

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**ALACSONY EXERGIAIGÉNYŰ FŰTÉSI-SZELLŐZÉSI RENDSZEREK HŐÉRZETI
VIZSGÁLATA VÁLTOZÓ ÜZEMÁLLAPOTOK SORÁN**

Kalmár Tünde Klára

Témavezető: Prof. Dr. Zöld András



DEBRECENI EGYETEM
Földtudományi Doktori Iskola

Debrecen, 2013

1. Bevezetés

Az épületenergetika területén az Európai Parlament és Tanács 2002/91/EK Irányelve (a továbbiakban EPBD) rögzíti, hogy „a lakás- és szolgáltatói ágazat, amelynek legnagyobb részét az épületek teszik ki, a Közösség végső energiafelhasználásának több mint 40%-át képviselik, és folyamatosan bővül; ez a tendencia az energiafogyasztás, így a széndioxid-kibocsátás növekedésével is jár.” Az Irányelv kijelenti továbbá, hogy „Az épületek befolyást gyakorolnak majd a hosszú távú energiafogyasztásra, és ezért az új épületeknek eleget kell tenniük a helyi éghajlathoz szabott minimális energiateljesítmény-követelményeknek. E tekintetben a legjobb gyakorlatot össze kell hangolni az energiateljesítmény növelése szempontjából fontos tényezők optimális kihasználásával. Mivel az alternatív energiaellátó rendszerek alkalmazásának lehetőségei általában még nincsenek teljesen kihasználva, meg kell vizsgálni az alternatív energiaellátó rendszerek műszaki, környezeti és gazdasági kivitelezhetőségét; ezt a tagállamok egyszer végezhetik el egy olyan tanulmány által, amely meghatározza az energiatakarékossági intézkedések sorát az átlagos helyi piaci feltételek mellett, a költséghatékonyság kritériumainak szem előtt tartásával. Az építkezés megkezdése előtt egyedi vizsgálatok kérhetők, ha az intézkedést vagy intézkedéseket kivitelezhetőnek ítélik.” Az Irányelv hatályba lépése óta az Európai Unió országaiban, így Magyarországon is kidolgozásra kerültek azok a rendeletek és számítási eljárások, melyek szerint az épületeket energetikai szempontból tanúsítják, illetve meghatározásra kerültek azok az energetikai és hőtechnikai követelmények melyeknek az új építésű épületek, illetve a nagyobb felújításoknak alávetett épületek meg kell, hogy feleljenek. A 2002/91/EK Irányelvet 2010-ben módosították. A 2010/31/EU Irányelv az épületek energiahatékonyságáról már azt rögzíti, hogy „A tagállamok biztosítják, hogy: 2020. december 31-ig valamennyi új épület közel nulla energiaigényű épület legyen; és 2018. december 31. után a hatóságok által használt vagy tulajdonukban levő új épületek közel nulla energiaigényű épületek legyenek.”

Mindezek alapján látható, hogy az Irányelvek az épületek energiafogyasztásának folyamatos csökkenését várják el a tagországokban. Az épületeknek viszont rendeltetésük szerint biztosítaniuk kell a megfelelő köz- és komfortérzetet a benttartózkodók számára annak érdekében, hogy a lehető legjobb eredményeket érjük el a munkahelyi teljesítmény illetve a szórakozás és regenerálódás tekintetében.

2. A kutatás célja

Az EPBD eredeti és módosított változata egyaránt tartalmazza, hogy az energiatakarékosság nem mehet az épületben tartózkodók komfortérzetének rovására, nem járhat egészségügyi kockázattal.

Kutatásom arra irányul, hogy a hőérzet kérdéseit a jövőben várható feltételek figyelembevételével vizsgáljam.

Ez a jövő – amint az 2010-ben kiderült – nem is olyan távoli, hiszen az EPBD 2018 évi határidőre várja el a tagállamoktól, hogy a közel nulla energiaigényű épületekre vonatkozó nemzeti szabályozásokat életbe léptessék és két lépcsőben (2019-től az állami, 2021-től valamennyi újonnan létesített épület feleljen meg a nemzeti szabályozásban foglalt követelményeknek).

Bár a kutatómunka kezdetén mindez nem volt előre látható, a tendencia akkor sem volt kérdéses, hiszen a nemzeti szabályozások szigorodtak és a „passzívházak” divatja is folyamatosan terjedt és terjed, a kérdés csak a szigorítások üteme volt.

Az EPBD szerinti közel nulla energiaigényű épületek két ütemben történő bevezetése is sugallja, hogy a vizsgálatokat többféle épületrendeltetésre célszerű elvégezni. Mint a két ütem

egy-egy jellemző épületfajtaját az iroda és a lakó épületekben jellemző hőérzeti problémák vizsgálatát tűztük ki célul.

A közel nulla energiaigény alapfeltétele nyilvánvalóan „az épület magas energetikai teljesítménye”, ami a hazai szaknyelvre lefordítva elsősorban kitűnő hőszigetelést, emellett légtömör épülethéjat, jó nyári árnyékolást jelent. Ez nyilvánvalóan mérsékelt, alacsony fűtési energiaigényekhez vezet és amennyiben a jó nyári hővédelem (a jó hőszigetelés miatti) túlmelegedés kockázatát mérsékli, akkor a hűtési energiaigény is alacsony lesz.

Az energiatakarékosságot illetően vizsgálataimat a mennyiségi kérdésem túl a minőségi szempontokra is kiterjesztettem. Az energetikában a minőséget is jellemző fogalom: az exergia a felhasznált energiahordozók mechanikai munka potenciáljának függvénye, utóbbi okán pedig a megújuló forrásokból nyerhető alacsony potenciálú energiahordozók alkalmazásának szempontjából bír jelentőséggel.

A jó hőszigetelésű és légtömör épületköpeny több olyan problémát vet fel, amelyek a jelenlegi épületállományra nem jellemzőek. Ezek közül a következők vizsgálatára tértem ki:

- Az alacsony fűtőtéljesítmény igény azzal jár, hogy átlagos téli állapotok mellett a helyiségbe belépő egy vagy két személy metabolikus hőleadása, egy elektromos fogyasztó teljesítménye a fűtőtéljesítménnyel összemérhető és kellő szabályozás hiányában túlfűtésre vezet. Lakóépületek esetében a folyamatos, a rendszeresen periodikus és a véletlenszerű lakáshasználat egyaránt lehetséges. Irodaépületek esetében a napi és heti rendszeres használati periodicitást a funkció természetes velejárójának tekinthetjük.
- A használaton kívüli időszakokban nyilván felesleges a helyiségeket a hőérzeti szempontból előírt belső hőmérsékleten tartani. Tervezett, szabályos periodicitású használat esetén meghatározható, mikorra kell ezt az állapotot elérni – nem közömbös azonban, hogy ez mennyi energia és exergia felhasználással jár. Kérdés, hogy a felfűtési szakasz belenyúlhat-e a helyiség használatának időszakába, ha igen, ennek milyen hőérzeti és energetikai következményei vannak.
- Az előzőek, valamint a fűtőtéljesítmény igényel összemérhető belső hőterhelések folyamatosan változó üzemállapotokat jelentenek, amelyek mind hőérzeti, mind energetikai szempontból csakis jól szabályozott rugalmas fűtési rendszerekkel tarthatók kordában. A rugalmasságot illetően kétségtelenül a légfűtések a legelőnyösebbek. Ha a ventilátorok energiaigényét mérsékelni akarjuk, kis térfogatáramot alkalmazunk (esetleg csak a friss levegőt) – ez azonban magas befűvási hőmérsékletet (és a léghevítőnél még egy hőmérsékletlépcsőt) jelent. A befűvási hőmérséklet csökkentésének ára a nagyobb térfogatáram – azé viszont a ventilátorok magasabb energiafogyasztása. Mindkét opció exergia tekintetében előnytelen, ezért (a légfűtések mellőzve) a különböző, nagyobb időállandójú, de exergia szempontjából előnyösebb konvektív és sugárzó fűtési rendszerek tranzien üzemállapota mellett kialakuló hőérzeti kérdéseket vizsgálom.
- Lakóépületek esetében a légtömör épülethéj felveti a kielégítő szellőztetés kérdését – ezzel összefüggésben vizsgálataimat arra korlátoztam, hogy van-e és ha igen, milyen hatása a fűtési rendszernek a természetes szellőztetésre a korszerűnek és energiatakarékosnak mondott résszellőzők (tricky ventilátor) alkalmazása mellett.
- Irodaépületek esetében ma már természetesnek tekintendő a légtechnikai rendszerek alkalmazása, vizsgálataim tehát a fűtési és a helyiségen belüli légvezetési rendszer együttes hatására is kiterjednek.
- Az épületek jó hőszigetelése fokozza a nyári túlmelegedés kockázatát. Már jelenlegi épületeink esetében is súlyos gond a nyári hőérzet vagy a gépi hűtés igénye: utóbbi akár energia, akár exergia szempontjából nézve szignifikáns többletigénnyel jár.

Ennek értelmében a nyári feltételekre vonatkozó kutatásom a gépi hűtés mellőzését lehetővé tevő szellőzési rendszerekre irányul.

Mindezen kérdések megválaszolását tűztem ki célul kutatási munkám során, melyet 2007-ben kezdtem el. A hazai és a nemzetközi szakirodalom feldolgozása után 2007-2011 között számos mérést végeztem összesen mintegy 100 alany bevonásával. Különböző üzemi viszonyok mellett vizsgáltam a szubjektív hőérzet alakulását, illetve összevettem a mérési eredményeket a hő- és áramlástan, valamint a komfortelmélet alapösszefüggéseinek felhasználásával kapott eredményekkel. Az alanyok életkora 22-28 között szórt és arra törekedtem, hogy egyenlő számban vegyenek részt az egyes kísérletekben nők és férfiak. Az alanyok kiválasztásánál figyelembe vettem azokat a szempontokat melyek Wyon-Bánhidi rögzít *„A minta nagyságának kérdése a belső környezeti hatásokkal foglalkozó kutatásokban”* c. cikkben. Méréseimet a Debreceni Egyetem Épületfizikai Laboratóriumában végeztem 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, tézisek

1. Tézis

A vizsgált épületek esetében az energia-megtakarítások a hőtechnikai felújítások után, hőszivattyús felületfűtést alkalmazva elérték a 60-70%-ot. Az energiatudatos épületfelújítás racionalitását (megtérülési idő, jelenérték) jellemzően az elérhető energiamegtakarítás vizsgálata alapján mérlegelik. Ez a mennyiségi szemlélet nem veszi figyelembe az energia minőségét. Mivel a megújuló forrásokból általában alacsony potenciálon nyerhető energia az exergetikai vizsgálat célravezetőbb.

Lakóépületek reprezentatív mintáján, különböző kiindulási állapotokat és felújítási stratégiákat elemezve kimutattam, hogy a minőséget is jellemző exergiában elérhető megtakarítás az energiamegtakarításnál lényegesen nagyobb (akár 90% exergiamegtakarítás is elérhető, de minden esetben az exergiában elért megtakarítás meghaladta az energiamegtakarítás mértékét).

2. Tézis

Az épületek felújításával a légtömörséget általában jelentősen javítják korszerű nyílászárók beépítésével. Ennek negatív következményei lehetnek a penész és a rossz belső levegő minőség, ha a felújítás során nem építenek ki szellőző rendszert is. Egyik mérési sorozatom célja az volt, hogy megállapítsam, az alkalmazott fűtési mód milyen hatással van a zárt térbe beáramló levegő mennyiségre, ha a légbevezető és elvezető nyílásokat az ablakkeretbe építenénk be. ***Nyílászárók kereteiben akaratlagosan létrehozott állandó keresztmetszetű szellőző nyílások vagy szándékolatlan rések, beépítési és működési hézagok mellett a helyiségben spontán módon kialakuló légáramlás 20 Kelvint meghaladó belső-külső hőmérsékletkülönbség esetén a nyílászáró alatt elhelyezett radiátoros fűtés esetén a legkisebb, összehasonlítva a padló- és mennyezetfűtéssel.***

3. Tézis

Megvizsgáltam milyen hatással van a tér mérete a kialakuló közepes sugárzási hőmérsékletre. A számításokat az alábbi peremfeltételek mellett végeztem el:

- a zárt tér egyetlen külső szerkezettel rendelkezik (külső fal);
- a helyiség szalagablakokkal rendelkezik;
- a fűtőtestek a helyiség hosszában az ablak alatt helyezkednek el;

- a padlófűtés esetén a fűtőfelület azonos a helyiség alapterületével;
- a fűtőtestek, illetve a padlófűtés által leadott hő egyenlő a helyiség mindenkori hőigényével.

3a. Összefüggést írtam fel a közepes sugárzási hőmérséklet, a belmagasság, illetve a helyiség homlokzattal párhuzamos mérete között. Zárt terek reprezentatív mintáján végzett vizsgálatok alapján megállapítottam, hogy a tér középpontjában a közepes sugárzási hőmérséklet változása parabolikus úgy a helyiség belmagassága, mint a helyiség hossza függvényében.

3b. A homlokzat energiatudatos felújítása után a tér középpontjában kialakuló közepes sugárzási hőmérséklet kisebb lesz, mint felújítás előtt. Megállapítottam továbbá, hogy a közepes sugárzási hőmérséklet értéke kisebb a padlófűtés esetében, mint a radiátoros fűtés esetében, ha a helyiségméretek és a határolószervezetek hőtechnikai jellemzői azonosak.

4. Tézis

Kidolgoztam egy mérési sorozatot a padló- és a mennyezetfűtési mód egymást követő szakaszos üzemeltetésére vonatkozóan. A mérés kezdetén a mennyezetfűtést kapcsoltam be, majd később a padlófűtést. Az energiaigény műszeres mérése mellett élőalanyos méréseket végeztem a szubjektív hőérzeti viszonyok elemzése érdekében.

Alacsony kezdeti hőmérsékletről induló különböző üzemeltetési menetrendek során kialakuló lég- és közepes sugárzási hőmérsékletek élőalanyos vizsgálata alapján meghatároztam azt az üzemeltetési menetrendet, amely a felfűtési időszakban a legkedvezőbb hőérzetet biztosítja és megállapítottam, hogy ez az üzemeltetési menetrend a felfűtési periódusban a folyamatos üzemeltetéssel összehasonlításban 27% energiamegtakarítással jár.

5. Tézis

Megvizsgáltam egy-egy szakaszos üzemeltetési módot a padló- és a mennyezetfűtés esetében mikor hővisszanyerővel ellátott kiegyenlített szellőzés van kialakítva, különböző légcsereszámok mellett. Nem lehetett alkalmazni ugyanazt az üzemeltetési tervet a padló- és a mennyezetfűtés esetében a különböző hőtehetetlenség és felületi hőmérsékletek miatt. A padlófűtés esetén a rendszer a mérés indításával egy időben indult, majd három óra után kikapcsolásra került. A mennyezetfűtés esetében a rendszert, a mérés indítása után egy órával indítottam csak be, majd két óra üzem után kikapcsolásra került. Így a mérés során a padlófűtés három órán át, a mennyezetfűtés pedig két órán át üzemelt. A mérések során mértem a felületi hőmérsékletek alakulását, a légsebességek változását és a turbulencia intenzitást a tartózkodási helyen. Ez utóbbiakból megállapítottam a huzattal elégedetlenek százalékos arányát, mely mindvégig elfogadható volt. Az operatív hőmérséklet padlófűtés esetében 19-21 °C között-, mennyezetfűtés esetében pedig 19-22 °C között változott. A mérést 32 egyén bevonásával végeztem, így kaptam választ a szubjektív hőérzet alakulására. Az adatokat boxplot diagramban értékeltem ki. **Megállapítottam, hogy a mérési hőmérsékletintervallumban a négy órás kísérlet időből, három órán keresztül az alanyok 80%-a megfelelőnek ítélte a hőérzetet. A mérési adatok alapján meghatároztam a megtakarítható energiamennyiséget, mely mennyezetfűtés esetében 10,4% volt, padlófűtés esetén pedig 6,2%.**

6. Tézis

Megvizsgáltam, hogy az MSZ CR 1752 előírásainak betartása különböző komfortkategóriák esetében milyen energetikai befektetést igényel.

6.a Megállapítottam, hogy egyes komfortkategóriák között fűtés és hűtés esetén is akár háromszoros lehet az energiaigény aránya.

6.b Megállapítottam, hogy ha egy épület hőtechnikai felújítása után, nyári időszakban, a közepes sugárzási hőmérséklet 28 °C-ról 24 °C-ra csökken, akkor a felújítás előtti állapotnak megfelelő operatív hőmérséklet 2,5 K-el magasabb léghőmérséklettel is biztosítható, ami hagyományos kompresszoros hűtési rendszer és 8 K külső belső hőmérsékletkülönbség esetében mintegy 26% exergiamegtakarítást eredményez.

7. Tézis

Mivel a gépi hűtés általában nagy energiabefektetést igényel és ez befolyásolhatja az alacsony energiaigényű épület szabályozásban rögzített követelmények alapján történő minősítését és besorolását műszeres mérésekkel megvizsgáltam, hogy a magas ambiens hőmérséklet hatása ellentételezhető-e a légsebesség növelésével. Három különböző légvezetési módot hasonlítottam össze. **Megállapítottam, hogy ha az ambiens hőmérséklet 26 °C akkor még 8-szoros légcsereszám mellett sem alakulnak ki a tartózkodási zónában olyan légsebességek, melyek a nagyobb konvekciós hőelvonással a hőérzet megítélését érdemben javítanák.**

8. Tézis

Miután bizonyítást nyert, hogy már a 26 °C ambiens hőmérséklet hőérzeti hatása sem ellentételezhető a helyiség egészének átöblítése során kialakuló légsebességek révén (amelyek a nagy légcsereszám miatt fokozott energiafogyasztással is járnak) kifejlesztettünk egy újfajta légvezetési rendszert, melyet váltakozó irányú személyi szellőzésnek neveztünk el (ALTAIR). A kísérleti berendezés gyakorlati kivitelezéséhez szükséges szabályozástechnikai részletek kidolgozásában, valamint a szabadalmi oltalom elnyeréséhez szükséges egyes szabályozástechnikai részletek műszaki leírásának elkészítésében tanszéki munkatársak is közreműködtek. Erre vonatkozóan elkészítettünk egy kísérleti berendezést. Úgy a berendezésre, mind az eljárásra vonatkozóan a Debreceni Egyetem szabadalmi bejelentést tett a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatalnál.

8.a Az új berendezéssel élőalanyos mérések sorozatát végeztem el, elemeztem a kapott szubjektív hőérzeti értékeket és megállapítottam, hogy még 30 °C ambiens hőmérséklet mellett is az alanyok 0,1-0,4 értékkel jobbnak minősítették a hőkomfortot a 7 pontos hőérzeti skálán az új berendezés esetében, mint a hagyományos szellőzőési módnál. 28 °C ambiens hőmérséklet mellett pedig több alany már negatív hőérzeti értékeket jelölt be a mérések során, ami a hűtési/szellőzési teljesítménycsökkentés lehetőségére utal.

8.b Mértem a széndioxid koncentrációt hagyományos szellőzés esetén és az új váltakozó irányú személyi szellőzés esetén is. A mérések eredményeként megállapítottam, hogy míg a hagyományos szellőzőési mód mellett a széndioxid koncentrációja folyamatosan emelkedett, addig a váltakozó irányú személyi szellőzés esetén csaknem állandó maradt a mérések időtartama alatt.

PUBLIKÁCIÓK

1. Folyóiratban megjelent publikációk

1.1 Lektorált, referált, impakt faktorral rendelkező nemzetközi folyóirat

- [1] **KALMÁR T., ZÖLD A.:** *Human components of low energy buildings*, Environmental Engineering and Management Journal, Vol 10, No. 9 September 2011, ISSN: 1582-9596 (**Lektorált és referált**) (**IF=1.004**) (*SCOPUS*, Web of Science)
- [2] **KALMÁR F., KALMÁR T.:** *Analysis of floor and ceiling heating with intermittent operation* Environmental Engineering and Management Journal, Vol 10, No. 9 September 2011, ISSN: 1582-9596, (**Lektorált és referált**) (**IF=1.004**) (*SCOPUS*, Web of Science)
- [3] **KALMÁR F., KALMÁR T.** *Interrelation between room geometry and mean radiant temperature*, Energy and Buildings 37. Kalmár F., Kalmár T. Interrelation between room geometry and mean radiant temperature, Energy and Buildings Volume 55, December 2012, Pages 414-421, (ISSN: 0378-7788, **IF: 2.386**), (**Lektorált és referált**) (*SCOPUS*, Web of Science)

1.2 Lektorált, referált nemzetközi folyóirat

- [1] **KALMÁR F., KALMÁR T.** *Energy class, building structure and solar gains*, Journal of Harbin Institute of Technology (New Series) 14 (SUPPL.), 2007, p. 81-84 (*SCOPUS*) (ISSN 100 59113) (**Lektorált és referált**)
- [2] **KALMÁR T. HUSI G., SAHIN Y., KALMÁR F., IKBAL E.** *Neural network predictor for thermal comfort conditions*, Journal of Computer sciences and Control systems, Academy of Romanian Scientists, University of Oradea, vol. 2. no. 2, 2009, p. 97-102. (ISSN 1844-6043) (**Lektorált és referált**)
- [3] **KALMÁR, T. KALMÁR, F.** *Comfort and energy analysis of heating up*, Int. Rev. of Applied Sciences and Engineering, 1 (2010), 1-2, p. 35-43 (DOI: 10.1556/IRASE 1.2010.1-2.6) (ISSN 2062-0810) (**Lektorált és referált**)

1.3 Lektorált hazai folyóirat

- [1] **HALÁSZ, GY-NÉ. KALMÁR, T.** *Különböző hőtermelővel ellátott fűtési rendszerek exergetikai összehasonlítása, I. rész*, Magyar Épületgépészet LVI. évf. 2007/12 (**lektorált**).
- [2] **HALÁSZ, GY-NÉ. KALMÁR, T.** *Különböző hőtermelővel ellátott fűtési rendszerek exergetikai összehasonlítása, II. rész*, Magyar Épületgépészet LVII. évf. 2008/1-2 (**lektorált**)
- [3] **KALMÁR, T.** *Sugárzó fűtések elemzése szakaszos üzemeltetés esetén*, GÉP, A Gépipari Tudományos Egyesület Műszaki Folyóirata LIX.évfolyam 2008/8 (**lektorált**)
- [4] **KALMÁR F. KALMÁR T.** *A komfortkövetelmények, az épületek primer energia fogyasztása és az exergiaszemlélet*, Magyar Építőipar, 4. sz., 2011, p. 131-136 (**Lektorált**)
- [5] **KALMÁR T.** *Családi házak fűtési exergiaigényének elemzése*, Magyar Épületgépészet, LVIII. évfolyam, 2009/9. szám (**lektorált**)

2. Konferencia kiadványban megjelent publikációk

- [1] **KALMÁR, T.** *Utilization time at intermittent heating*, Int.conf. Instalatii pentru Constructii si Confortul Ambiental, 29-30 Martie, Timisoara, Romania, 2007.
- [2] **KALMÁR, F. KALMÁR, T.** *Interrelation between ACH, PMV and heating system type*, ROOMVENT 2007, 13-15 June, Helsinki, Finland, 2007.
- [3] **KALMÁR, T.** *Physical Aspects of Infiltration at Closing Elements of Buildings*, Conferinta tehnico-stintifica. Instalatii pentru constructii si economia de energie, 5-6 Iulie, Iasi, Romania, 2007
- [4] **HALÁSZ GY-NÉ, KALMÁR, T.** *Spatial optimization of heating seatback*, International Conference. Indoor Air Quality, 28-31 October., Sendai, Japan, 2007 (SCOPUS)
- [5] **KALMÁR, F. KALMÁR, T.** *Exergy Consumption for Heating in Retrofitted Detached Houses*, Nordic Symposium on Building Physics, 15-18 June, Denmark, 2008.
- [6] **KALMÁR, F. KALMÁR, T.** *Thermal comfort conditions having surface heating and fresh air introduced directly in the room*, Indoor Air, 17-22 August Copenhagen, Denmark, 2008
- [7] **KALMÁR, F. KALMÁR, T.** *Balance point temperature of buildings*, Int.conf. Instalatii pentru Constructii si Confortul Ambiental, 17-18 Martie, Timisoara, Romania, 2008.
- [8] **KALMÁR, T.** *Thermal comfort feeling during the heating-up and cooling down period of surface heating systems*, 14th „Building Services, Mechanical and Building Industry days” Int. Conference, 30-31 October, Debrecen, Hungary, 2008
- [9] **KALMÁR, F. KALMÁR, T. VARGA, E. KOCSIS, I. JENEI, T. CSOMÓ, GY.** *Energy and comfort aspects of infiltration at closing elements of buildings*, The 29th AIVC Conference, „Advanced building ventilation and environmental technology for addressing climate change issues” 14-16 October, Kyoto, Japan, 2008
- [10] **KALMÁR, F. KALMÁR, T. CSÁKI, I. HUSI, G.** *Interrelation between ACH and air temperature distribution in a room*, ROOMVENT 2009, The 11th International Conference on Air Distribution in Room, 24-27 May, Busan, Korea, 2009
- [11] **GULYÁS, L. FÓRIÁN, S. KALMÁR, T.** *Fluidum áramlási energiavesztéseinek egységes értelmezése*, Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka XIV, Műszaki Tudományos Füzetek, 26-27 március, Kolozsvár, Románia, 2009
- [12] **KALMÁR, F., KALMÁR, T., VARGA, E., CSÁKI, I., JENEI, T.**, *Effects of building refurbishment on the operative temperature and ACH*, 9th International Conference and Exhibition - Healthy Buildings 2009, 7 September 2009; Code94942, (SCOPUS).
- [13] **KALMÁR, T. ZÖLD, A.** *Thermal comfort in low energy houses*, „Design technology refurbishment of buildings”, 37th IAHS World Congress on Housing Science, 26-29 October, Santander, Spain, 2010
- [14] **KALMÁR, F. KALMÁR, T. CSÁKI, I.** *Certification of Residential Buildings Using the Detailed and the Simplified Method*, 15th International Conference on Civil Engineering and Architecture, ÉPKO 2011, 2-5 June, Csíksomlyó, Románia, 2011, ISSN1843-2123