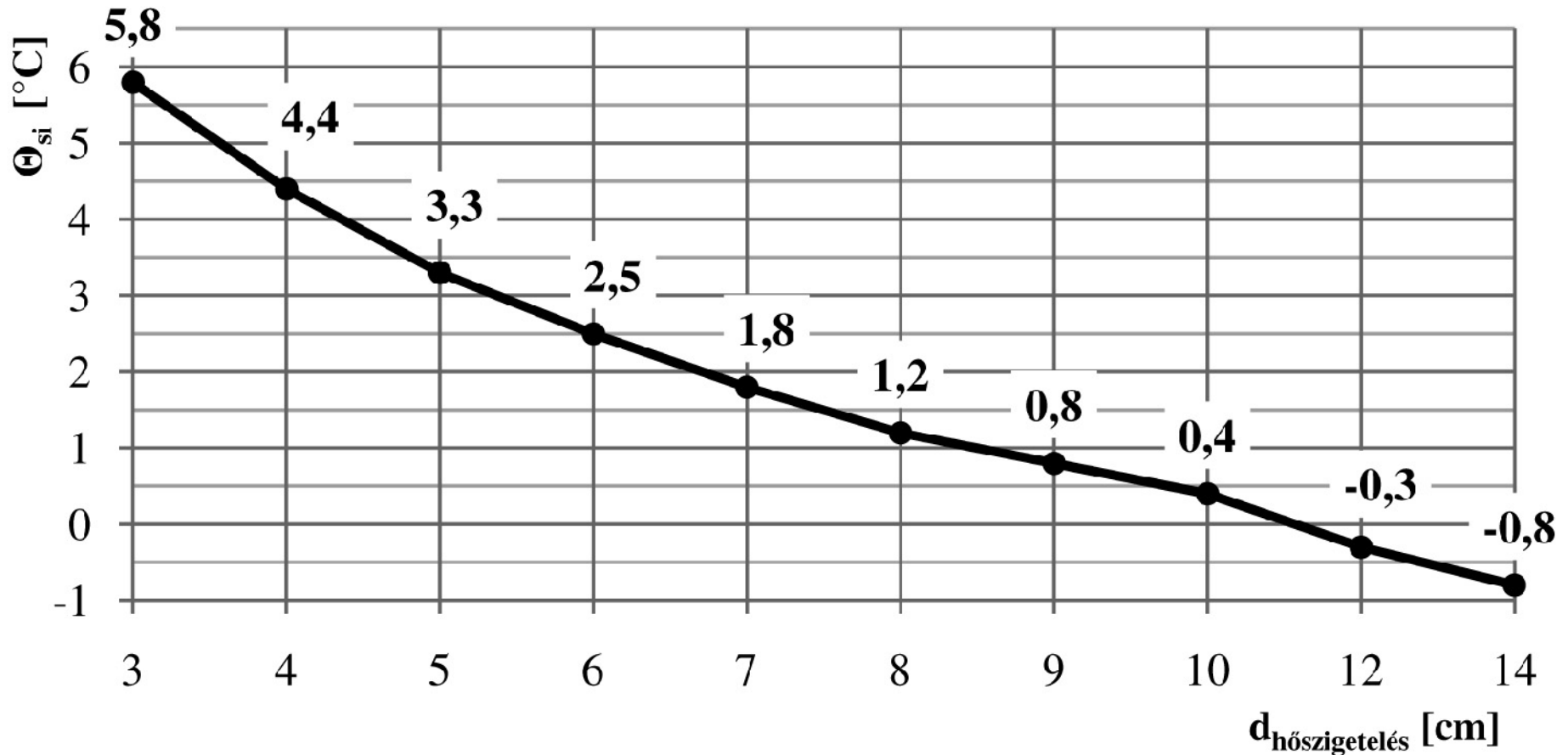


Kuntner F. szakdolgozatából

Födémcsatlakozás hőtechnikai számításai

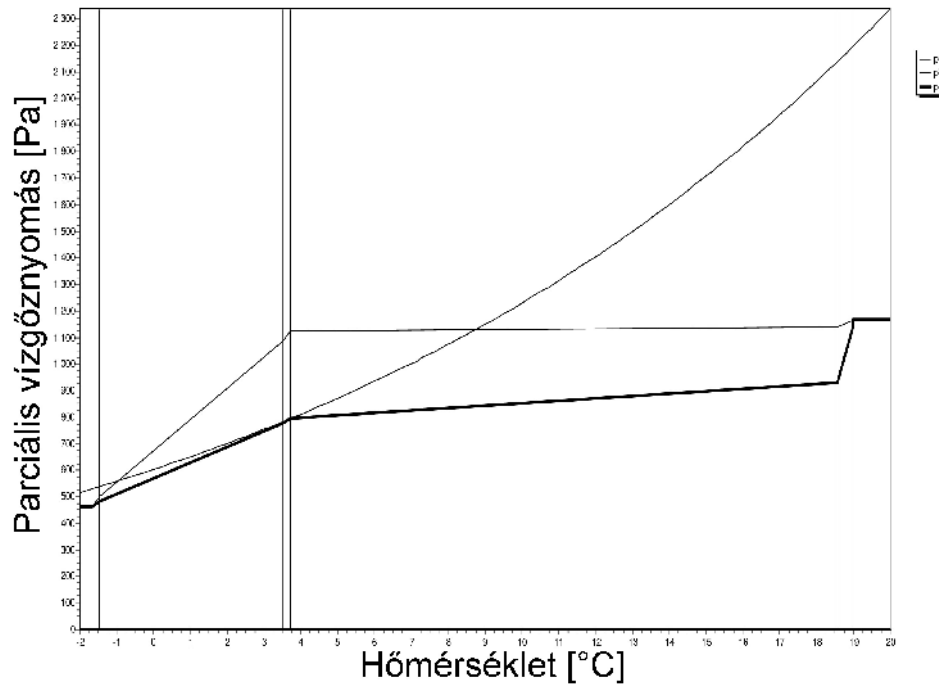


A falfelület hőmérséklete a belső oldali hőszigetelés mögött



A belső oldali hőszigetelés mértékét állagvédelmi korlátok kötik!

Nedveségtechnikai méretezés – „Glaser módszer”



-Páratechnikai ellenőrzé az MSZ 04-140-2 alapján
(vagy MSZ-EN-ISO 13788: „Euro-Glaser”)

-”a szerkezetet alkotó anyagok nedvességtartalma
üzemszerű viszonyok mellett a megengedett
nedvességtartalom értéke alatt maradjon”

Fizikai modell:

hő: - hőáramlás csak hővezetéssel
- stacioner állapot
- az anyagok hővezetési tényezője a
nedvességtartalomtól független

nedvesség: - nedvességtranszport csak páradiffúzió útján
- kvázi stacioner állapot
- az anyagok páradiffúziós ellenállása a
nedvességtartalomtól független
- a lecsapódó nedvesség az adott
rétegben marad

Nedveségtechnikai méretezés – numerikus szimulációk

Valós fizikai folyamatok*
kapillárporózus építőanyagokban

Hőegyensúly:

$$\frac{dH}{d\vartheta} \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x \frac{\partial \vartheta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial \vartheta}{\partial y} \right) + h_v \frac{\partial}{\partial x} \left(\delta_{px} \frac{\partial \varphi_{sat}}{\partial x} \right) + h_v \frac{\partial}{\partial y} \left(\delta_{py} \frac{\partial \varphi_{sat}}{\partial y} \right)$$

Nedvesség egyensúly:

$$\frac{dw}{d\varphi} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{\varphi x} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \delta_{px} \frac{\partial \varphi_{sat}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_{\varphi y} \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \delta_{py} \frac{\partial \varphi_{sat}}{\partial y} \right)$$

	transzport mechanizmus	kiváltó potenciál
hőtranszport:	-hővezetés -hőszugárzás -légáramlás -hőtartalom-áramlás nedvességvándorlással	hőmérséklet hőmérséklet a negyedik hatványon légnyomáskülönbség páradiffúzió + fázisváltás folyékony nedvességáramlás
páratranszport:	-páradiffúzió -konvekció -oldódásos diffúzió -molekuláris diffúzió	párányomás (hőmérséklet) légnyomáskülönbség párányomás párányomás
nedvesség tr.:	-kapilláris vezetés -felületi diffúzió -gravitációs áramlás -hidraulikus áramlás -elektrokinézis -ozmózis	kapilláris nyomás különbség relatív páratartalom helyzeti energia nyomáskülönbség elektromos potenciál ionkoncentráció különbség



WUFI

(Wärme und Feuchte Instacioner)



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN



(Simulationsprogramm für den gekoppelten Wärme-, Luft-, Feuchte-, Schadstoff- und Salztransport)

*Künzel, H.M., Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten, doktori disszertáció, 1994

Nedveségtechnikai méretezés – numerikus szimuláció

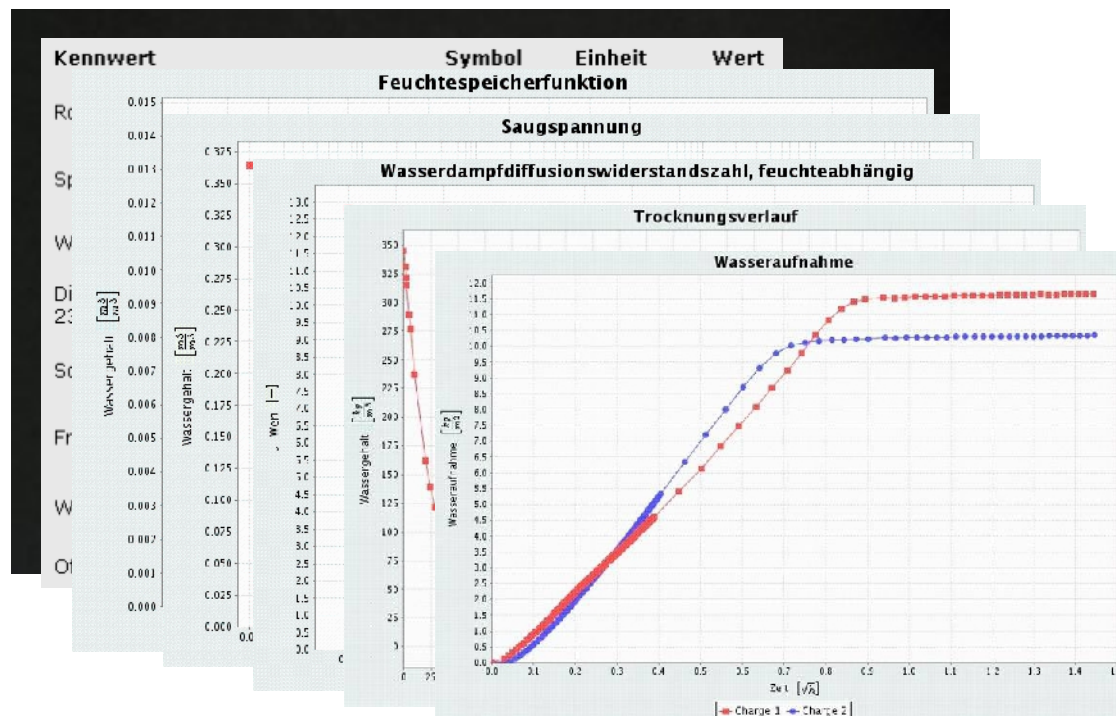
Szükséges anyagjellemzők:

hőtechnikai:

- sűrűség
- fajhő
- nedvességtartalom függő hővezetési tényező

nedvességtechnikai:

- porozitás [m^3/m^3]
- nedvességtartalom függő páradiff. ellenállási szám [-]
- nedvességtartalom függvény (szorpciós izoterma a kapilláris zónával kiegészítve)
- nedvességvezetési együttható a nedvességtartalom függvényében (vízfelszívás) [m^2/s]
- nedvességvezetési együttható a nedvességtartalom függvényében (továbbvezetés) [m^2/s]



Bundesministerie für
Schulung und Forschung

Építőanyag adatban
Higrtotermikus szimulációkhoz

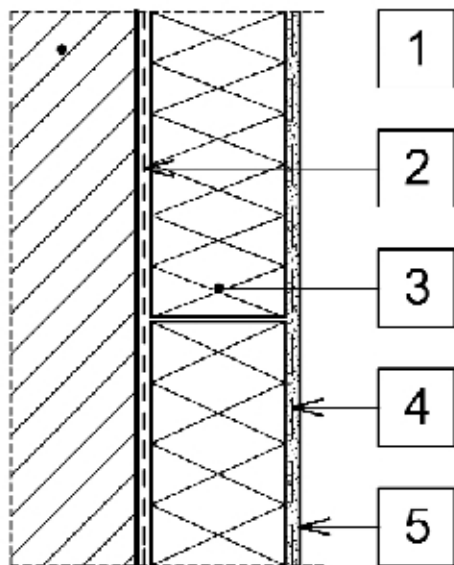
http://www.irb.fraunhofer.de/denkmalpflege/angebote_partner/masea/

Belső oldali hőszigetelések csoportosítása

- 1. Teljesen páratömör**
- 2. Építőlemezzel társított**
- 3. Szerelt, réteges**
- 4. Kapilláraktív, diffúziónyitott**



1. Teljesen páratömör hőszigetelő rendszer



1. ábra

Habüveg hőszigetelés vakolt felülettel

1-falazat; 2-kellőítés; 3-habüveg tábla teljes felületű bitumenes hidegragasztóval ragasztva; 4-alapozóréteg erősítő hálójával; 5-fedővakolat

Fontos:

Nem éghető anyagú (A1), tökéletesen pára- és légzáró anyag 66%-ban újra hasznosított üvegből. A hőszigetelő lapok hézagait teljes keresztmetszetben töltsse ki a bitumenes ragasztó anyag.

A csatlakozásoknál se jusson levegő, vagy pára a hőszigetelés mögé.

A falba kívülről bejutó csapadék, vagy felszívódó talajnedvesség csak kifelé tud eltávozni.

Javasolt a homlokzat egyidejű javítása, hidrofobizálása.

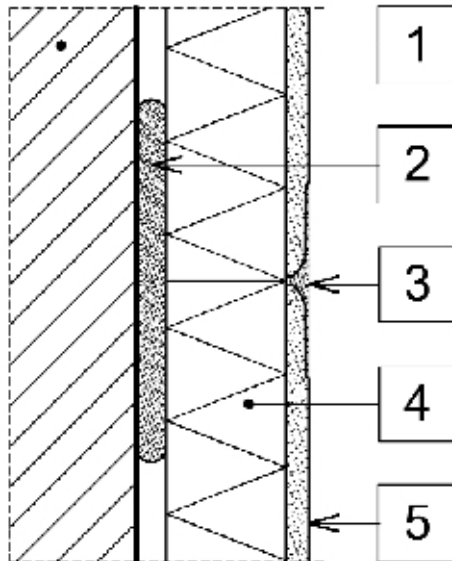
Csak megfelelően vízszigetelt fal esetén használható.

2,5 m magasságig elég a ragasztás, ha vakolt.

Nagyobb magasságnál, illetve burkolt felületnél 2 db/m² mechanikai rögzítés is kell.

ábra: Bakonyi D., Kuntner F.: Megtartandó homlokzatú...(Építési Megoldások 3.2012.)

2. Építőlemezzel társított hőszigetelő rendszer



2. ábra

Falazat építőlemezzel társított hőszigeteléssel

1-falazat; 2-ragasztó; 3-hézag erősítő sáv; 4+5 – hőszigetelés

építőlemezzel gyárilag összeépítve

Fontos:

A műanyag hőszigetelő habokkal társított rendszerek alkalmazásának kisebb a kockázata, mint a szálas hőszigeteléssel társítottaké.

Az építőlemez folytonosságának, légtömörségének meghatározó jelentősége van abban, hogy ne juthasson levegő, illetve pára a hőszigetelés mögé. A konvektív áramokat mindenképpen meg kell akadályozni.

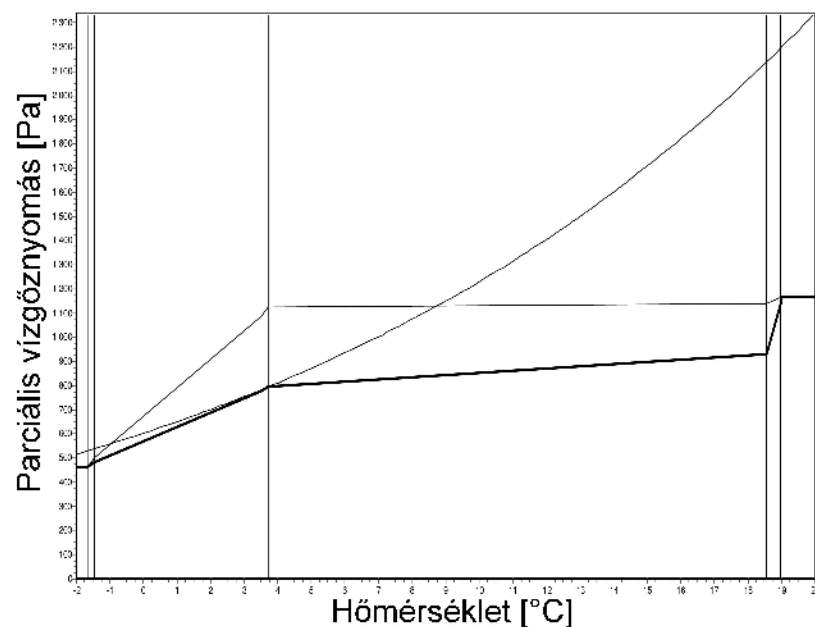
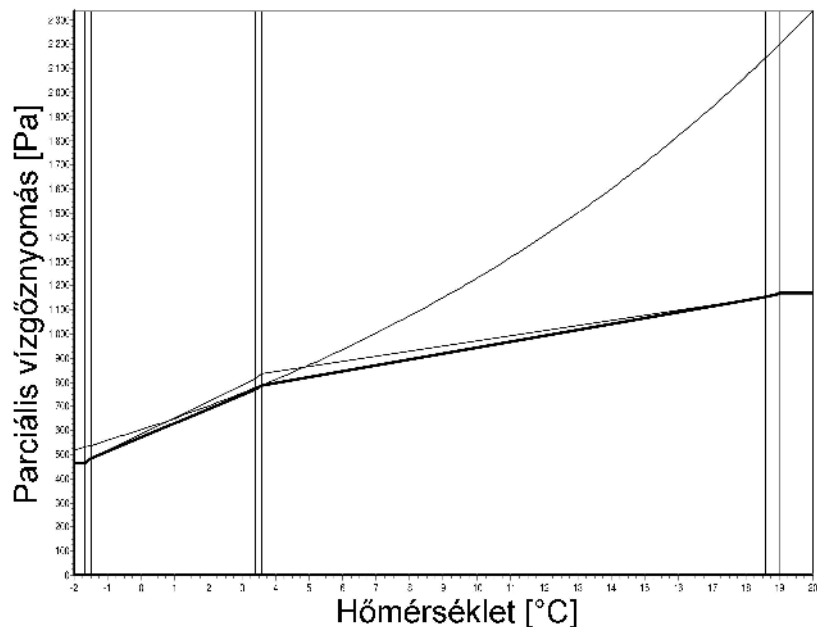
A hőszigetelő táblákat a kerületük mentén folytonos ragasztó sávval kell rögzíteni.

A hőszigetelő elemek hézagaiba nem kerülhet ragasztó. Az elemek csatlakozását tömíteni kell.

ábra: Bakonyi D., Kuntner F.: Megtartandó homlokzatú...(Építési Megoldások 3.2012.)

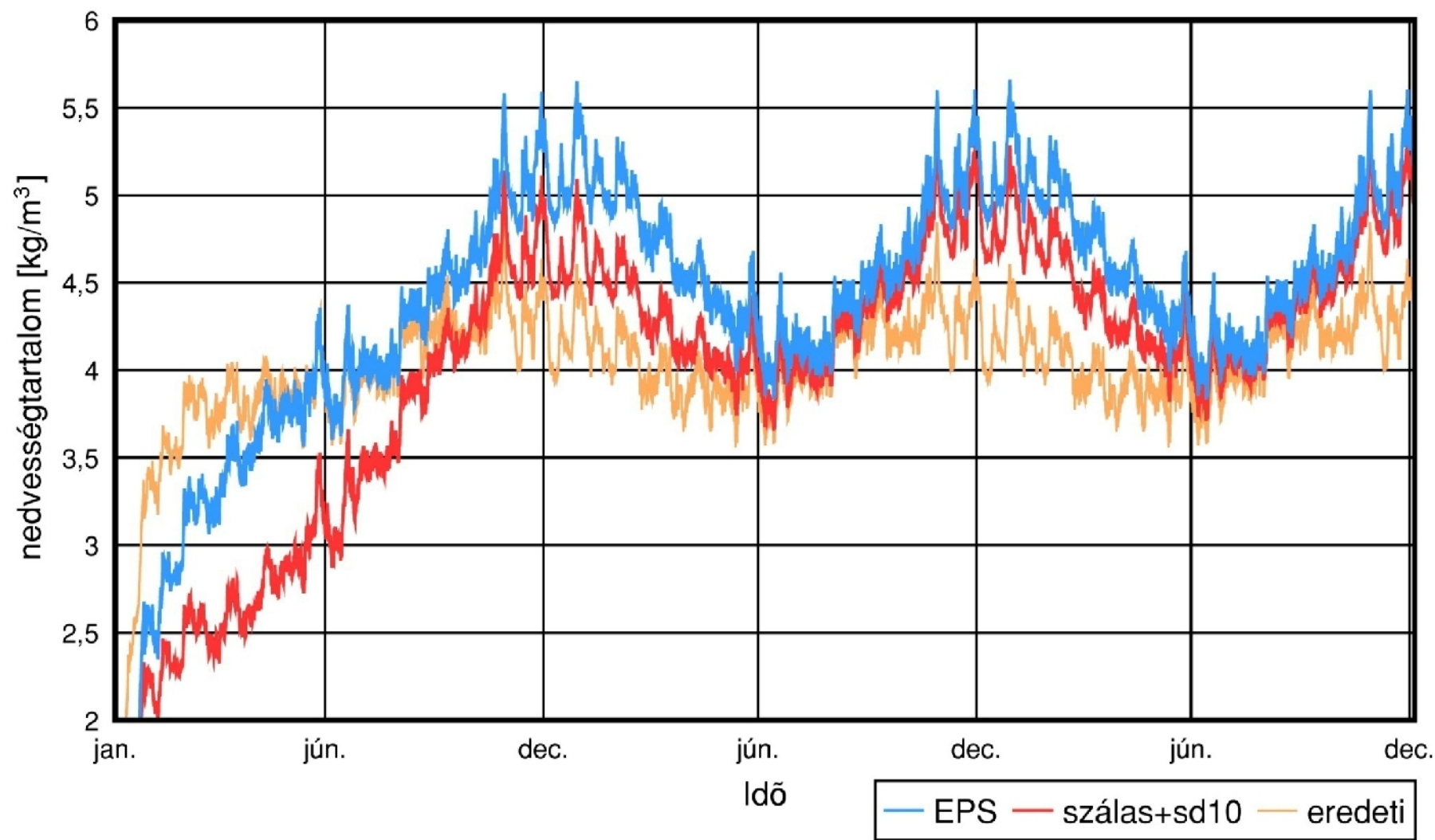
2. Építőlemezzel társított hőszigetelő rendszer

Páradiffúzió számítása stacioner viszonyokat feltételezve – Glaser módszer
Winwatt program

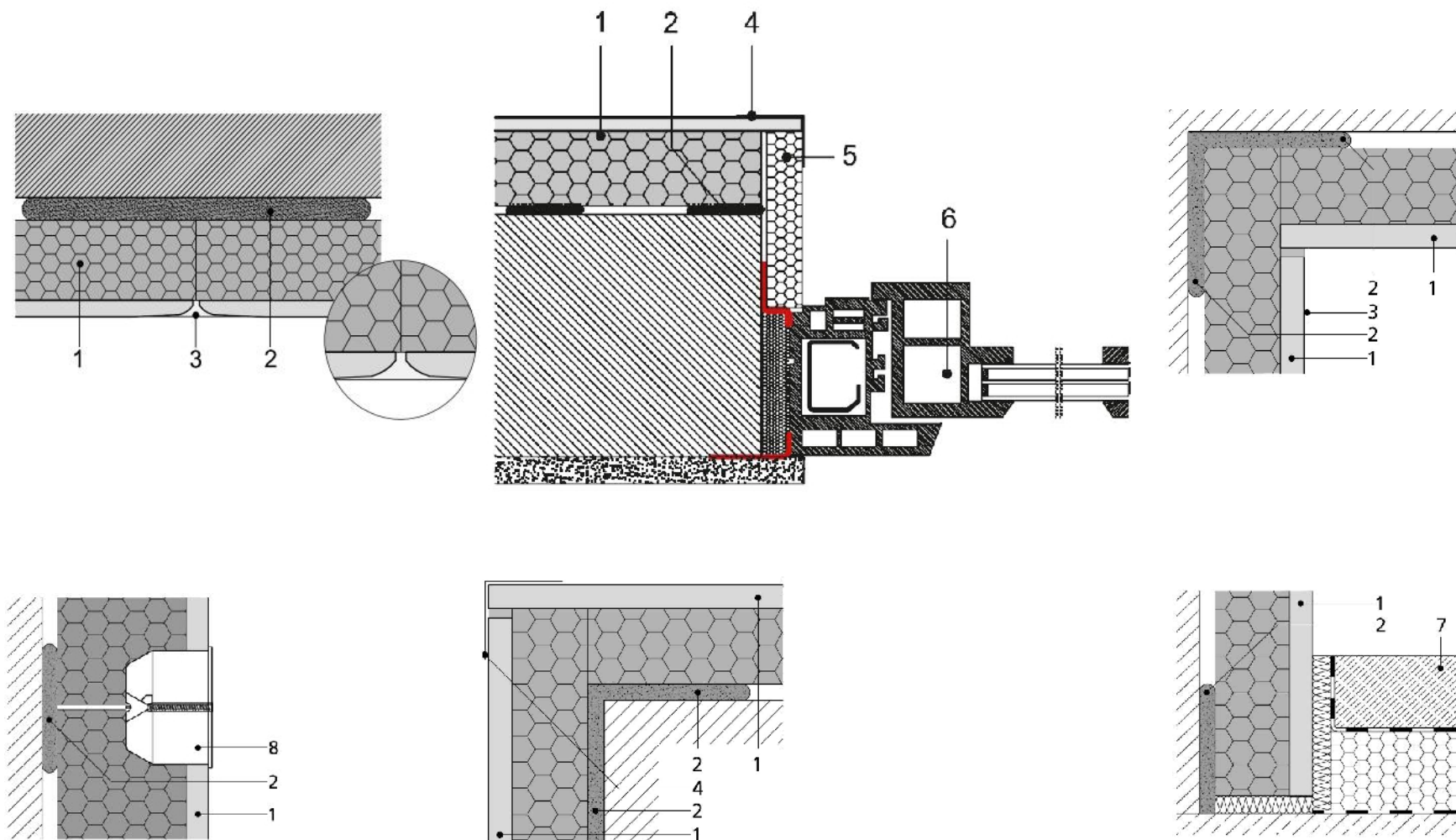


6 cm vtg. polisztirolhab, illetőleg ásványiszálas hőszigeteléssel társított építőlemez

Nedvességtartalom a teljes falszerkezetben



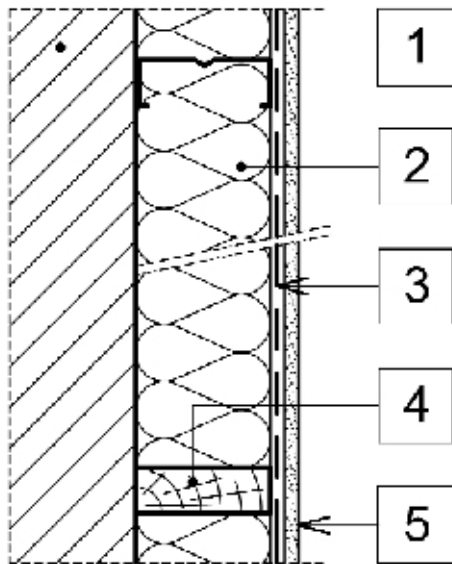
2. Építőlemezzel társított hőszigetelő rendszer



Kuntner F. szakdolgozatából



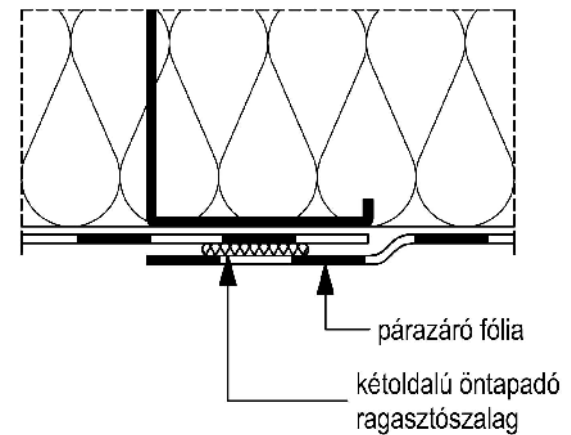
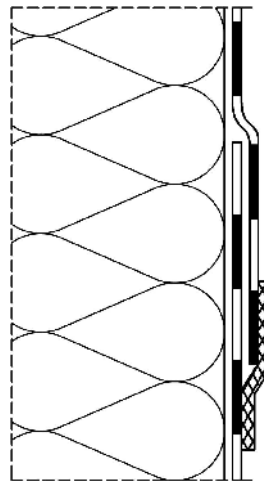
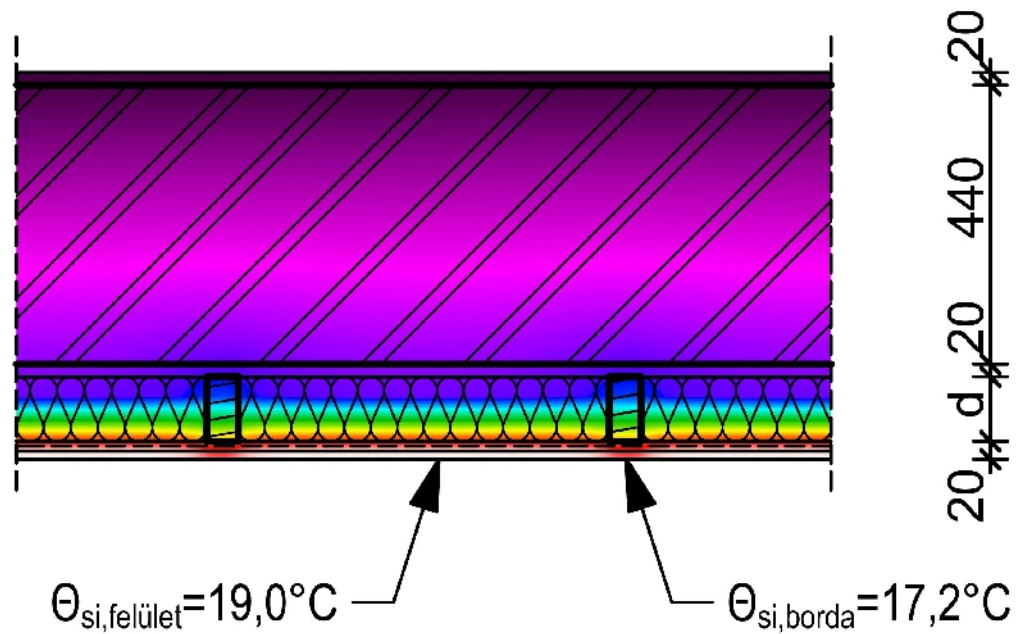
3. Szerelt, réteges



3. ábra

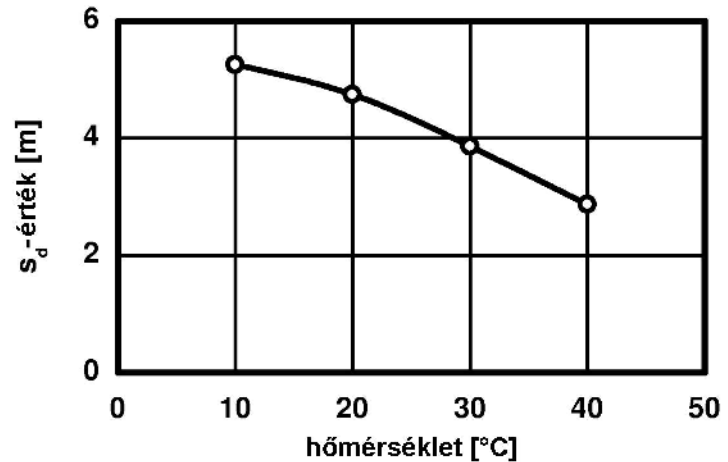
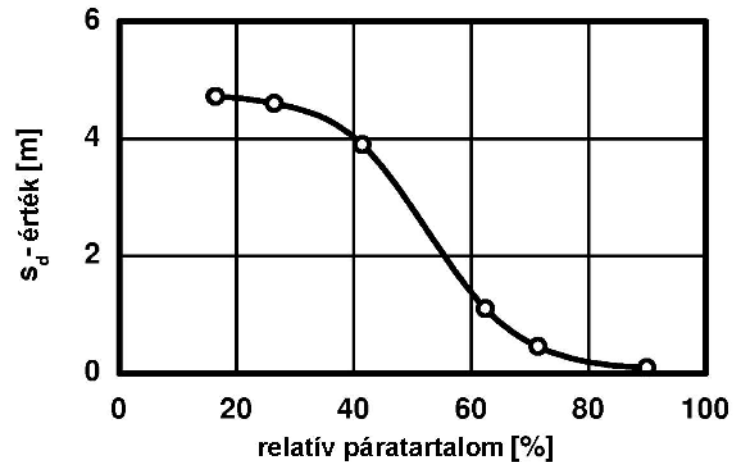
Régeesen szerelt belső oldali hőszigetelés

1-falazat; 2-hőszigetelés; 3-párafékező réteg; 4-bordaváz; 5-építőlemez burkolat



Kuntner F. szakdolgozatából

3. Szerelt, réteges

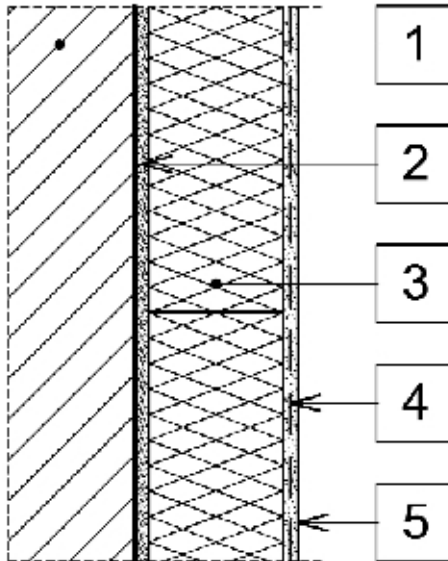


A magas s_d érték gátolja a kiszáradást, ezért célszerű 2-5 közötti, változó ellenállású fóliát alkalmazni.

A légtömörség és a páravédelmi réteg folytonossága alapvető fontosságú.

Kuntner F. szakdolgozatából

4. Kapilláraktív, diffúziónyitott hőszigetelő rendszer



Fontos:

Teljes felületű ragasztás, rendszeranyaggal.

A ragasztás alatt nem maradhat párafékező, vagy gátló festék, vagy bevonat a falon.

A nedvesség átmeneti tárolásában a hőszigetelés kapillárisai is részt vesznek.

A homlokzatot érő csapadékhatás kiszáradását nem gátolja.

4. ábra

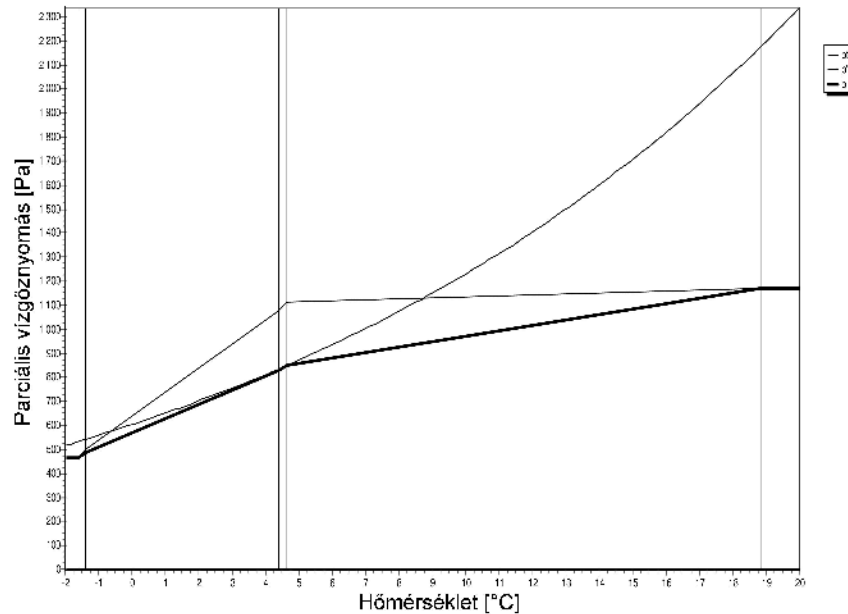
Kapilláraktív hőszigetelő rendszer

1-falazat; 2-teljes felületű ragasztó; 3-hőszigetelés; 4-erősítő háló

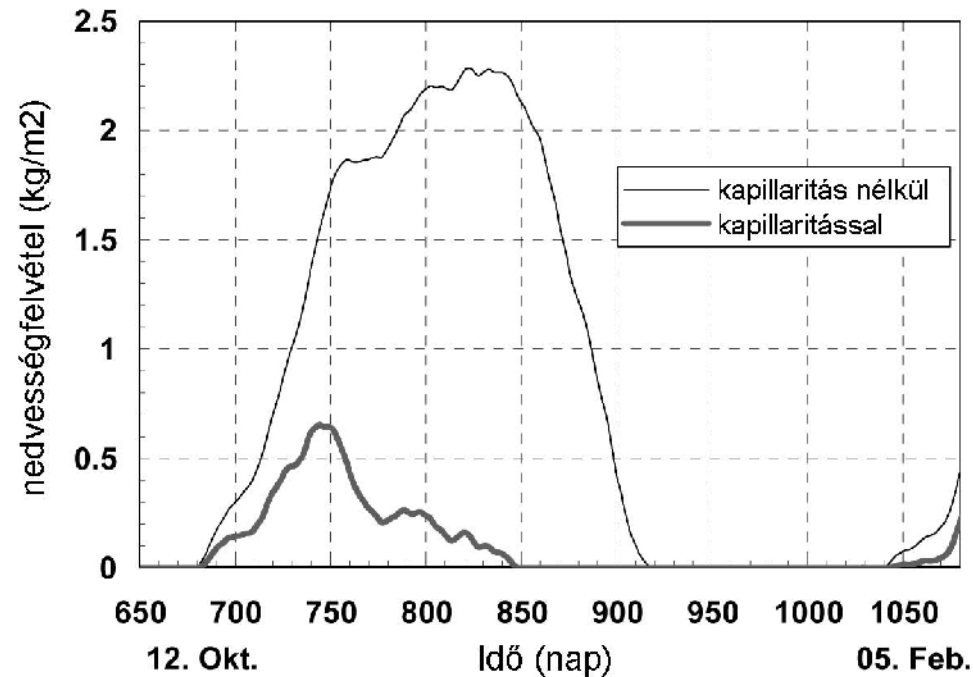
vakolatba ágyazva; 5-vakolat

ábra: Bakonyi D., Kuntner F.: Megtartandó homlokzatú...(Építési Megoldások 3.2012.)

4. Kapilláráktív, diffúziónyitott hőszigetelő rendszer



Páradiffúzió stacioner számítással

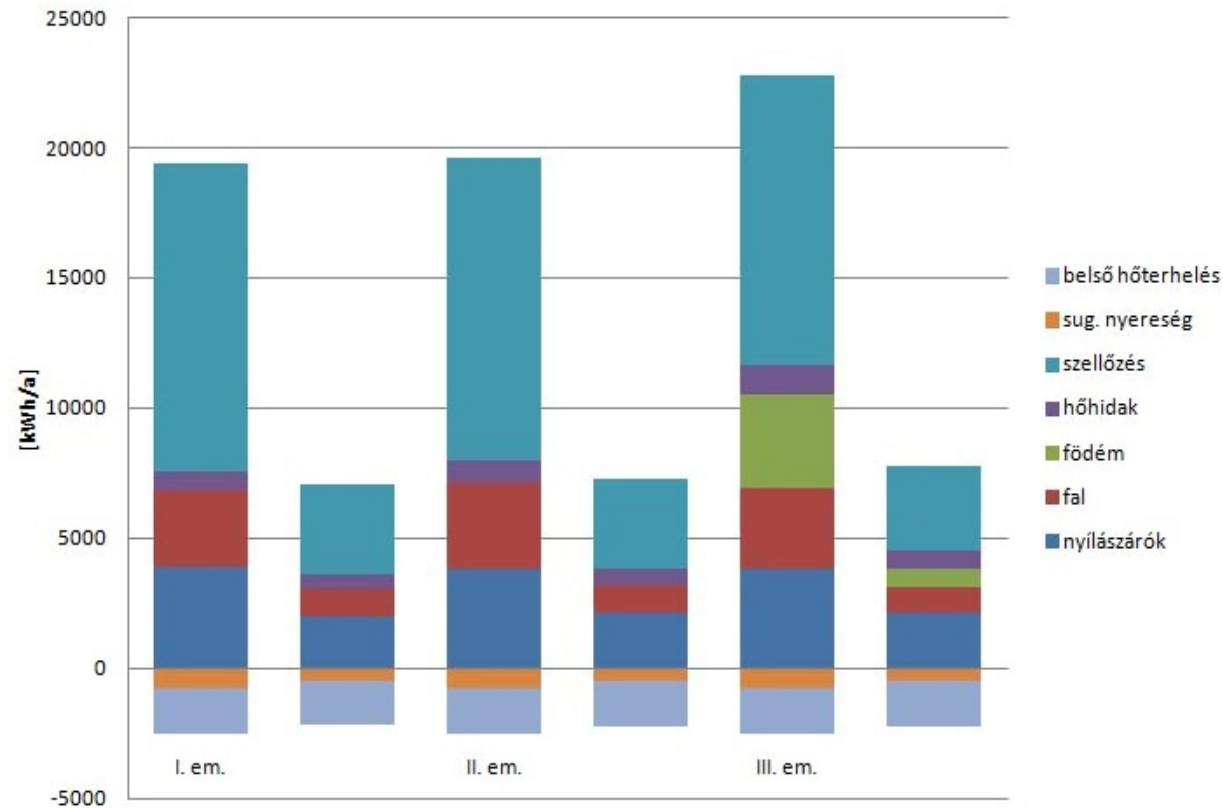


Nedvességfelvétel instacioner szimulációval. A kapillaritás jelentősége.

Kuntner F. szakdolgozatából

A SZERKEZETI BEAVATKOZÁSOK EREDMÉNYE

Nettó fűtési hőigény összetevői - 3-as lakáslaprajz
szigetelés és ablakfelújítás előtt és után

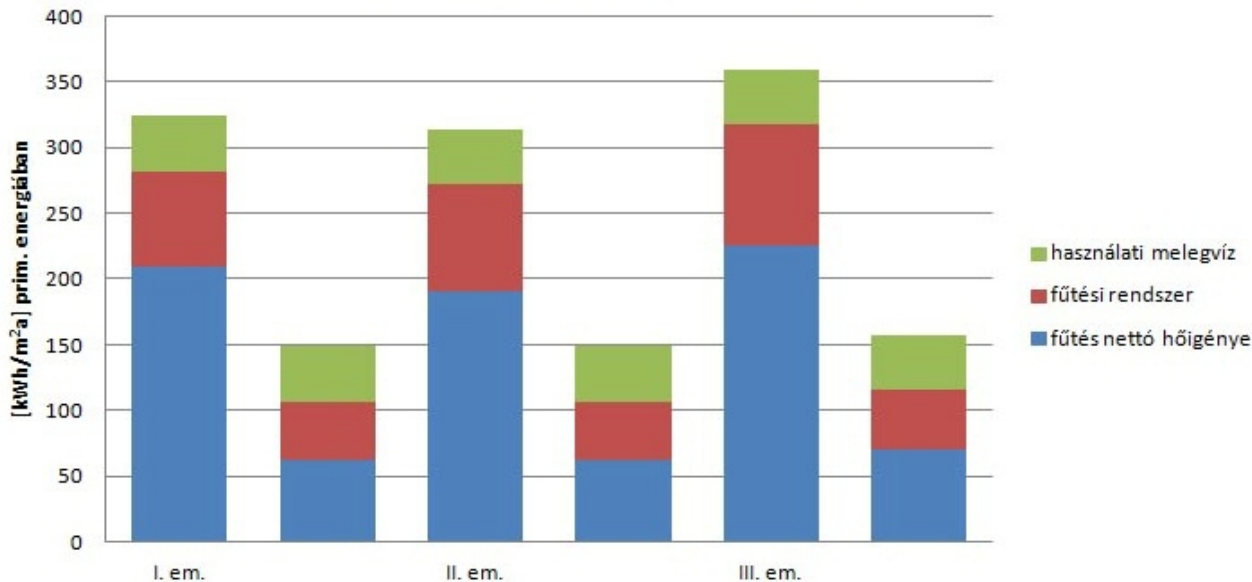


- 6 cm belső hőszigetelés ($\lambda=0,04 \text{ W/mK}$)
- 20 cm padlásfödémre hőszigetelés ($\lambda=0,04 \text{ W/mK}$)
- ablakokba „historiglas” + tömítőprofilok
- légtömörség növelése $0,5 \times$
- légcsere

ÖSSZESÍTETT ENERGETIKAI MUTATÓ

„E” „D”

Összesített energetikai mutató - 3-as lakásalaprajz
szigetelés és ablakfelújítás előtt és után



Gépészeti felújítással:

- kondenzációs kombi gázkazánnal 55/45°C,
- radiátorok megtartásával
- termosztatikus szelepekkel, változó fordulatszámú szivattyúval
- átfolyó rendszerű HMV

103-105%

„Eredeti” gépészettel:

- kombi cirkó 90/70°C
- kétcsöves, radiátoros
- szobatermosztát
- kazán a fűtött térben
- állandó ford.szivattyú
- átfolyós rendszerű HMV

133-135%



TANULSÁGOK

A belső oldali hőszigetelés nem cél, de egy lehetséges műszaki kompromisszum.

Minden esetben részletes épületdiagnosztikai vizsgálatokon alapuló épületfizikai számítások kell megelőzzék a konkrét kiviteli tervet.

Az egyszerűsített számítások alkalmazása félrevezető eredményekhez vezethet.

A szerkezetben lejátszódó fizikai folyamatok modellezése számítógépes programok segítségével, számos műszaki adat ismeretében lehetséges.

Hőhídkatalógus és higrotermikus katalógus egyszerűsítheti a munkát analógiák bemutatásával, de az épületek kiinduló állapotának megismerésétől nem mentesíthet.

Az elérhető energia megtakarítás az állagvédelem oldaláról korlátozott mértékű. Az épületek energetikai besorolása jelentősen javítható.
(cca. H-ból C-be, geometria és gépészet függvényében)

Hőhídkatalógus, higrotermikus katalógus



A hőhídkatalógus és a higrotermikus katalógus
közel 400 oldalas anyagát készítették:

Bakonyi Dániel doktorandusz

Kuntner Ferenc egyetemi tanársegéd, épületszigetelő szakmérnök

Kuntner Ferenc szakdolgozata:

Megtartandó homlokzatú épületek belső oldali hőszigetelésének
lehetőségei és korlátai, 2011. (konzulens: Kakasy László)

A kutatással kapcsolatban született publikációk:

Bakonyi Dániel, Becker Gábor

A gerébtokos ablakok cseréjének épületfizikai következményei.
MAGYAR ÉPÍTŐIPAR LX.:(6) pp. 223-226. (2010)

Bakonyi Dániel, Becker Gábor

Kapcsolt gerébtokos ablakok hőátbocsátási tényezője a beépítés és a határoló szerkezetek figyelembevételével.

In: Horváth S, Pataky R (szerk.)

II. Épületszerkezet-tani konferencia: Épület- és szerkezetfelújítás.

Budapest, Magyarország, 2011.11.22. BME Épületszerkezet-tani Tanszék,
pp. 10-18. Paper 3. (ISBN: 978-963-313-043-8)

Kakasy László

Megtartandó homlokzatú lakóépületek energiaracionalizálása

In: Horváth S., Pataky R. (szerk.)

II. Épületszerkezet-tani konferencia: Épület- és szerkezetfelújítás.

Budapest, Magyarország, 2011.11.22. BME Épületszerkezet-tani Tanszék,
pp. 32-39. Paper 3. (ISBN: 978-963-313-043-8)

Kuntner Ferenc

Lehetőségek és korlátok a belső oldali hőszigetelésben.

MAGYAR ÉPÍTÉSTECHNIKA 49:(11-12) pp. 32-35. (2011)

Kakasy László

A századforduló megtartandó homlokzatú lakóépületeinek energiaracionalizálása
MAGYAR ÉPÍTŐIPAR LXII.:(2) pp. 52-58. (2012.)

A kutatással kapcsolatban született publikációk:

Bakonyi Dániel, Kuntner Ferenc

Belső oldali hőszigetelések tervezése I.: Történeti áttekintés és problématérkép.

MAGYAR ÉPÍTŐIPAR LXII:(1) pp. 30-33. (2012)

Bakonyi Dániel, Kuntner Ferenc

Megtartandó homlokzatú épületek utólagos hőszigetelésének lehetőségei.

ÉPÍTÉSI MEGOLDÁSOK 3:(1) pp. 10-13. (2012)

Kakasy László, Bakonyi Dániel

Belső oldali hőszigetelések- lehetőségek és korlátok.

MAGYAR ÉPÍTÉSTECHNIKA 2-3: pp. 40-42. (2012)

Folyóiratcikk/Szakcikk/Tudományos

Bakonyi Dániel, Kakasy László

Vasbeton erkélylemez utólagos hőszigetelése.

MAGYAR ÉPÍTÉSTECHNIKA 50:(12) pp. 34-37. (2012)

Kuntner Ferenc

Möglichkeiten und Grenzen der Innendämmung im Altbausubstanz.

Defects and Renovation of Building Envelope konferencia Podbanske, Szlovákia,

2011.04.13-15. pp.57-62. (ISBN 978-80-553-0651-3) konferencia kiadványcikk, nyelv: német

Kuntner Ferenc:

Wärmetechnische Beziehungen der Innendämmungen.

Solution of Green Roof Structures in V4 Countries. Podbanske, Szlovákia,

2012.03.07-09. pp.57-62. (ISBN 978-80-553-0651-3) konferencia kiadványcikk, nyelv: német