



Hővisszanyerős lakásszellőzés – teljesen másként

A fokozottan légtömör nyílászárók alkalmazásából jelentős előnyök is származnak, de beépítésük során nem szabad elfeledkezni a gondosan megtervezett, kivitelezett és üzemeltetett szellőztetésről sem.

A hagyományos falszerkezetekkel (kisméretű téglá, B30, Porotherm, Ytong...) és hagyományos, kis légtömörségű nyílászárókkal (pl. kapcsolt gerébtokos, Tessauer rendszerű ablakok) épült épületeknél a téli fűtési időben egyáltalán nem jelentett gondot a helyiségekben a normál használatból keletkező, naponta több liternyi nedvesség eltávolítása a belső levegőből. Ennek túlnyomó része, átlagosan legalább 97 százaléka a kialakult 1-1,5-szeres óránkénti légcserével, természetes szellőzéssel távozott a nyílászárók résein keresztül, a maradék rész, tehát legfeljebb 3 százalék pedig páradiffúzió útján a falszerkezeteken át, a fal hőszigetelésétől majdnem függetlenül [1].

A szellőzésnek tehát döntő szerepe van a téli nedvességtranszportban, s ha a fokozottan légtömör nyílászárók alkalmazása miatt a természetes légcseréje igen jelentősen lecsökken (0,1-0,2-szeres óránként [2]), a falszerkezetek nem tudják átvenni a szerepét, nem tudják megoldani a rájuk háruló, nagyságrendileg megnövekedett szellőzési-páraelvezetési feladatot. Ennek jól ismert következménye – ha a

megfelelő szellőztetést egyéb módon nem biztosítják – a belső levegő relatív nedvességtartalmának feldúsulása lesz, ami sajnos sokak által jól ismert módon szélsőséges esetben a hőhidas falsarkokban kezdődően páralecsapódáshoz, majd pedig törvényszerűen penészesedéshez vezet. A penész nagyon nehezen eltávolítható, de megfelelő szellőztetés hiányában rövid idő elteltével újra megjelenik. Nem csak csúnya, de veszélyt jelent az egészségre is. Természetesen a belső levegő minőségének egyéb jellemzői is romlanak a megfelelő szellőzés hiányában: elég, ha csak a CO₂-koncentráció növekedését és a nem kívánt szagok feldúsulását említem.

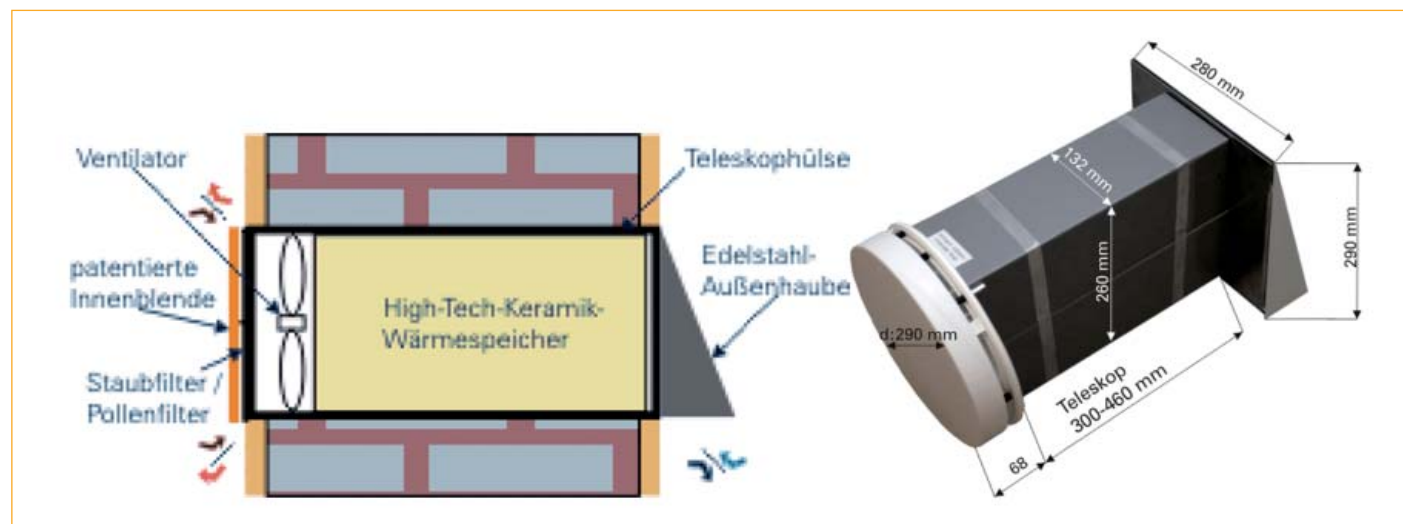
Nyilvánvaló, hogy az ilyen fokozottan légtömör nyílászárók alkalmazásából jelentős előnyök is származnak. A fűtési hőszükséglet (nyáron hűtési igény) csökken, mérséklük a külső zajokat, nem engedik be a port. A szellőzés nem „spontán” módon valósul meg, hanem ott, akkor, olyan mértékben és úgy, ahogy azt szeretnénk – de ehhez gondosan megtervezett, kivitelezett és üzemeltetett szellőztetésre van szükség.

Kissé eltúlozva azt is mondhatjuk, hogy a fokozottan légtömör zárású ablakokról beszélve el kell felejteni, hogy azok szellőzésre valók! Szellőztetni ugyan természetesen lehet velük időszakonkénti kézi nyitással, de a minden szempontból megfelelő légcserét egyáltalán nem biztosítják sem az épület, sem a használói számára. Hogy az ilyen, nagy légtömörségű nyílászárók mellett is elkerülhető legyen a páralecsapódás és annak következményeként a penészesedés, valamint az egészségügyileg szükséges friss levegő bejuttatását is biztosítsák az épületekbe, több ismert megoldást dolgoztak ki és alkalmaznak is. Természetesen a külső hideg szellőző levegő bejuttatásánál gondoskodni kell annak valamilyen módon – lehetőleg energiatakarékosan – történő felmelegítéséről is, ez fűtési energiát igényel, s így nem elhanyagolható költségkihatása is van.

Igaz ez annál is inkább, mert az előírások szerinti, egyre jobb hőátbocsátási tényezőjű határoló szerkezetek (fal, földem, nyílászárók...) alkalmazásával az épületek transzmissziós hőigénye jelentősen csökken, így

Az „inVENTer” szellőzőegysége

1. ábra





A hypocaustum sémája és az üreges téglafalazat részlete

2. ábra

a szellőzési hőigény részaránya egyre jelentősebb lesz – távlatban gyakorlatilag ez lesz az egyedüli valós hőigény egy lakóépületben (a passzívházaknál már most is az), s ez igen felerősíti a hőviszanyerés szerepét a lakásszellőzésben.

A jól ismert 7/2006 TNM rendelet felülvizsgálatával a határoló szerkezetek előírt hőátbocsátási tényezői jelentősen szigorodnak 2012-től, csak példaként említem a külső fal 0,45 W/m²K jelenlegi U értékének 0,30-ra csökkenését annak előrevetítésével, hogy ez 2015-től 0,26-ra, 2019-től pedig 0,22-re fog szigorodni, s a tendencia a többi határoló felületre nézve is hasonló [3]. A 7/2007 TNM rendeletet megalapozó EPBD 2002/91/EK direktíva helyére az EPBD „recast” 2010/31/EU fog lépni, ami – sok egyéb mellett – a „közel 0 energiaigényű” épületeket tűzi ki célként új középületekre 2018-tól, 2020-tól pedig minden új épületre vonatkozóan. Ennek talán legfontosabb eleme, hogy az energiahatékonyságra vonatkozó minimumkövetelményeket költségoptimalizált szinten kell majd meghatározni az épület életciklusának figyelembevételével – ami igen jelentős szemléletváltás [4].

A JELENLEG ISMERT LAKÁSSZELLŐZÉSI MEGOLDÁSOK

Ezek közül négyet említek meg:

- a Purmo cég úgynevezett „szellőztetőradiátora”;
- (higroszabályozású) légbevezető szerkezetek (pl. Aereco, Helios...);

- központi hőviszanyerős lakásszellőző egységek (pl. Aldes, Helios, Rosenberg, Dantherm, Paul...);
- helyiségenkénti hőviszanyerős szellőzőrendszerek (Öko-Haustechnik inVENTer GmbH [5], Maico, Helios...).

Az elsőt az északi országokban széles körben használják, ma már nálunk is megtalálható a termékpalettán, de még nemigen alkalmazzák. A második megoldás jól ismert és egyre általánosabban alkalmazott, higroszabályozású változata kismértékű energiamegtakarítást is lehetővé tevő rendszert alkot elszívó ventilátorokkal kiegészítve. A harmadik kategória komplett, komfortos és energiatakarékos megoldást ad egy lakóépület számára, de hazai elterjedését igencsak korlátozza magas ára.

Jelen cikkben csak a negyedik csoportot emelem ki, ezek a szellőzőberendezések hazánkban még szinte ismeretlenek és igen ritkán alkalmazottak. Közülük az inVENTer megoldását egy külföldi szakkiállításon láttam meg, ahol ötletes működését megismerve azonnal „elültette a bogarat a fülembe”, végső soron ezen a nyomon elindulva jutottam el találmányom alapötletéhez. A szellőzőrendszer helyiségenkénti hőviszanyerős szellőzést valósít meg meglévő vagy új épületekben. Lényege, hogy helyiségenként a külső falba fűrt (vagy a falazásnál kihagyott) két vízszintes tengelyű nyílásba ventilátort és sajtol, sok-

lyukú, speciális kerámias hőtároló-hőcserélőt tartalmazó szellőzőegységet építenek be (1. ábra).

A két együttműködő szellőzőegység közül az egyik elszívóként, a másik befűvőként üzemel, de ezeket a funkciókat 70 másodpercenként váltogatják. Így az első fázisban télen az egyik egység elszívja és kidobja a helyiség meleg levegőjét, miközben annak lehűtésével (úgynevezett „hulladékhőjének” hasznosításával) felfűti a kerámia hőtárolót, majd 70 másodperc elteltével a második fázisban a külső hideg levegőt fűjja keresztül az előzőleg felmelegített hőtárolón, ahol az felmelegszik s így jut a helyiségbe. A másik egységnél ugyanez a folyamat ellenfázisban történik. A hőcsere itt tehát nem egy határoló fal két oldalán egyszerre áramló közegek között történik, hanem időben eltolva, egy-egy hőtároló-hőcserélő kerámiaelem felfűtésével (hő betárolása) majd lehűtésével (hő kinyerése). A hőcserének ezt a módját a szakirodalomban regeneratív hőcserének nevezik. A rendszer dokumentált mérések szerint igen gazdaságosan, kis energiafogyasztás mellett 91 százalék hőviszanyerési hatássfokkal üzemel, de nagyon drága, így elsősorban a meglévő lakásokban a már megindult penészesedés megszüntetésére építik be Németországban. A belső oldalon található ventilátor egyben zajforrás is, ezt egy speciális, hangcsillapító kivitelű anemosztáttal csökkentik elfogadható szintre.



Balra a hagyományos, jobbra a csiszolt téglából épített falazat

3. ábra

A FLUCTUVENT RENDSZER ÖTLETE ÉS KIALAKÍTÁSA

Az általam FluctuVentnek elnevezett és itt-hon már szabadalmat nyert találmányhoz (az európai bejegyzés folyamatban van) az „inVENTer” kerámia hőtároló-hőcserélő elemének és a manapság az épületek külső tartófalainak falazásához legelterjedtebben használt falazóelem, a közönséges üreges égetett agyagtégla összevetése vezetett el. Történetesen egy fűtéstechnika előadásra készültem, amit történeti áttekintéssel akartam kezdeni, itt többek között a régi rómaiak hypocaustum néven ismert kombinált padló- és falfűtéséről is beszélni szerettem volna. A 2. ábrán bemutatott (egyébként már általam is sokszor látott) képeket nézve „esett le a tantusz”: a téglá sokkal több, mint egyszerű építőanyag! A mai soklyukú üreges szerkezetű, kerámia anyagú téglá minden változtatás nélkül alkalmas hőtárolónak, hőcserélőnek, az üregek miatt légszűrő funkcióit is betölthet, és akár a váltakozó légáramlási irány is egyszerűen megvalósítható – vagyis ha nem is hetet, mint a mesében, de négyet egy csapásra!

Ilyen használata ugyan egyáltalán nem volt ismert eddig, sőt a függőleges légjáratokat a falazáskor a falazóelemek egymáshoz kötését biztosító kb. 1–1,5 centiméteres ágyazóhabarcs réteggel le is zárják, amivel tudatosan megakadályozzák a légáramlást a hagyományos falazatokban, így növelve a fal hőszigetelő képességét.

A technika azonban ezen a területen is változik, fejlődik: Nyugaton már majd két évtizede használják (mára már szinte kizárólagosan), Magyarországon pedig szintén terjed az úgynevezett „csiszolt” téglá (pl. Wienerberger Porotherm N+F Profi, Porotherm HS Profi), amit $\pm 0,5$ milliméter magasságtűréssel gyártanak (3. kép). Falazáskor csupán egy 1 milliméteres ragasztóhabarcs réteget terítenek a téglákra, ami csak azok kerületén és belső bordáin biztosít kötséget közöttük, a függőleges légjáratokat azonban nem zárja le. Így már eleve, a falazás során kialakulnak az egymással párhuzamos függőleges légszűrőcskákból álló összefüggő kürtök a falazatban, akár a helyiség teljes belmagasságában padlótól födémig

– anélkül, hogy bármilyen különleges megoldásra volna szükség ezek létrehozásához. A ragasztóhabarcsos falazáson kívül ismert és egyre szélesebb körben használt a Dryfix Extra purhab csíkos eljárás is, amely az előzővel legalább egyenértékű a kürtök kialakulása szempontjából.

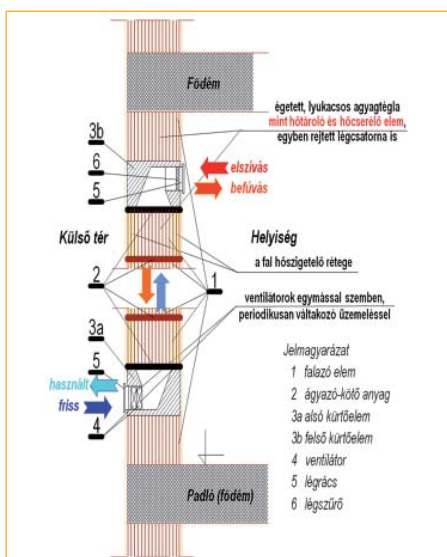
Már itt megjegyzem, hogy ilyen kürtő hagyományos (nem csiszolt) téglával, hagyományos vastag habarcskötéses falazás során is kialakítható egy egyszerű kirekesztő sablon alkalmazásával és egy kis odafigyeléssel – erre később részleteiben is kitérek majd.

Ha az épület külső falazatában így kialakuló függőleges légjáratokat például alul a külső tér felé, felül pedig a belső tér felé nyitjuk meg, máris rendelkezésünkre áll egy olyan szellőzőkürtő, amibe ventilátort, légrácsokat és légszűrőt beépítve rendkívül egyszerűen jutunk egy hővisszanyerős szellőzőegységhez. Ennek hőtároló-hőcserélő elemét maguk a téglabordák, vagyis a falazat saját anyaga szolgáltatja ingyen, a falazással egy műveletben elkészülően – ráadásul teljesen rejtetten, sem külön helyet, sem külön szerelési anyagot, sem külön munkát nem igényelve. Ha ilyen szellőzőkürtőből kettőt alakítunk ki egy helyiségben, ezek párban – de bizonyos időközönként váltakozva ellentétes légáramlási iránnyal – üzemelve együtt biztosítják a kiegyenlített befúvó-elszívó szellőzést.

Találmányom sémáját a 4. ábrán mutatom be, ami a FluctuVent fantázianevű, váltakozó áramlási irányú, helyiségenkénti hővisszanyerős szellőzőrendszer elvi vázlatát mutatja a külső falra merőleges függőleges metszetben az egyik szellőzőkürtőn keresztül.

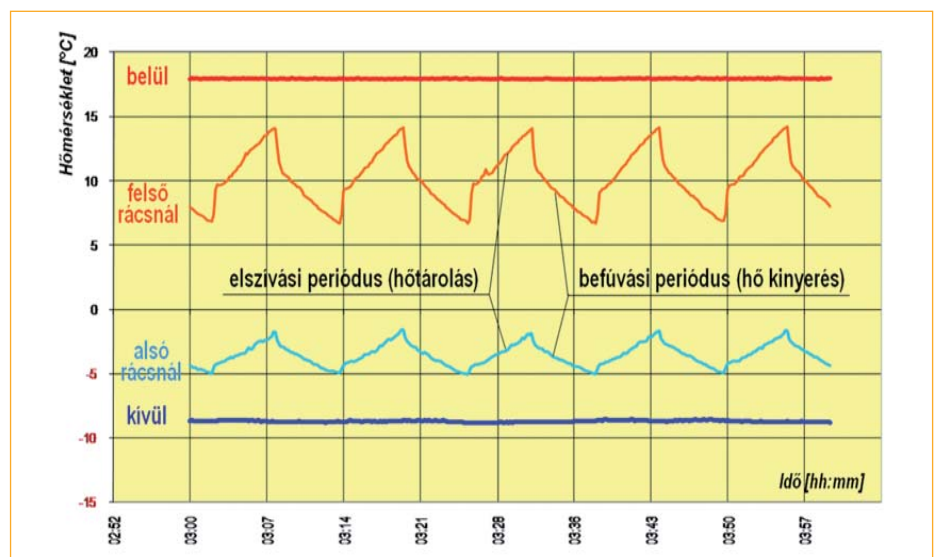
A FluctuVent szellőzőrendszer sémája

4. ábra



A jellemző hőmérsékletek változása

5. ábra



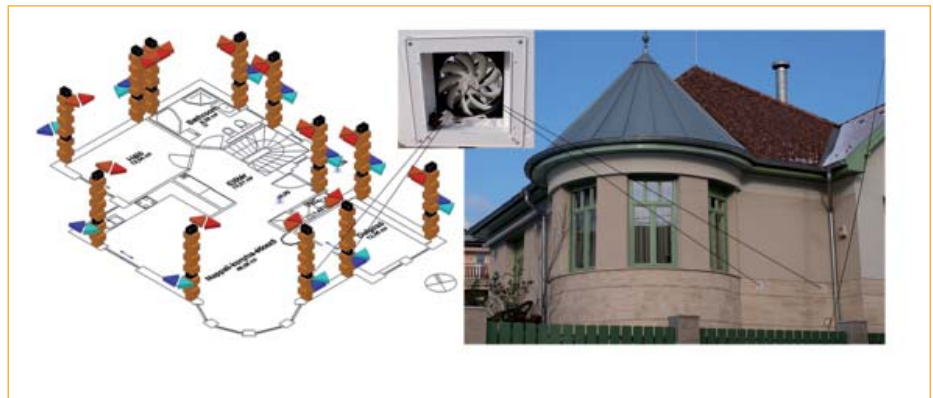


Egy mintaprojekt építés közben

6. ábra

A szellőzőkürtőt a külső és belső térhez kapcsolódó, téglaszélességű alsó és felső kürtőelemek alakítják ki a falazatban. Ezek kívül és belül is lezárnak egy-egy sávot a légáramlás elől (így azok továbbra is hőszigetelőként működnek), míg a falazat belsejében függőleges légszűrő alakul ki. A kürtő alsó részén, a külső oldalon két axiális ventilátor található egymással szembe fordítva (a számítógépekben általánosan alkalmazott, nagyon üzembiztos 12 V egyenáramú házhűtő ventilátorok 1,5 W névleges teljesítménnyel), ezek közül hol az egyik, hol a másik üzemel 6 percenkénti váltással, ~0,4-0,6 l/h légcserét biztosítva 17–23 m³/h térfogatárammal egy átlagos 4 × 4 × 2,5 méter méretű helyiségben. A külső és belső oldali kitorkollásoknál légrácsok és légszűrők találhatók.

A szellőzőrendszer az inVENTer-nél már ismertetett elven működik, amit röviden megismétlek a FluctuVent-re alkalmazva. Az első fázisban télen az egyik szellőzőkürtő egyik ventilátora elszívja és kidobja a helyiség meleg levegőjét, közben az abból elvont „hulladékhővel” felfűtve a téglalabdákat. Bizonyos idő elteltével, a második fázisban a másik ventilátor lép működésbe, ez a külső hideg levegőt fűjja keresztül az előzőleg felmelegített szellőzőkürtőn, a levegő a kürtőt lehűtve felmelegszik s így jut a helyiségbe. A másik szellőzőkürtő-egységénél ugyanezek



Másik mintaprojekt: sematikus szellőzési terv és az elkészült épület

7. ábra

a folyamatok pontosan ellenfázisban történnek, vagyis hő betárolási és hő kinyerési fázisok váltogatják egymást a váltakozó irányú légáramlási periódusokban. Az ilyen regeneratív hőcsere jósága, határfoka (sok más hőtechnikai és áramlástechnikai jellemző, például a hőtároló fajhője, tömege, a levegő áramlási sebessége, méretek... mellett) függ a fűtési és a lehűtési periódusok hosszától. Ennek optimális értékét számításokkal és mérésekkel lehet meghatározni, esetünkben a szokásos 2,40-2,70 méter belmagasságok esetén kialakítható 7 téglator magas kürtőnél ez 6 percre adódott.

A FluctuVent szellőztetőberendezés nyári időszakban alkalmas az úgynevezett „free cooling” (ingyen, vagy úgynevezett paszszív hűtés) üzemmódra is, ami azt jelenti, hogy az éjszaka folyamán a helyiség belső levegőjénél hidegebb külső levegőt fel tudja használni a helyiség hűtésére – s mindezt például az ablaknyitással összehasonlítva pormentesen és zajmentesen teszi. Ilyenkor a légáramlás iránya nem változik időről időre, az egyik kürtő folyamatosan befűj, a másik pedig elszív.

A találmány szerinti kialakításban megépítettem egy kísérleti berendezést az Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék fűtés laboratóriumában és azon méréseket is végeztem, 13 ponton mérve és gyűjtve hőmérséklet és relatív páratartalom értékeit. A mérésekből kiragadott egy téli példa hőmérséklet-változásait az egyik kürtő légrácsainál, valamint kívül és belül az 5. ábrán mutatom be.

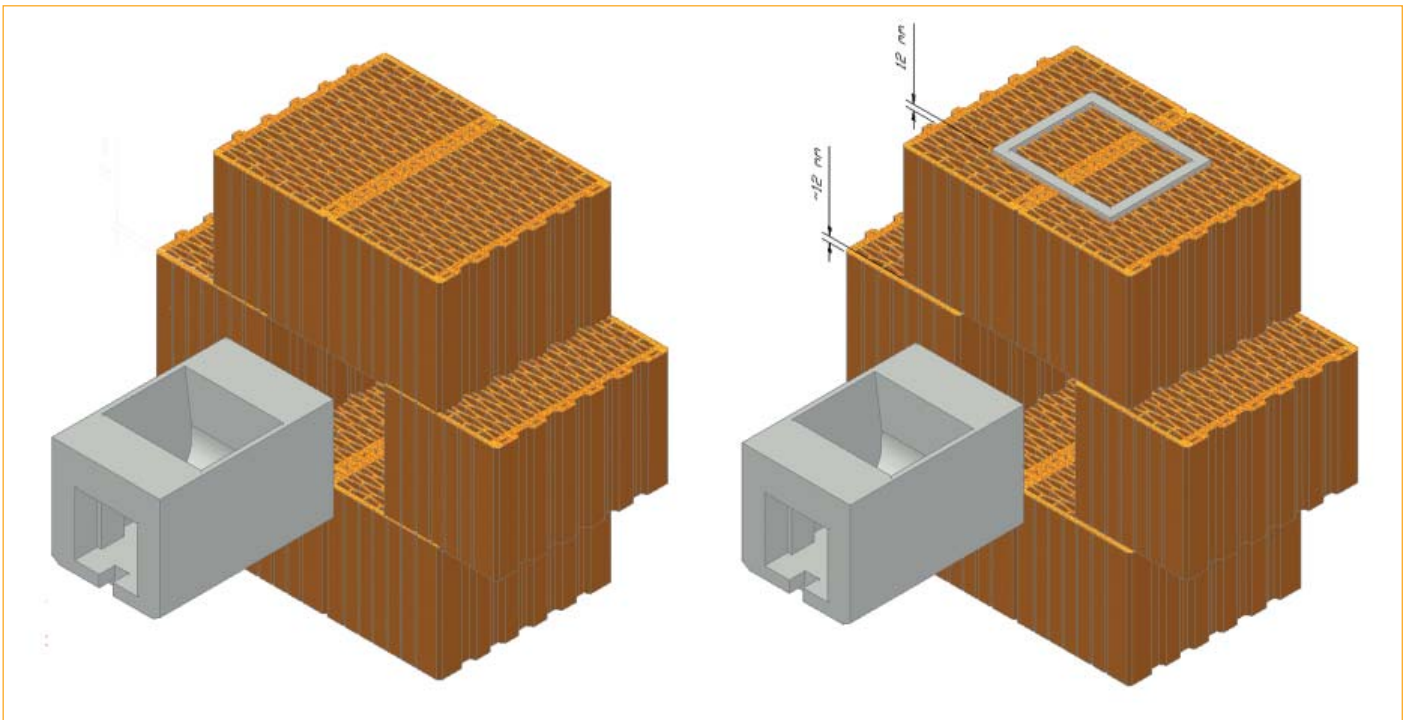
A szellőzőberendezés a téglalabdák porozitása miatt képes télen az elszívott levegő nedvességtartalma egy részének pára formájában történő tárolására, ez azonban semmiképpen sem kondenzációt jelent. Ezt a tárolt párákat a befűtési periódusban a külső száraz friss levegő felveszi, így ez a szellőzés kevésbé

szárítja a helyiség levegőjét, mint a regeneratív hőcserevel működő lakásszellőzők, vagy az egyszerű ablaknyitások szellőzés. Léteznek persze ilyen nedvesség-visszanyerést is megvalósító központi lakásszellőzők, de az árak teljesen más kategória.

Villamos kollégám kidolgozta a FluctuVent szellőzés úgynevezett PIC technológián alapuló egyszerű programvezérlését, ami valósidejű órával és hőérzékelőkkel egész évben optimális automatikus üzemet biztosít, természetesen a kézi beavatkozás mindenkorai lehetőségével.

Az építési és üzemi tapasztalatok, valamint a mérési eredmények is meggyőzőek voltak a laborban, így ezután „in vivo” mintaprojektek következtek, az első egy debreceni épület volt (6. ábra). Van olyan elkészült ház is Budapesten, ahol már két évben is tudtam helyszíni méréseket végezni lakott körülmények, valódi lakáshasználat mellett (7. ábra).

A FluctuVent szellőzőberendezés megépítése a falazatba integrált szellőzőkürtőkkel egyszerűen, gyorsan és olcsón történt a mintaépületeknél is. A szellőzés az egészségügyi elvárásoknak teljesen megfelelő légcserét teremtett a helyiségekben: a külső levegő 550 ppm CO₂-koncentrációja mellett a belső 688 ppm volt egy 8 napos mérés átlagában. A maximum az 1000 ppm-et csak percekre lépte túl, miközben az előírt minimum érték 1500 ppm. Télen a szellőzés a páralecsapódás elkerüléséhez szükséges mértékben csökkentette a belső levegő nedvességtartalmát. 75–85 százalékos hatásfokú hővisszanyerést valósított meg, ami például 22 °C belső és 0 °C külső hőmérséklet esetén 16,5-18,7 °C közötti befűtési hőmérsékletet jelent, de ez gyorsan elkeveredik a belső levegővel és huzatot sem okoz. Igen csendesen működött: mindössze 1 dB(A) hangnyomásszint-növekedést okozott a lakóterekben a légrácsoktól 1,5 méterre, ami emberi



Szellőzőkürtő kialakítása: balra csiszolt, jobbra hagyományos téglával, habarccsal és kirekesztő sablonnal

8. ábra

füllel teljesen észrevehetetlen. A lakáshasz-
nálók legnagyobb előnyeként azt értékelték,
hogy a lakásban mindig friss a levegő, egy-
szerűen nem érzik szükségét az ablaknyitások
szellőztetésnek.

Az építészek általában igen nagyra értéke-
lik, hogy a FluctuVent szellőzés sem a helyi-
ségben, sem a lakásban nem foglal el hasz-
nos helyet, nem kell a méretes szellőzőgépnek
helyet biztosítani, vagy például a légszűrő-
kat elrejtetni, álmennyezetbe dugni, mert lég-
csatornák egyszerűen nem is léteznek.

A szellőzőberendezés üzeméből jelentős fűtő-
teljesítmény-, energia-, energiahordozó- és
költségmegtakarítás származik. Az energia-
megtakarítás értéke $4 \times 4 \times 2,5 = 40$ köbmé-
teres átlagos méretű helyiségenként fajlagosan
>25 kWh/m²/év, ami legalább évi 50 köbméter
földgáz megtakarításával egyenértékű. A szel-
lőzés működése által megtakarított fűtőener-
gia több mint tízszerese a működtetéséhez fel-
használnak, ami kivételesen jó érték.

Szeretnék végezetül néhány szót a FluctuVent
szellőzőrendszer építéstechnikájáról is szólni.
A falazásnál csak a kürtőelemek későbbi elhe-
lyezése számára szükséges téglahelyeket kell
kihagyni a 2. és a 10. téglasorokban, ügyelve,
hogy azok függőlegesen pontosan egymás
alatt-felett helyezkedjenek el. A 8. ábra a csi-
szolt és a hagyományos téglával készült fala-
zást is bemutatja. Ez utóbbinál a szellőző-
kürtő kialakításához habarcskirekesztésre egy
EPS150 polisztirolhabból készült bennmaradó

sablont használunk. A szintén EPS150 anyagú
alsó-felső kürtőelemek csak a külső-belső
vakolás előtt kerülnek a helyükre, purhabbal
rögzítve. A vakolásnál a kürtőelemek nyílásait
vakdugó védi az eltömődéstől.

Ezt megelőzően el kell készíteni a működté-
téshez és vezérléshez szükséges vezetékvezetést
8 eres fali UTP-kábellel, célszerűen védőcső-
ben, a külső falsíkon falhoronyban vezetve.
A külső-belső festés után kerülhet sor a lég-
rácsok beépítőkereteinek felszerelésére,
ehhez a kürtőelemekben előre szerelt dübelek
találhatók. Az előszerelt ventilátoregységet
behelyezzük az alsó kürtőelemekbe, majd
bekötésük és az épületenkénti két hőérzékelő
bekötése után lehet a légszűrőket elhelyezni
és a légrácsokat bepattintani. A légszűrők
belül G2 fokozatúak (mint például a fan-coil
szűrők), kívül pedig G4 pollenszűrő minősé-
gűek, cserélhető kivitelűek. A kábelek köz-
ponti vezérlő egységbe történő bekötése
után a szellőzőrendszer üzemkész. A vezér-
lés kiegészíthető egy páratartalom-szabá-
lyozó modullal, ami télen különösen energia-
takarékos üzemet biztosít. A vezérlő jelzi, ha
szűrőcserére van szükség, de azt is, ha netán
meghibásodna egy ventilátor.

A FluctuVent szellőzőrendszert idén bemutat-
tuk a Construma-Hungarotherm kiállításon,
ahol sok szakmai és nem szakmai érdeklődő-
től kaptam elismerő szavakat, jellemző volt a
„Nagy ötlet, de kár, hogy nem én találtam ki!”
típusú. Bár nem minden tekintetben vethető

össze az ott nagy számban és változatosságban
megjelent központi lakásszellőzőkkel (például
kizárt a talajhő hasznosításának kapcsolt lehe-
tősége...), de belső levegőminőség szempon-
tjából semmivel sem nyújt kevesebbet azok-
nál. Feltétlen előnye viszont velük szemben a
minden szempontból tekintett egyszerűsége,
és ennek következtében jóval barátságosabb
ára is – ami talán sok új épületnél teszi majd
elérhetővé az energiatakarékos és komfortos
szellőzés megvalósítását a sajnos még mindig
nem felszálló ágban lévő lakáspiacon. Jelen-
leg a sorozatgyártás előkészületei folynak, s
remélem, jövőre már széles körben az építke-
zők rendelkezésére tud állni a FluctuVent szel-
lőzőrendszer.

Csiha András

*okl. épületgépész mérnök, főiskolai docens
Debreceni Egyetem Műszaki Kar*

Irodalom

- [1] Austrotherm Akadémia: *Pára a falban*. http://www.austrothermakademia.hu/?link=para_a_falban-Oldal-40-211.html
- [2] Dr. Szánthó Zoltán–dr. Chappon Miklós–Elek László: Lakott családi ház légforgalmának mérése ellenőrzése, *Magyar Épületgépészet*, 2007/11. szám, 7–11. o.
- [3] <http://energiavadasz.hu/?p=1083>
- [4] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:HU:PDF>
- [5] www.inventer.de