

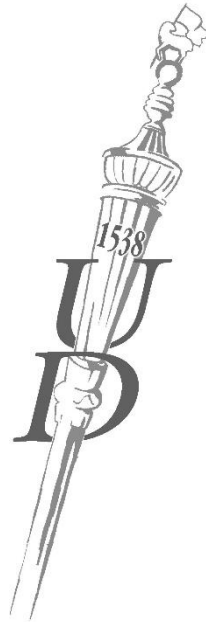
**Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei**

**ÉPÜLETEK NYÁRI HŐTERHELÉSÉNEK ENERGETIKAI VIZSGÁLATA**

**ENERGY ANALYSIS OF BUILDING'S SUMMER HEAT LOADS**

Csáky Imre

Témavezető: Dr. Kalmár Ferenc



DEBRECENI EGYETEM  
Földtudományi Doktori Iskola  
Debrecen, 2015



## 1. Bevezetés

Ma a Magyarországon felhasznált összes energia közel 40 százalékát az épületeinkben használjuk el, melynek mintegy kétharmada a fűtést és hűtést szolgálja. A megközelítőleg 4,3 millió lakást kitevő állomány kb.70 százaléka nem felel meg a korszerű funkcionális műszaki, illetve hőtechnikai követelményeknek, az arány a középületek esetében is hasonló.

Az elmúlt években az európai országokban nőtt a légkondicionáló rendszerek száma. Ez a csúcsterhelési időszakokban jelentős problémákat okoz, növelve a villamosenergia-költségeket és felborítva az energiaegyensúlyt ezekben az országokban. Elsőbbséget kell biztosítani azoknak a stratégiáknak, amelyek a nyári időszakban fokozzák az épületek hőszabályozó teljesítményét. E célból előtérbe kell helyezni a túlmelegedést megelőző intézkedéseket, például az árnyékolást és az épületszerkezet szükséges hőkapacitásának biztosítását, valamint a passzív – elsősorban a beltéri klimatikus körülményeket és az épület körüli mikroklímát javító – hűtési technológiák további fejlesztését és alkalmazását.

A Johnson-Controls a villamosenergia-ellátó hálózat szabályozásának különböző lehetőségeit vizsgálta 2014-ben, azzal a céllal, hogy az év folyamán 50-100% között ingadozó energiaigényeket biztonságosan ki lehessen elégíteni.

A villamosenergia-ellátó rendszer nyári túlterhelésével kapcsolatban Reedy 1990-ben publikálta azt a tanulmányát, melyben javaslatot tesz az épületek hőtároló tömegének intelligens alkalmazására annak érdekében, hogy minimalizálja a légkondicionáló berendezések energiaigényét.

A villamosenergia hálózat nyári időszakokban történő túlterhelése mellett figyelembe kell venni azt a tényt, hogy a felhasznált villamosenergia előállítása nagyrészt fosszilis energiahordozók felhasználásával történik.

Az épületek hűtésénél természetesen lehetőség van a megújuló energiaforrások alkalmazására is. Ezek között említhetőek az abszorpciós és adszorpciós rendszerek.

Az abszorpciós hűtőgép működéséhez hőforrás szükséges. Ez lehet hulladékhő, de lehet geotermikus energia vagy napkollektoros rendszerrel előállított hőenergia. Ha egy településen rendelkezésre áll megfelelő hőmérsékletű termálvíz, akkor nyári időszakban a hő egy része hasznosítható lehet abszorpciós hűtőgépek üzemeltetésére. Mivel a geotermikus rendszerek esetében az energetikai célú hasznosítás jellemzően fűtési célú, a hűtési célra történő hasznosítás nagymértékben növelné az ilyen típusú rendszerek éves kihasználtsági fokát. A termálvíz hőmérséklete, összetétele, és a Magyarországon számos geotermikus rendszer esetében előforduló vízkőkiválás ezen rendszerek gazdaságosságát nagymértékben csökkenti.

Az adszorpciós hűtő hűtőközege víz, az adszorbens pedig szilikagél. Úgy az abszorpciós, mint az adszorpciós gépek segítségével a kogenerációs rendszerekből (dízelmotor, benzinmotor, gázturbina vagy üzemanyag cella) származó hulladékhő hasznosításával, trigenerációt érünk el.

Ezeknek a rendszereknek az elterjedéséhez fontos feltétel az igényekhez igazodó követelmények, az épület hőterhelésének, a hűtési teljesítményigénynek minél pontosabb ismerete.

## 2. A kutatás célkitűzései

Az épületek hűtésének energiaigényének csökkentése érdekében fogalmaztam meg a kutatási munkám célkitűzését: a nyári hőterhelését vizsgálata az épület-homlokzat tájolásának, valamint az alkalmazott építőanyagok és a légcsereszám függvényében. A munkámhoz elkészítettem egy olyan laboratóriumot, mely alkalmas a sugárzás, a hőtároló tömeg, a légcsereszám és a belső hőmérséklet kapcsolatának vizsgálatára a négy fő égtáj esetében.

A vizsgálatok fő célkitűzései:

- a vízszintes és a függőleges felületekre érkező diffúz sugárzás, valamint a vízszintes és a négy fő égtáj felé tájolt függőleges felületekre érkező direkt sugárzás értékeinek meghatározása;
- órai bontásban éves szinten meghatározni az a dőlt és a vízszintes felületet ért sugárzás és a direktsugárzás arányát;
- mérési adatok alapján megvizsgálni a hőfokgyakorosság alakulását a nyári időszakban;
- néhány építőanyag esetében elemezni a tárolt hő hatását a belső hőmérséklet alakulására, a sugárzás, illetve a légcserere hatásának kizárásával;
- a rendelkezésre álló számítási modellek segítségével, elemezni a belső hőmérséklet alakulását különböző épületszerkezetek esetében, illetve meghatározni azt a megengedhető transzparens felület méretet, amely mellett hűtés/légkondicionálás nélkül sem haladja meg a belső operatív hőmérséklet MSZ CR 1752 szabvány által előírt maximális értéket egy „B” komfortkategóriás épület esetében.

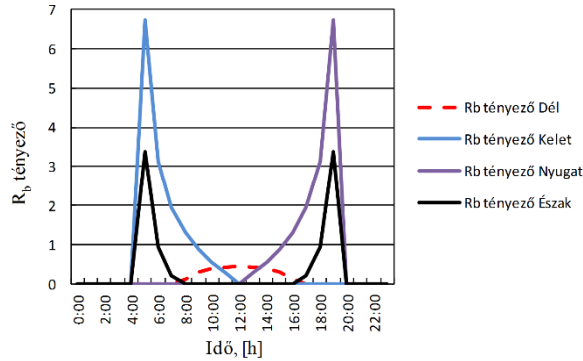
Vizsgálataimhoz a Debrecen-Kismacs Agro-Meteorológiai állomás 2009-2013 közötti globális sugárzási adatait használtam. A méréseimet a Debreceni Egyetem PASSOL Laboratóriumában és Épületfizikai Laboratóriumában végeztem. Többségében KIMO és TESTO műszereket alkalmaztam, melyeket a cég kalibrált. Kutatásaimat folyamatosan publikáltam hazai és nemzetközi folyóiratokban, illetve hazai vagy nemzetközi konferenciák tudományos kiadványaiban.

## 3. Új eredmények

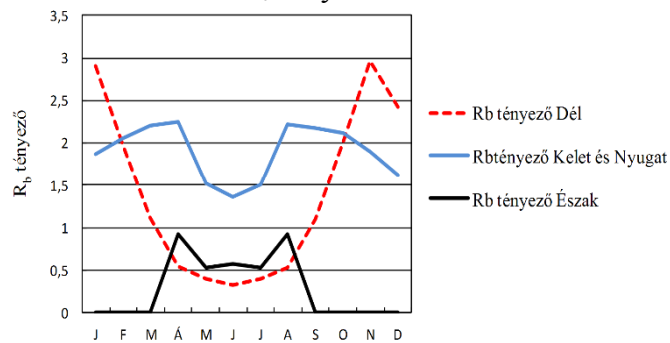
Az épületek hőterhelésének ismerete elengedhetetlen a hűtési teljesítményigény pontos meghatározásához. A számításokhoz órai bontásban szükséges a külső léghőmérséklet, illetve a vízszintes és a függőleges felületekre érkező direkt és diffúz sugárzások mennyisége. Egy adott földrajzi hely esetében feltétlenül szükséges a dőlt és a vízszintes felületet ért sugárzás és a direktsugárzás arányának pontos ismerete ( $R_b$ ) ahhoz, hogy részletesen ismerjük a sugárzási adatokat. Az éves energiaigény vagy energiafogyasztás egyszerűsített gyakorlati számításánál az év egy adott hónapját egy-egy jellegzetes nap, legtöbb esetben a 21-e jellemzi.

## 1. TÉZIS

Az  $R_b$  tényezők órai értékeinek ismeretében meghatározható a különböző tájolású függőleges felületekre érkező sugárzási energia értékei. Ezek mindeddig Magyarországon nem ismertek. Meghatároztam az  $R_b$  tényező órai értékeit egy teljes évre és az év minden hónapjának 21-ik napjára vonatkozóan Debrecen városában.

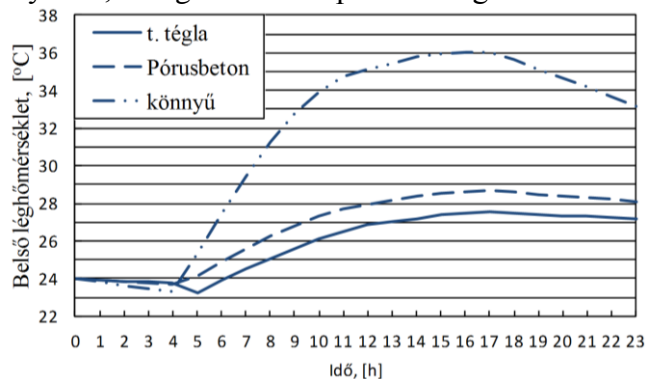


1. ábra  $R_b$  tényező órai értékei

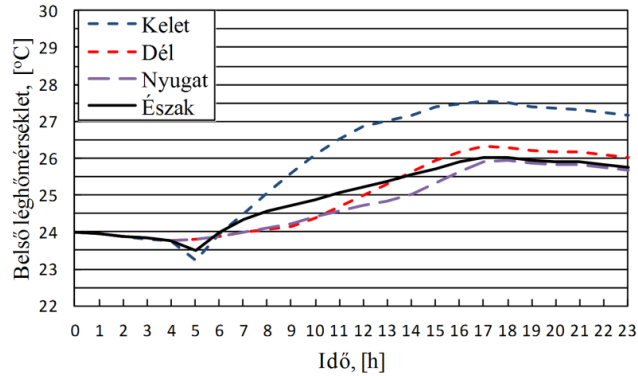


2. ábra  $R_b$  tényező havi értékei

Az épületeket az MSZ CR 1752 szabvány különböző kategóriákba sorolja a várható hőérzeti érték és a hőérzettel várhatóan elégedetlenek százalékos arányának függvényében. B komfortkategória esetében nyári időszakban az operatív hőmérsékletre vonatkozó követelmény  $24,5 \pm 1,5$  °C. Energetikai szempontból előnyösebb, ha a nagyobb hőmérsékletértéket választjuk, hiszen azt kisebb energia befektetéssel tudjuk biztosítani. Az elvártnál nagyobb operatív hőmérsékletek esetében, nagyobb légcsereszámmal nagyobb légsebességet érünk el a tartózkodási zónában így a nagyobb légsebesség hőérzeti szempontból részben kompenzálja a nagyobb hőmérséklet értéket. A nagyobb légsebesség, ami természetes szellőzés esetében nagyobb légcsereszámot jelent, az alkalmazott épületszerkezet függvényében, energetikai szempontból negatív eredményhez is vezethet.



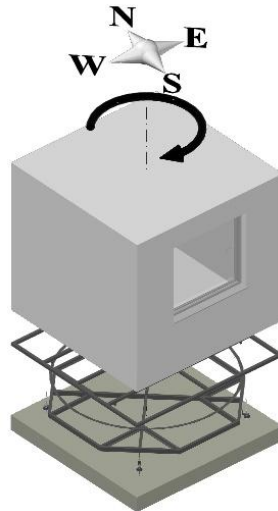
3. ábra Belső léghőmérséklet alakulása különböző szerkezetek esetében (K-i tájolás)



4. ábra A belső léghőmérséklet alakulása a vizsgált helyiségben (tömör téglafalazat,  $0,5 \text{ h}^{-1}$  légcsereszám)

## 2. TÉZIS

*Megállapítottam három különböző épületszerkezet esetében a légcsereszám hatását a belső léghőmérsékletre, illetve a hűtési energiaigényre. Feltételezve, hogy az operatív hőmérséklet megengedett maximális értéke  $26 \text{ °C}$ , bebizonyítottam, hogy nehéz szerkezetek esetében a légcsereszám növelésével a napi hűtési energiaigény növekszik. A méréseket a tevékeny részvételemmel megtervezésre került és megépült a Debreceni Egyetem Épületgépészeti és Létesítménymérnöki tanszékén a PASSOL laboratóriumában végeztem és a megállapításokat Debrecen 2009-2013 évek legnagyobb sugárzási energiahozammal és átlaghőmérséklettel rendelkező hónapjainak legmagasabb átlaghőmérséklettel rendelkező napjainak adatai alapján fogalmaztam meg.*



5. ábra PASSOL laboratórium

A 2012-ben még alkalmazott szabvány szerint, a hűtési hőterhelés számításához  $23,49 \text{ °C}$  napi átlaghőmérséklet és  $30 \text{ °C}$  maximum léghőmérsékletet kellett figyelembe venni. A disszertációban bemutatásra került, hogy a valós értékek nagymértékben meghaladják ezeket a tervezési értékeket.

Az eredmények azt bizonyítják, hogy azonos tájolású, azonos szerkezetű és azonos transzparens felülettel rendelkező helyiségek hőterhelései különböző években nagy eltéréseket mutathatnak. Azokat a napokat melyeken a keleti és nyugati tájolású függőleges felületekre érkező sugárzási energiamennyiségek között szignifikáns a különbség

aszimmetrikus napoknak neveztem el. Ha a különbség nem szignifikáns, akkor szimmetrikus napról beszélünk. Az aszimmetrikus napokon a hőterhelés keleti vagy nyugati tájolásnál meghaladja a szimmetrikus napokra vonatkozó hőterhelés értékét. Az eddigi tervezési gyakorlat szerint a keleti és a nyugati tájolások esetében azonos teljes sugárzással kellett számolni.

### 3. TÉZIS

*Megállapítottam az évenkénti extrém forró és extrém hőségnapok számát és bebizonyítottam, hogy 2009-ben és 2010-ben, egy-egy nap kivételével a keleti és nyugati homlokzatokra érkező teljes sugárzási értékek között nincs szignifikáns különbség. A 2011 év minden egyes extrém forró, illetve extrém hőségnapja aszimmetrikus, 2012-ben egy forró nap és két hőségnap, 2013-ban pedig két hőségnap tekinthető szimmetrikusnak. Minden más napon 2012-ben és 2013-ban szignifikáns különbség alakult ki a teljes sugárzási értékek között keleti és nyugati tájolású függőleges felületek esetében. A vizsgálatokat Debrecenben, a 2009-2013 évek május-június-július-augusztus hónapjaiban végeztem.*

*1. táblázat Keleti és nyugati tájolás között szignifikáns eltéréssel rendelkező extrém forró napok és extrém hőségnapok száma, (2009-2013, május-augusztus hónapok)*

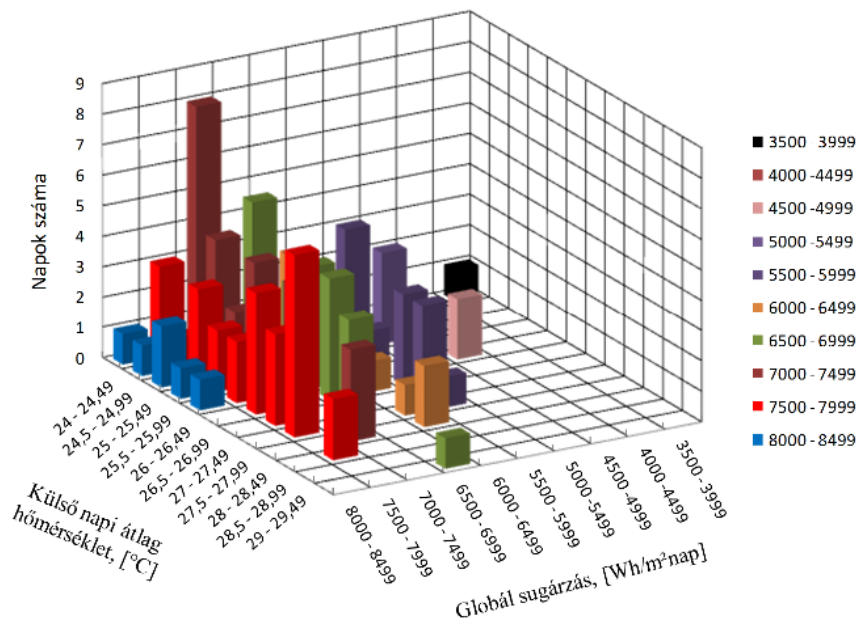
Év	Szignifikáns eltérés K-Ny között, [napok száma]	
	Extrém forró nap	Extrém hőségnap
2009	-	1
2010	-	1
2011	1	17
2012	7	34
2013	3	20

### 4. TÉZIS

*95% megbízhatósági szinten Debrecen 2009-2013 évek külső hőmérsékleti, illetve sugárzási adatai alapján meghatároztam a napi átlaghőmérséklet, a globál sugárzás és a négy fő égtájra vonatkozó teljes sugárzás legmagasabb értékeit úgy a szimmetrikus, mint az aszimmetrikus napokra vonatkozóan. Bebizonyítottam, hogy ezeken a jellemző napokon a külső átlaghőmérséklet, illetve a globál sugárzás, a keleti és az északi tájolású függőleges felületekre érkező teljes sugárzási energiahozamok napi értékei nagyobbak, az aszimmetrikus napok esetében, mint a szimmetrikus napokon. A déli és nyugati teljes sugárzási energiahozamok napi értékei viszont szimmetrikus napok esetében nagyobbak az aszimmetrikus napok jellemző értékeihez viszonyítva.*

### 5. TÉZIS

*Meghatároztam a 23,5 °C-nál magasabb átlaghőmérséklettel rendelkező napok számát és előfordulási gyakoriságát Debrecenben a 2009-2013 években. A négy fő égtáj esetében 95% megbízhatósági szinten a legnagyobb külső átlaghőmérsékleti, illetve teljes sugárzási értékeket úgy a szimmetrikus, mint az aszimmetrikus napok esetében diagramban ábrázoltam.*



6. ábra Globál sugárzás és külső hőmérséklet előfordulási gyakorisága

## 6. TÉZIS

*Bebizonyítottam, hogy meghatározott jellemző napokon, a napi hűtési energiaigény, valamint a hűtési teljesítményigény nagyobb az aszimmetrikus napok esetében, mint a szimmetrikus sugárzási energiahozammal rendelkező napokon. Megállapítottam, hogy ideális tiszta égbolt esetében kisebb hűtési energia és teljesítményigények jelentkeznek, mint a valós napokon. A megállapításokat Debrecen 2009-2013 évek külső hőmérsékleti, illetve sugárzási adatai alapján fogalmaztam meg.*

Az aszimmetrikus és a szimmetrikus napok hűtési teljesítményét ( $P_{asz}-P_{sz}/P_{sz} \cdot 100$ ) és energiaigényét ( $E_{asz}-E_{sz}/E_{sz} \cdot 100$ ) összehasonlítottam és a kapott értékeket az 4.35. táblázat tartalmazza.

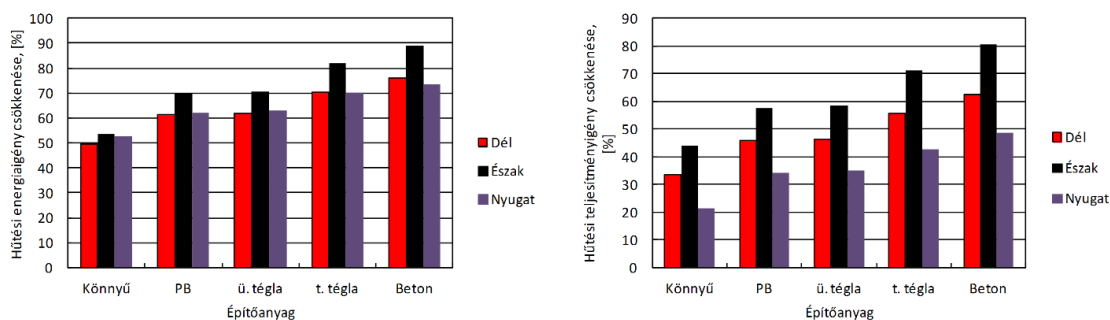
2. táblázat Hűtési energiaigények és hűtési teljesítményigények viszonya az aszimmetrikus és a szimmetrikus sugárzással rendelkező napon, (tömör téglá szerkezet)

Tájolás	D	Ny	K	É
Hűtési energiaigények, [%]	21,6	14,2	245,9	334,2
Hűtési teljesítményigények, [%]	17,2	12,6	141,7	181,2

## 7. TÉZIS

*Megállapítottam, hogy adott légcsereszám és épületszerkezet mellett, a napi hűtési energiaigény és a hűtési teljesítmény, K-i tájolás esetében a legnagyobb. Bebizonyítottam, hogy a K-i tájolásához viszonyítva az egyes tájolások esetében a napi hűtési energiaigények és a hűtési teljesítmény igények nagyobb mértékben (10-30%) csökkennek nagyobb beépített hőtároló tömeg esetében.*





7. ábra Hűtési teljesítményigény és hűtési energiafogyasztás csökkenésének mértéke

## 8. TÉZIS

*Kidolgoztam egy számítási módszert, mely alkalmazható a hűtési és a fűtési energiaigény meghatározásához az operatív hőmérséklet értékek alapján. Mivel úgy az MSZ CR 1752, mint az MSZ EN 15251 szabványok operatív hőmérsékletekre vonatkozóan fogalmazzák meg a hőérzeti követelményeket a módszer kiválóan alkalmazható a gyakorlati számítások esetében.*

## 4. Összefoglalás

A kutatásaim elsődleges célja az épületek hőterhelésének vizsgálata volt. Az elemzésekhez külső hőmérséklet és globál sugárzás órai adatait használtam, melyeket a Debrecen-Kismacs Agro-Meteorológiai Állomás bocsátott a rendelkezésemre.

Kutatásaim során méréseket végeztem oktatási és lakóépületekben, a Debreceni Egyetem Épületgépészeti és Létésítménymérnöki Tanszékének PASSOL laboratóriumában és Épületfizikai laboratóriumában. Méréseimhez elsősorban TESTO és KIMO adatgyűjtőket alkalmaztam.

Az MSZ EN ISO 13790 szabvány órai számítási módszere alapján kapott léghőmérséklet értékeket mért léghőmérséklet értékekkel hasonlítottam össze. A módszer alapján különböző szerkezetek, légcsereszámok és tájolások mellett meghatároztam a hűtési energiaigényt és a hűtési teljesítményigényt. Rávilágítottam az alkalmazott építőanyagok, a transzparens szerkezet tájolása valamint a légcsereszám közötti összefüggésekre, melyek mesterséges hűtés nélkül biztosítják az elvárt operatív hőmérséklet értékeket.

Adott tájolás esetében egy mintapéldán keresztül meghatározásra került az összefüggés a helyiség épületben elfoglalt helye és a megengedhető transzparens felület között, a légcsereszám és az alkalmazott építőanyagok függvényében.

A rendelkezésre álló külső hőmérsékleti és globál sugárzási adatok alapján megállapítottam, hogy egy adott földrajzi helyen milyen hőmérsékleti és sugárzási értékekkel kell meghatározni a hűtési teljesítményigényt és a hűtési energiaigényt aszimmetrikus és szimmetrikus jellegű napok esetében.



Jelölt: Csáky Imre  
Neptun kód: XCED96  
Doktori Iskola: Földtudományok Doktori Iskola  
MTMT azonosító: 10035599

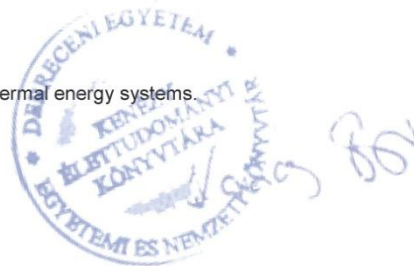
### A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

#### Idegen nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (1)

1. **Csáky, I.,** Kalmár, F.: Simulation of the internal temperature in the Passol Laboratory, University of Debrecen.  
*Int. Rev. Appl. Sci. Eng.* 3 (1), 63-73, 2012. ISSN: 2062-0810.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/IRASE.3.2012.1.08>

#### Idegen nyelvű tudományos közlemény(ek) külföldi folyóiratban (3)

2. **Csáky, I.,** Kalmár, F.: Effects of thermal mass, ventilation and glazing orientation on indoor air temperature in buildings.  
*J. Building Physics. Epub*, 2015. ISSN: 1744-2591.  
IF: 1.027 (2013)
3. **Csáky, I.,** Kalmár, T.: Analysis of degree day and cooling energy demand in educational buildings.  
*EEMJ.* 13 (11), 2765-2770, 2014. ISSN: 1582-9596.  
IF:1.258 (2013)
4. **Csáki, I.,** Kalmár, F.: Hydraulic aspects of scaling in geothermal energy systems.  
*EEMJ.* 10 (8), 1150-1160, 2011. ISSN: 1582-9596.  
IF:1.004





---

További Közlemények

Magyar nyelvű könyv(ek) (8)

5. Verbai Z., Kalmár T., **Csáky I.**, Kalmár F.: Épülettechnikai rendszerek és rendszerelemek. TERC Kft., Budapest, 212 p., 2013. ISBN: 9789639968646
6. **Csáky I.**, Kalmár T., Kalmár F.: Épülettechnikai rendszerek diagnosztikája és üzemeltetése. Terc Kft., Budapest, 217 p., 2013. ISBN: 9789639968615
7. Kalmár F., Kalmár T., **Csáky I.**: Felújított paneles épületek hőtechnikai vizsgálata és energetikai elemzése: Szellőztető rendszerek vizsgálata hőérzeti, épületfizikai és BLM szempontból. HUNÉP Zrt., Debrecen, 57 p., 2010.
8. Kalmár F., Kalmár T., **Csáky I.**: Felújított paneles épületek hőtechnikai vizsgálata és energetikai elemzése: Transzparens felületek és üvegezési arány hatása a fűtési- hűtési energiafogyasztásra. HUNÉP Zrt., Debrecen, 123 p., 2009.
9. Kalmár F., Kalmár T., **Csáky I.**: Felújított paneles épületek hőtechnikai vizsgálata és energetikai elemzése: Épületgépészeti, hőérzeti és épületdiagnosztikai vizsgálatok. HUNÉP Zrt., Debrecen, 140 p., 2009.
10. Kalmár F., Kalmár T., **Csáky I.**: Felújított paneles épületek hőtechnikai vizsgálata és energetikai elemzése I. rész. HUNÉP Zrt., Debrecen, 107 p., 2008.
11. Kalmár F., **Csáky I.**: Hőszigetelő építőanyagok kifejlesztése mezőgazdasági melléktermékek felhasználásával: Fizikai jellemzők megállapítása. Debreceni Egyetem Agrár és Műszaki Tudományok Centruma Műszaki Kar, Debrecen, 19 p., 2008.
12. Kalmár F., Kalmár T., **Csáky I.**: Felújított paneles épületek hőtechnikai vizsgálata és energetikai elemzése II.. HUNÉP Zrt., Debrecen, 2008.





Idegen nyelvű, hazai könyv(ek) (6)

13. szerk. Kalmár, F., Csomós, G., **Csáki, I.**: 16th "Building Services, Mechanical and Building Industry Days" International Conference : Debrecen, ... 14-15 October 2010 : 3. köt.. Debreceni Egyetem, Debrecen, 692 p., 2010. ISBN: 9789634734239
14. szerk. Kalmár, F., Csomós, G., **Csáki, I.**: 16th "Building Services, Mechanical and Building Industry Days" International Conference : Debrecen, ... 14-15 October 2010 : 2. köt.. Debreceni Egyetem, Debrecen, 180. p., 2010. ISBN: 9789634734215
15. szerk. Kalmár, F., Csomós, G., **Csáki, I.**: 16th "Building Services, Mechanical and Building Industry Days" International Conference : Debrecen, ... 14-15 October 2010 1. köt.. Debreceni Egyetem, Debrecen, 147 p., 2010.
16. szerk. Kalmár, F., Kocsis, I., Csomós, G., **Csáky, I.**: 15th "Building Services, Mechanical and Building Industry Days" International Conference : Debrecen, ... 15-16 October 2009 : 2. köt.. Debreceni Egyetem, Debrecen, 159 p., 2009. ISBN: 9789634733140
17. szerk. Kalmár, F., Kocsis, I., Csomós, G., **Csáky, I.**: 15th "Building Services, Mechanical and Building Industry Days" International Conference : Debrecen, ... 15-16 October 2009 : 3. köt.. Debreceni Egyetem, Debrecen, 538 p., 2009. ISBN: 9789634733157
18. szerk. Kalmár, F., Kocsis, I., Csomós, G., **Csáky, I.**: 15th "Building Services, Mechanical and Building Industry Days" International Conference : Debrecen, ... 15-16 October 2009 : 1. köt.. Debreceni Egyetem, Debrecen, 126 p., 2009. ISBN: 9789634733133

Magyar nyelvű könyvrészlet(ek) (3)

19. **Csáky I.**: Lég-klímatechnikai rendszerek üzemeltetése és diagnosztikája.  
In: Épülettechnikai rendszerek diagnosztikája és üzemeltetése. Írták: Csáky Imre, Kalmár Tünde, Kalmár Ferenc, Terc Kft., Budapest, 61-106, 2013. ISBN: 9789639968615
20. **Csáky I.**: Lég-klímatechnikai rendszerek és rendszerelemek.  
In: Épülettechnikai rendszerek és rendszerelemek. Írták: Verbai Zoltán, Csáky Imre, Kalmár Tünde, Kalmár Ferenc, Terc Kft., Budapest, 62-109, 2013. ISBN: 9789639968646
21. **Csáky I.**: Diagnosztika.  
In: Épülettechnikai rendszerek diagnosztikája és üzemeltetése. Írták: Csáky Imre, Kalmár Tünde, Kalmár Ferenc, Terc Kft., Budapest, 157-217, 2013. ISBN: 9789639968615



Idegen nyelvű, hazai könyvrészlet(ek) (1)

22. **Csáky, I.**, Kalmár, F.: Integrated modelling of sustainability of geothermal systems: Georen research.  
In: Hungarian Renewable Energy Handbook 2012-13. Kovács Róbert, Poppy Seed 2002 Bt, Budapest, 86-88, 2012.

Magyar nyelvű közlemény(ek) hazai folyóiratban (1)

23. **Csáki I.**: Szellőztetés hatása a szén-dioxid-koncentrációra lakóépületekben.  
*E-gépész.*, 1-9, 2010.

Idegen nyelvű közlemény(ek) külföldi folyóiratban (2)

24. Lakatos, Á., **Csáky, I.**, Kalmár, F.: Thermal conductivity measurements with different methods: a procedure for the estimation of the retardation time.  
*Mater. Struct.* 1 (1), 1-11, 2013. ISSN: 1359-5997.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-013-0238-7>  
IF:1.39
25. **Csáki, I.**, Kalmár, F.: Analysis of geothermal energy utilization in Létavértes.  
*J. Sustain. Energy.* 2 (4), 1-11, 2011. ISSN: 2067-5534.

Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (6)

26. László E., **Csáky I.**: A felszín- és léghőmérséklet alakulása a debreceni Árpád-téren.  
In: Környezettudatos energia termelés és felhasználás. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottság, Debrecen, 369-374, 2011. ISBN: 9789637064272
27. Kalmár F., Kalmár T., **Csáki I.**: Lakóépületek energetikai tanúsítása egyszerűsített és részletes módszerrel =Certification of residential buildings using the detailed and the simplified method.  
In: ÉPKO 2011 : XV. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia : Csíksomlyó, 2011. június 2-5. Szerk.: Köllő Gábor, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár, 201-209, 2011.





28. Kalmár F., **Csáki E.**: Középületek energetikai vizsgálata Létavértesen.  
In: Building Energy. Debreceni Egyetem, Debrecen, 168-180, 2010. ISBN: 9789634734215
29. **Csáki I.**: Szennyező anyagok a belső környezet levegőjében.  
In: I. Alpok-Adria Passzívház Konferencia : Pécs 2009. szeptember 4-5 : konferenciakötet.  
Szerk.: Vajdáné Frohner Ilona, Frohner Bt, Pécs, 357-359, 2009.
30. **Csáki I.**: Belső levegő minősége.  
In: Műszaki tudomány az Észak Alföldi Régióban 2009 : konferencia előadásai : Mezőtúr  
2009. május 20. Szerk.: Pokorádi László, Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki  
Szakbizottsága, Debrecen, 63-68, 2009.
31. **Csáki I.**: Szellőztetés hatása a széndioxid koncentrációra lakóépületekben.  
In: 15th "Building Services, Mechanical and Building Industry Days" : International  
Conference : Debrecen, ... 15-16 October 2009. Szerk.: Kalmár Ferenc, Kocsis Imre,  
Csomós György, Csáki Imre, Debreceni Egyetem, Debrecen, 115-122, 2009.

Idegen nyelvű konferencia közlemény(ek) (8)

32. **Csáky, I.**, Kalmár, F.: Indoor temperature monitoring in east orientation offices.  
In: Proceedings of Denzero International Conference: Sustainable energy by optimal  
integration of renewable energy sources. publ. by University of Debrecen, Debreceni  
Egyetem, Debrecen, 155-164, 2014. ISBN: 9789634737360
33. **Csáky, I.**, Kalmár, F.: Effects of windows replacement in residential building.  
In: Proceedings of DENZERO International Conference : Sustainable energy by optimal  
integration of renewable energy sources: 10-11 October 2013, Debrecen. publ. University of  
Debrecen, University of Debrecen, Debrecen, 62-76, 2013. ISBN: 9789634736240
34. **Csáki, E.**: Influence of transparent surfaces on summer thermal comfort in buildings.  
In: 16th "Building Services, Mechanical and Building Industry Days" International Conference  
: 14-15 October 2010 Debrecen, Hungary. Szerk.: Ferenc, ... Csomós György, Csáki Imre,  
Debreceni Egyetem, Debrecen, 12-21, 2010. ISBN: 9789634734215
35. Kalmár, F., Kalmár, T., Varga, E., **Csáki, I.**, Jenei, T.: Effects of building refurbishment on the  
operative temperature and ACH.  
In: 9th International Conference and Exhibition - Healthy Buildings 2009. [S.n.], New York,  
2009..



36. Kalmár, F., Halász, E., **Csáki, I.**: Balancing of central heating systems.  
In: Vykurovanie 2009 : Alternatívne zdroje energie a systémy zásobovania budov teplom : Zborník prednášok zo 17. medzinárodnej konferencie : Tatranské Matliare, 2-6. 3. 2009. Ed.: Petras, Dusan, Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, Bratislava, 423-426, 2009.
37. **Csáki, I.**: Thermal conductivity measurement.  
In: I. CASSOTHERM : Zborník príspevkov z 1. vedeckej medziná- rodnej konferencie. Elsewa, Kosice, [2], 2009.
38. Kalmár, F., Kalmár, T., **Csáki, I.**, Husi, G.: Interrelation between ACH and air temperature distribution in a room.  
In: ROOMVENT 2009, 111th International Roomvent Conference Proceedings : May 24- 27 May, 2009 Busan, Korea. [S.n.], Busan, 911-917, 2009.
39. **Csáki, E.**: Determinarea etanseitatii cladirilor.  
In: Instalatii Pentru Constructii si confortul ambiental, Conferentia cu participare internationala, Editia a 18-a 2-3 aprilie 2009 Timisoara-Romania. Ed.: Adrian Retezan, Editura Politehnica, Timisoara, 99-107, 2009.

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 4,679**

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 3,289**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2015.04.01.







## 1. Introduction

Nowadays in Hungary from the total energy consumption of the country about 40% is used in the building sector. Heating and cooling represents about two thirds from the total energy use in a building. In case of residential buildings approximately 70% of the total 4.3 million of flats does not meet the current energy performance requirements. This percent is similar in case of public buildings.

In the last years in European countries the number of air conditioning systems increase considerably. During peak load periods the high number of air conditioning systems can cause overloads in the electrical networks turning over the energy balance of these countries and can lead to the increase of operational costs. Consequently, those strategies should have priority which increases the energy efficiency of buildings during summer periods. These measures can be related to shadowing, higher thermal capacity and passive cooling, which ameliorate the indoor environmental conditions from thermal comfort point of view.

Different companies (Johnson-Controls) analyse the control possibilities of the electrical network, in order to assure the supply of energy demands which varies between 50-100% during a year. Reedy published in 1990 his research report related to the utilization in intelligent way of building's thermal mass in order to reduce the energy demand for cooling. Besides the overload of the electrical supply network during summer periods, it should be taken into consideration that electricity is mainly produced using fossil fuels.

However, cooling of buildings can be realized using renewable energy sources. These cooling systems are using absorption or adsorption chillers. Absorption chillers need a heat source to operate. This heat source can be a technological waste heat, or geothermal energy or solar energy. In case of a locality where thermal water is available and used for heating during the winter season, utilization of geothermal heat for cooling during summer period will increase the yearly efficiency of geothermal system. However, in Hungary the thermal water temperatures are lower than the optimal required temperature values by absorption chillers. Furthermore scaling is an important disadvantage of geothermal systems in Hungary, which in many cases reduce the efficiency of such systems. In case of adsorption chillers the cooling fluid is water, the adsorber is silica gel. Using absorption or adsorption chillers, the cogeneration systems can be transformed into trigeneration systems (electricity, heating and cooling) but these systems are expensive and currently not widely used.

## 2. The aim of research

Taking into consideration the current energy and economy trends, I have decided to analyse the heat loads of buildings during summer periods, in function of orientation the transparent area, building materials and air change rates.

It was arisen the question whether the air conditioning systems can be avoided or the energy demand for cooling can be reduced considerably by using simply properly designed thermal mass or shading elements. The indispensable meteorological data were provided by the Agrometeorological Observatory Debrecen-Kismacs, for years 2009-2013.

The main purposes of my research were the following:

- determination of hourly values of direct and diffuse radiation on horizontal surfaces, and on vertical surfaces having orientation towards cardinal directions;
- determination of  $R_b$  hourly and daily values specific for Debrecen;
- analysis of daily mean outdoor temperature occurrence in summer months between 2009-2013;
- construction of a special laboratory suitable for indoor air temperature measurements at different orientation of glazed area, and permits the modification of thermal mass and air change rate;
- analysis of the effects of thermal mass on the indoor air temperature avoiding the influence of radiation and air change rate;
- analysis the impact of orientation of transparent area, building materials and air change rate on the indoor air temperature, operative temperature (B comfort category), energy need for cooling and heat demand for cooling, using the available calculation methods.

Measurements were carried out in the PASSOL Laboratory of the Department of Building Services and Building Engineering, University of Debrecen and Building Physics Laboratory of the Department of Building Services and Building Engineering, University of Debrecen. I have used mainly calibrated TESTO and KIMO data loggers. I have published the results of my research work in scientific journals and proceedings of national and international conferences.

## 3. New results

In order to determine as precisely as possible the cooling load of a building, the heat load and its components have to be known as properly as possible. To perform the calculations the hourly mean values of the outdoor temperature and the direct and diffuse radiation values are necessary. In case of a geographical position the ratio between direct radiation and global radiation incoming on a horizontal surface ( $R_b$ ) it is important to be known. In practice, when the yearly energy need for cooling is determined a month is taken into account by a representative day (usually the 21<sup>st</sup> day of the month)

## 1<sup>st</sup> thesis

If the hourly values of the  $R_b$  coefficient are known then the incident solar radiation can be determined on a vertical surface. These values were not known in Hungary yet. I have determined the hourly values of  $R_b$  coefficient for the whole year. Based on the hourly  $R_b$  values I have determined for Debrecen the daily  $R_b$  values specific for the 21<sup>st</sup> day of each month of the year.

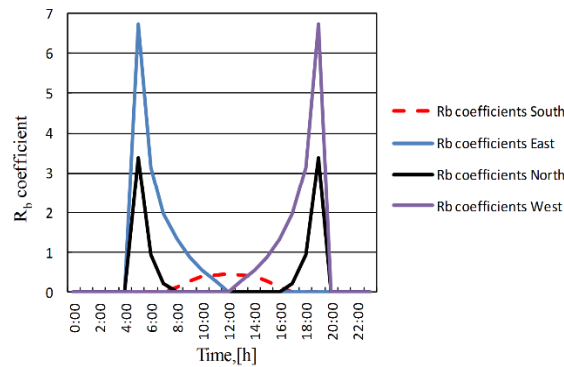


Figure 1. Hourly values of the  $R_b$  coefficient

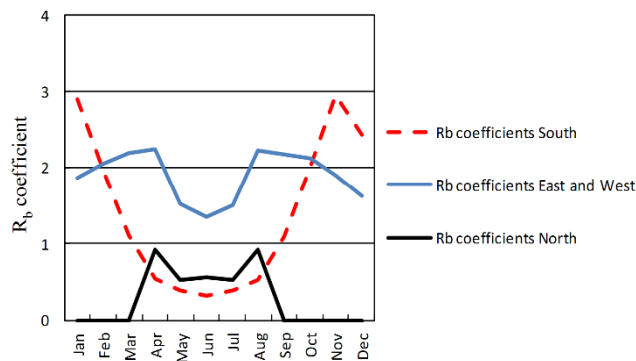


Figure 2. Monthly values of the  $R_b$  coefficient

Depending on the expected comfort feeling and predicted percentage of dissatisfied, the standard MSZ CR 1752 categorize the buildings into three comfort categories. In case of B comfort category the requirement related to operative temperature is  $24 \pm 1.5$  °C. From energy point of view the upper value is favourable because it can be obtained using less energy for cooling. If the operative temperature exceeds the expected value, increasing the air change rate the higher air velocity can compensate from thermal comfort point of view the higher operative temperature. Nevertheless, the higher air change rate can lead to the further increase of the operative temperature. This increase depends on the air change rate and heat storage capacity of the building materials.

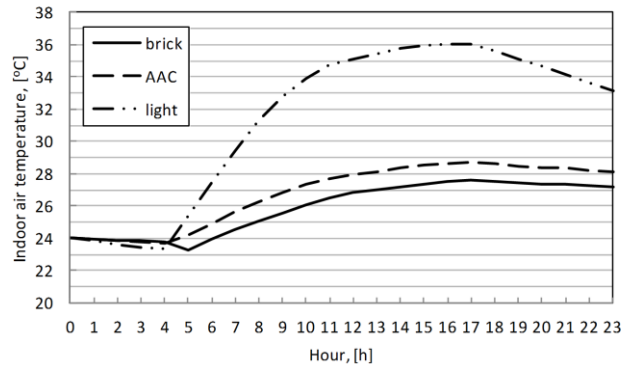


Figure 3. Indoor air temperature variation for different building structures

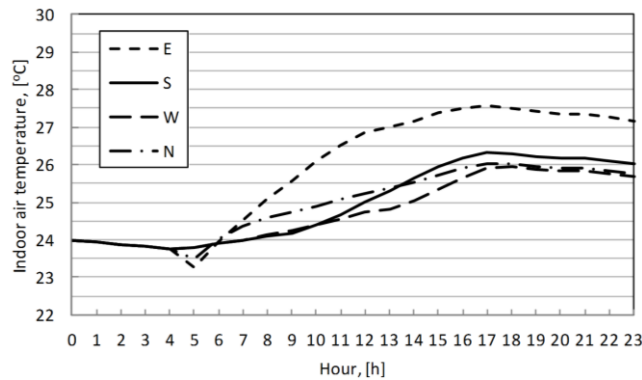


Figure 4. Indoor air temperature variation for different orientations of the glazed area

**2<sup>nd</sup> thesis**

I have determined the effects of the air change rate on the indoor air temperature and cooling demand in case of three different building materials. Considering as maximum admissible operative temperature value 26 °C, it was proved that the cooling demand increases in case of heavy weight structures. The measurements were carried out in the PASSOL laboratory Department of Building Services and Building Engineering, University of Debrecen, built with my contribution. The statements were formulated using temperature and solar radiation values of the warmest days of the warmest month measured for Debrecen between 2009 and 2013.

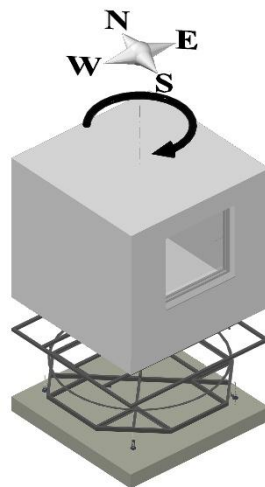


Figure 5. PASSOL laboratory

The standard used until November 2012 for cooling demand calculations in Hungary prescribed as daily average outdoor temperature 23.49 °C and as maximum outdoor temperature value 30 °C. It was proven that the real daily mean and daily maximum temperature values exceed these values. The results have shown that the cooling load can be very different year by year even in case of rooms with similar transparent areas and similar building materials. Those days, which are characterized by significant difference between solar energy yields of East and West oriented vertical surfaces, are considered asymmetric days. It can be stated that in case of asymmetric days the solar energy yield for East or for West is much higher than the solar energy yield in case of asymmetric day.

### ***3<sup>rd</sup> thesis***

I have established the number of extremely hot and extremely fealty days and I have proven that for years 2009 and 2010, with the exception of a single day, there is a significant difference between the total incident solar radiation for East and West oriented vertical surfaces. For year 2011 each extremely hot and extremely fealty day is asymmetric. In 2012 one hot day and two fealty days are symmetric; in 2013 two fealty days are symmetric. The analysis was done for Debrecen, years 2009-2013, months May-June-July and August.

Table 1. Number of torrid and extremely torrid days characterized by significant difference between total energy yield on West and East oriented vertical surfaces (2009-2013, May -August)

Year	Number of days	
	Extremely torrid days	Torrid days
2009	-	1
2010	-	1
2011	1	17
2012	7	34
2013	3	20

### ***4<sup>th</sup> thesis***

I have established at 95% confidence level the highest global radiation value, the highest total daily incident solar radiation yield on vertical surfaces specific for main cardinal directions, the highest outdoor daily mean temperature value both for symmetric and asymmetric days in case of Debrecen (2009-2013). I proved that, in case of these specific days, the mean outdoor temperature, the daily energy yield from global radiation, the incident solar daily energy yield on vertical surfaces oriented to East and North are higher in case of asymmetric days. The incident solar energy yield on vertical surfaces oriented to West and South are higher in case of symmetric days.

### ***5<sup>th</sup> thesis***

I have determined the occurrence of days with higher mean outdoor temperature than 23.5 °C. Based on the mean outdoor temperature frequency at 95% confidence level I have determined the mean outdoor temperature value and total incident solar radiation values for main cardinal directions.

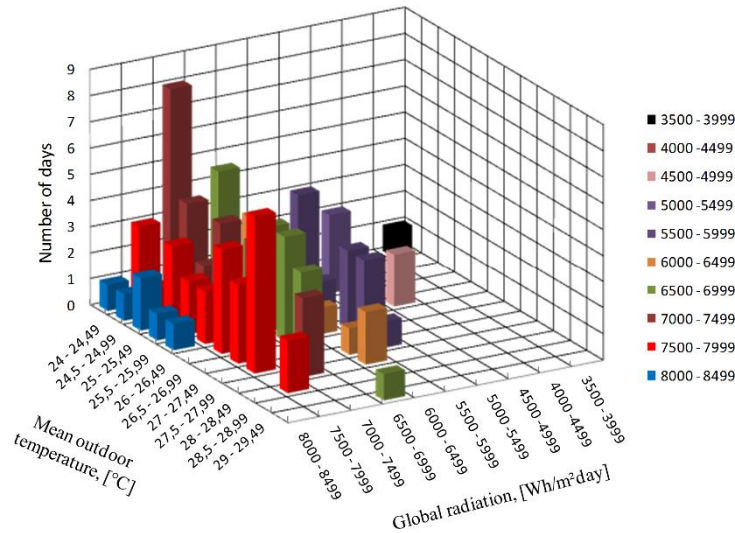


Figure 6. Occurrence of days with different mean outdoor temperatures and energy yields from global radiation

**6<sup>th</sup> thesis**

Based on the available meteorological data I have proven that the energy need for cooling and the cooling demand is higher in case of asymmetric days in comparison with symmetric days. I established that the energy need for cooling and the cooling demand is higher in case of real days in comparison with ideal (totally clear sky) days.

Table 2. Relative differences of cooling energy demand and daily energy need for cooling, [%]

Orientation of glazed area	S	W	E	N
Relative difference of daily energy use for cooling	21.6	14.2	245.9	334.2
Relative difference of cooling energy demand	17.2	12.6	141.7	181.2

**7<sup>th</sup> thesis**

Using the available meteorological data, I have shown that in case of similar building materials, similar geometry of the room and similar air change rates, the heat load is the highest in case of East orientation of the transparent area. I proved that taking as reference the east orientation, the daily energy need for cooling and the heat demand for cooling is reduced in a greater amount for other orientations in case of rooms with higher thermal mass.

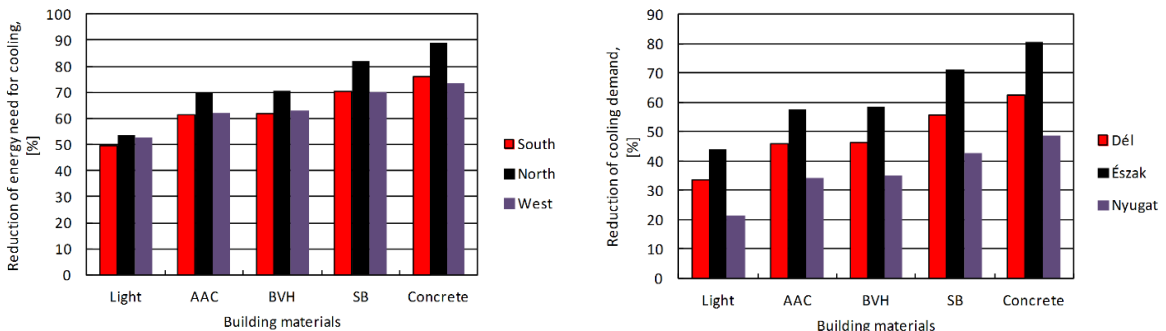


Figure 7. Reduction of energy need for cooling and cooling demand

### *8<sup>th</sup> thesis*

I have elaborated a calculation method, which can be used to determine the cooling and the heating energy demand of buildings, taking into account the operative temperature. Since the MSZ CR 1752 standard and the MSZ EN 15251 standard either, prescribe the requirements related to the operative temperatures in the indoor spaces, the developed method can be used for practical energy calculations.

## **4. Summary**

The main goal of my research was the analysis of building's summer heat load in case of Debrecen city. For years 2009-2013 the hourly external temperature values and hourly global radiation values were provided by Agro-meteorological observatory, Debrecen-Kismacs.

At the beginning of my research work I have performed in situ measurements in closed spaces of educational and residential buildings. Thereafter the PASSOL laboratory was built and measurements were carried out in order to collect data about the indoor temperature variation in a closed space depending on the orientation of transparent surfaces. I have determined the hourly  $R_b$  values in case of Debrecen for the whole year. I have built up the degree day curves for Debrecen for years 2009-2013. I have analysed the number of days an occurrence of days with an average external temperature higher than 20 °C. based on the hourly radiation values I have determined the daily and monthly energy yield both on horizontal and vertical surfaces (with different orientation). I have concluded that, even though in the Standards similar radiation values are taken into consideration for East and West orientation of vertical surfaces, in reality, for analyzed years, significant differences were registered for these two orientations.

Measured internal temperature values in the PASSOL laboratory were compared with the calculated values using the methodology of Standard MSZ EN ISO 13790. Using this calculation method, I have established the energy use for cooling and the heat demand for cooling assuming different building materials, air change rates and orientations of transparent area. I have determined the relations between building materials, air change rates, orientations of transparent area, which ensure a certain operative temperature in the closed space without cooling system. For a certain case, the shadowing ratio was determined for different facades of the building in order to keep the operative temperature under the maximum set value. Based on the available external temperature and radiation data, I have established the meteorological parameters for main cardinal directions which could be used for calculation of heat loads with 95% certainty in case of symmetrical and asymmetrical days, real and ideal clear days respectively.



Registry number: DEENK/71/2015.PL  
Subject: Ph.D. List of Publications

Candidate: Imre Csáky  
Neptun ID: XCED96  
Doctoral School: Doctoral School of Earth Sciences  
MTMT ID: 10035599

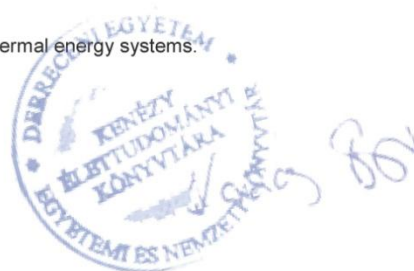
### List of publications related to the dissertation

#### Foreign language scientific article(s) in Hungarian journal(s) (1)

1. **Csáky, I.**, Kalmár, F.: Simulation of the internal temperature in the Passol Laboratory, University of Debrecen.  
*Int. Rev. Appl. Sci. Eng.* 3 (1), 63-73, 2012. ISSN: 2062-0810.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/IRASE.3.2012.1.08>

#### Foreign language scientific article(s) in international journal(s) (3)

2. **Csáky, I.**, Kalmár, F.: Effects of thermal mass, ventilation and glazing orientation on indoor air temperature in buildings.  
*J. Building Physics. Epub*, 2015. ISSN: 1744-2591.  
IF: 1.027 (2013)
3. **Csáky, I.**, Kalmár, T.: Analysis of degree day and cooling energy demand in educational buildings.  
*EEMJ.* 13 (11), 2765-2770, 2014. ISSN: 1582-9596.  
IF:1.258 (2013)
4. **Csáki, I.**, Kalmár, F.: Hydraulic aspects of scaling in geothermal energy systems.  
*EEMJ.* 10 (8), 1150-1160, 2011. ISSN: 1582-9596.  
IF:1.004







---

### List of other publications

#### Hungarian book(s) (8)

5. Verbai Z., Kalmár T., **Csáki I.**, Kalmár F.: Épülettechnikai rendszerek és rendszerelemek. TERC Kft., Budapest, 212 p., 2013. ISBN: 9789639968646
6. **Csáki I.**, Kalmár T., Kalmár F.: Épülettechnikai rendszerek diagnosztikája és üzemeltetése. Terc Kft., Budapest, 217 p., 2013. ISBN: 9789639968615
7. Kalmár F., Kalmár T., **Csáki I.**: Felújított paneles épületek hőtechnikai vizsgálata és energetikai elemzése: Szellőztető rendszerek vizsgálata hőérzeti, épületfizikai és BLM szempontból. HUNÉP Zrt., Debrecen, 57 p., 2010.
8. Kalmár F., Kalmár T., **Csáki I.**: Felújított paneles épületek hőtechnikai vizsgálata és energetikai elemzése: Transzparens felületek és üvegezési arány hatása a fűtési- hűtési energiafogyasztásra. HUNÉP Zrt., Debrecen, 123 p., 2009.
9. Kalmár F., Kalmár T., **Csáki I.**: Felújított paneles épületek hőtechnikai vizsgálata és energetikai elemzése: Épületgépészeti, hőérzeti és épületdiagnosztikai vizsgálatok. HUNÉP Zrt., Debrecen, 140 p., 2009.
10. Kalmár F., Kalmár T., **Csáki I.**: Felújított paneles épületek hőtechnikai vizsgálata és energetikai elemzése I. rész. HUNÉP Zrt., Debrecen, 107 p., 2008.
11. Kalmár F., **Csáki I.**: Hőszigetelő építőanyagok kifejlesztése mezőgazdasági melléktermékek felhasználásával: Fizikai jellemzők megállapítása. Debreceni Egyetem Agrár és Műszaki Tudományok Centruma Műszaki Kar, Debrecen, 19 p., 2008.
12. Kalmár F., Kalmár T., **Csáki I.**: Felújított paneles épületek hőtechnikai vizsgálata és energetikai elemzése II.. HUNÉP Zrt., Debrecen, 2008.





Foreign language Hungarian book(s) (6)

13. eds. Kalmár, F., Csomós, G., **Csáki, I.**: 16th "Building Services, Mechanical and Building Industry Days" International Conference : Debrecen, ... 14-15 October 2010 : 3. köt.. Debreceni Egyetem, Debrecen, 692 p., 2010. ISBN: 9789634734239
14. eds. Kalmár, F., Csomós, G., **Csáki, I.**: 16th "Building Services, Mechanical and Building Industry Days" International Conference : Debrecen, ... 14-15 October 2010 : 2. köt.. Debreceni Egyetem, Debrecen, 180. p., 2010. ISBN: 9789634734215
15. eds. Kalmár, F., Csomós, G., **Csáki, I.**: 16th "Building Services, Mechanical and Building Industry Days" International Conference : Debrecen, ... 14-15 October 2010 1. köt.. Debreceni Egyetem, Debrecen, 147 p., 2010.
16. eds. Kalmár, F., Kocsis, I., Csomós, G., **Csáky, I.**: 15th "Building Services, Mechanical and Building Industry Days" International Conference : Debrecen, ... 15-16 October 2009 : 2. köt.. Debreceni Egyetem, Debrecen, 159 p., 2009. ISBN: 9789634733140
17. eds. Kalmár, F., Kocsis, I., Csomós, G., **Csáky, I.**: 15th "Building Services, Mechanical and Building Industry Days" International Conference : Debrecen, ... 15-16 October 2009 : 3. köt.. Debreceni Egyetem, Debrecen, 538 p., 2009. ISBN: 9789634733157
18. eds. Kalmár, F., Kocsis, I., Csomós, G., **Csáky, I.**: 15th "Building Services, Mechanical and Building Industry Days" International Conference : Debrecen, ... 15-16 October 2009 : 1. köt.. Debreceni Egyetem, Debrecen, 126 p., 2009. ISBN: 9789634733133

Hungarian book chapter(s) (3)

19. **Csáky I.**: Lég-klímatechnikai rendszerek üzemeltetése és diagnosztikája.  
In: Épületechnikai rendszerek diagnosztikája és üzemeltetése. Írták: Csáky Imre, Kalmár Tünde, Kalmár Ferenc, Terc Kft., Budapest, 61-106, 2013. ISBN: 9789639968615
20. **Csáky I.**: Lég-klímatechnikai rendszerek és rendszerelemek.  
In: Épületechnikai rendszerek és rendszerelemek. Írták: Verbai Zoltán, Csáky Imre, Kalmár Tünde, Kalmár Ferenc, Terc Kft., Budapest, 62-109, 2013. ISBN: 9789639968646
21. **Csáky I.**: Diagnosztika.  
In: Épületechnikai rendszerek diagnosztikája és üzemeltetése. Írták: Csáky Imre, Kalmár Tünde, Kalmár Ferenc, Terc Kft., Budapest, 157-217, 2013. ISBN: 9789639968615



Foreign language Hungarian book chapter(s) (1)

22. **Csáky, I.**, Kalmár, F.: Integrated modelling of sustainability of geothermal systems: Georen research.  
In: Hungarian Renewable Energy Handbook 2012-13. Kovács Róbert, Poppy Seed 2002 Bt, Budapest, 86-88, 2012.

Hungarian scientific article(s) in Hungarian journal(s) (1)

23. **Csáki I.**: Szellőztetés hatása a szén-dioxid-koncentrációra lakóépületekben.  
*E-gépész.* , 1-9, 2010.

Foreign language scientific article(s) in international journal(s) (2)

24. Lakatos, Á., **Csáky, I.**, Kalmár, F.: Thermal conductivity measurements with different methods: a procedure for the estimation of the retardation time.  
*Mater. Struct.* 1 (1), 1-11, 2013. ISSN: 1359-5997.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-013-0238-7>  
IF:1.39
25. **Csáki, I.**, Kalmár, F.: Analysis of geothermal energy utilization in Létavértes.  
*J. Sustain. Energy.* 2 (4), 1-11, 2011. ISSN: 2067-5534.

Hungarian conference proceeding(s) (6)

26. László E., **Csáky I.**: A felszín- és léghőmérséklet alakulása a debreceni Árpád-téren.  
In: Környezettudatos energia termelés és felhasználás. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottság, Debrecen, 369-374, 2011. ISBN: 9789637064272
27. Kalmár F., Kalmár T., **Csáki I.**: Lakóépületek energetikai tanúsítása egyszerűsített és részletes módszerrel =Certification of residential buildings using the detailed and the simplified method.  
In: ÉPKO 2011 : XV. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia : Csíksomlyó, 2011. június 2-5. Szerk.: Köllő Gábor, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár, 201-209, 2011.



28. Kalmár F., **Csáki E.**: Középületek energetikai vizsgálata Létavértesen.  
In: Building Energy. Debreceni Egyetem, Debrecen, 168-180, 2010. ISBN: 9789634734215
29. **Csáki I.**: Szennyező anyagok a belső környezet levegőjében.  
In: I. Alpok-Adria Passzívház Konferencia : Pécs 2009. szeptember 4-5 : konferenciakötet.  
Szerk.: Vajdáné Frohner Ilona, Frohner Bt, Pécs, 357-359, 2009.
30. **Csáki I.**: Belső levegő minősége.  
In: Műszaki tudomány az Észak Alföldi Régióban 2009 : konferencia előadásai : Mezőtúr  
2009. május 20. Szerk.: Pokorádi László, Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki  
Szakbizottsága, Debrecen, 63-68, 2009.
31. **Csáki I.**: Szellőztetés hatása a széndioxid koncentrációra lakóépületekben.  
In: 15th "Building Services, Mechanical and Building Industry Days" : International  
Conference : Debrecen, ... 15-16 October 2009. Szerk.: Kalmár Ferenc, Kocsis Imre,  
Csomós György, Csáki Imre, Debreceni Egyetem, Debrecen, 115-122, 2009.

Foreign language conference proceeding(s) (8)

32. **Csáky, I.**, Kalmár, F.: Indoor temperature monitoring in east orientation offices.  
In: Proceedings of Denzero International Conference: Sustainable energy by optimal  
integration of renewable energy sources. publ. by University of Debrecen, Debreceni  
Egyetem, Debrecen, 155-164, 2014. ISBN: 9789634737360
33. **Csáky, I.**, Kalmár, F.: Effects of windows replacement in residential building.  
In: Proceedings of DENZERO International Conference : Sustainable energy by optimal  
integration of renewable energy sources: 10-11 October 2013, Debrecen. publ. University of  
Debrecen, University of Debrecen, Debrecen, 62-76, 2013. ISBN: 9789634736240
34. **Csáki, E.**: Influence of transparent surfaces on summer thermal comfort in buildings.  
In: 16th "Building Services, Mechanical and Building Industry Days" International Conference  
: 14-15 October 2010 Debrecen, Hungary. Szerk.: Ferenc, ... Csomós György, Csáki Imre,  
Debreceni Egyetem, Debrecen, 12-21, 2010. ISBN: 9789634734215
35. Kalmár, F., Kalmár, T., Varga, E., **Csáki, I.**, Jenei, T.: Effects of building refurbishment on the  
operative temperature and ACH.  
In: 9th International Conference and Exhibition - Healthy Buildings 2009. [S.n.], New York,  
2009..



36. Kalmár, F., Halász, E., **Csáki, I.**: Balancing of central heating systems.  
In: Vykurovanie 2009 : Alternatívne zdroje energie a systémy zásobovania budov teplom : Zborník prednášok zo 17. medzinárodnej konferencie : Tatranské Matliare, 2-6. 3. 2009. Ed.: Petras, Dusan, Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, Bratislava, 423-426, 2009.
37. **Csáki, I.**: Thermal conductivity measurement.  
In: I. CASSOTHERM : Zborník príspevkov z 1. vedeckej medzinárodnej konferencie. Elsewa, Kosice, [2], 2009.
38. Kalmár, F., Kalmár, T., **Csáki, I.**, Husi, G.: Interrelation between ACH and air temperature distribution in a room.  
In: ROOMVENT 2009, 111th International Roomvent Conference Proceedings : May 24- 27 May, 2009 Busan, Korea. [S.n.], Busan, 911-917, 2009.
39. **Csáki, E.**: Determinarea etanseitatii cladirilor.  
In: Instalatii Pentru Constructii si confortul ambiental, Conferentia cu participare internationala, Editia a 18-a 2-3 aprilie 2009 Timisoara-Romania. Ed.: Adrian Retezan, Editura Politehnica, Timisoara, 99-107, 2009.

**Total IF of journals (all publications): 4,679**

**Total IF of journals (publications related to the dissertation): 3,289**

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of Web of Science, Scopus and Journal Citation Report (Impact Factor) databases.

1 April, 2015

