

SZAKDOLGOZAT

Dobos György

ÉÜG VI.

Debrecen

2011.



DEBRECENI EGYETEM
MŰSZAKI KAR

ÉPÜLETGÉPÉSZETI ÉS LÉTESÍTMÉNYMÉRNÖKI TANSZÉK

University of Debrecen
Faculty of Engineering
Department of Building Services and Building Engineering



ÉÜG-N-XX/2009/Y

SZAKDOLGOZAT

Dobos György

Épületgépészeti szakirány, nappali tagozat, VI. évfolyam

A SZAKDOLGOZAT TÉMÁJA:

LAKÁSSZELLŐZÉS

- a szellőzés szerepe és szükségessége,
- a gravitációs szellőzéstől a ventilátorosig,
- a frisslevegőtől a hővisszanyerőig,
- a helyitől a központiig,
- a hagyományos épületektől a passzívházakig.

Végezzen méréseket a „FluctuVent” nevű, magyar találmány szerinti lakásszellőző rendszernek a fűtéstechnikai laborban lévő mintadarabján és egy már megépített mintaprojektjén, dolgozza fel és értékelje az eredményeket.

TANSZÉKI KONZULENS:

Csiha András

főiskolai docens

KÜLSŐ KONZULENS:

Nagylucskay László

épületgépész mérnök

Debrecen, 2010. október 5.

DR. KALMÁR FERENC

Tanszékvezető, főiskolai tanár

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	5
2. Szellőzés szerepe és szükségessége	6
2.1. A légzés frisslevegő igénye	7
2.2. A belső levegő páratartalma.....	10
2.3. Korokozók, allergének lakásunk levegőjében	11
2.4. Kémia anyagok, radioaktivitás káros hatásai.....	13
3. Az épületek szellőztetésének módozatai.....	15
3.1. Természetes szellőzés	16
3.1.1. Szélnyomáson alapuló természetes szellőzés	16
3.1.2. Gravitáción alapuló természetes szellőzés	17
3.2. Mesterséges szellőztetés.....	19
3.2.1. Elszívó szellőztési rendszerek	19
3.2.2. Befűvások szellőztési rendszer	25
3.2.3. Kiegyenlített szellőztési rendszerek	25
3.2.3.1. Rekuperatív szellőztési rendszerek	30
3.2.3.2. Regeneratív szellőztési rendszerek	31
4. Passzívház	34
4.1. Hagyományos épületektől a passzívházakig	34
4.2. A passzívház szellőztési szempontból.....	35
5. FluctuVent szellőző rendszer	42
5.1. Laborkörülmények közötti mérések.....	47
5.1.1. A hőmérséklet és páratartalom mérése	48
5.1.2. A légszállítás mérése	51
5.1.3. Zajmérés	54
5.2. Mintaprojekten történő mérések	57
5.2.1. Hőmérséklet és páratartalom mérés	58
5.2.2. Zajmérés	59
5.2.3. Helyiségen kívüli CO ₂ mérés	64
5.2.4. Helyiségen belüli CO ₂ mérés	65
5.2.5. Összetett diagram a CO ₂ változásról.....	66
5.3. Eredmények értékelése.....	67

6. Összegzés	76
7. IRODALOMJEGYZÉK.....	77
MELLÉKLET	80
Mérőműszerek ismertetése.....	81
Diagramok	83
Táblázatok	84
Képek	86

1. Bevezetés

A lakóházak, bármely korban is épültek az embert védték a hidegtől, a hőségtől és nedvességtől. Régebben általánosan 50-80 cm vastag falakat építettek, ma ennek harmada-negyede az elterjedt falvastagság. A belső falfelületek páragazdálkodók voltak, a belmagasság elérte a 4 métert, a nagy felületű nyílászárók pedig a pillanatnyi szélviszonyoktól függően szellőztették a lakásokat. Ehhez képest ma sokkal kisebbek a hasznos légterek, és minden felületet elzárunk attól, hogy páragazdálkodó tudjon lenni: hidegburkolattal, vastag műanyag festéssel, jól szigetelt nyílászárókkal.

Azonban minden kornak megvannak a maga technikai kihívásai. Az energiatakarékos épületek létesítése, a meglévő épületek energiatudatos felújítása korszerű rendszerekkel olyan feladat, amelynek sikeres megoldása az egyén és a társadalom számára egyaránt nagy jelentőségű. A ma használt korszerű építő anyagok a technológiájuk fejlődésével, egyre fontosabb szerepet töltenek be a lakások szellőzésében. Az építőipari fejlesztések, mint például a korszerű falazó anyagok és ezeken alkalmazott hőszigetelés, a fokozott légtömör nyílászárók alkalmazása, jelentős előnyt jelent az energia felhasználásban. Ezeket alkalmazva elérhetjük, hogy a lakások hőszigetelő képessége javuljon és a fűtési hő szükséglet csökkenjen.

Az egészséghez és a jó közérzethez elengedhetetlen a légcseré. Mindennapi életünknek egyik fontos eleme a tiszta levegő belélegzése. Egészséges levegő, megfelelő páratartalom fűtési szezonban zárt ablakok mellett. Lehetséges e ez ?

2010 őszén lehetőségem adódott egy budapesti családi ház FluctuVent szellőzési mintaprojektjének megismerésére.

Azért választottam az épületgépészet e területét a szakdolgozatom témájaként, mert a mai korban fontos, hogy megtaláljuk a legalkalmasabb légtechnikai megoldást az intelligens szellőzés világában, ami választ ad a komfortigényekre és a költségtakarékosságra egyaránt.

2. Szellőzés szerepe és szükségessége

Életünk legnagyobb részét, közel 90%-át épületekben töltjük. Otthonunk, a munkahelyünk, az iskola mind-mind zárt tér, amelynek levegőjét naponta hosszabb időn keresztül lélegezzük be. Számos tanulmány kimutatta, hogy lakótereinkben sokféle szennyező anyag (festék, ragasztók, ablaktisztítók, laminált padló bevonata, tisztítószer, illatosítók, parfümök) a szabványos előírásoknál, vagy a WHO ajánlásánál sokkal nagyobb koncentrációban van jelen, különösen akkor, ha a szellőzés nem működik kielégítően.

„ A szellőzésnek tehát döntő szerepe van a téli nedvességtranszportban, s ha a fokozottan légtömör nyílászárók alkalmazása miatt a természetes légcseré igen jelentősen lecsökken (0.1...0.15-szörös óránként), 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 is vezet. A penész nagyon nehezen eltávolítható, de megfelelő szellőztetés hiányában rövid idő elteltével újra megjelenik. Nemcsak 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.

Természetesen az ilyen fokozottan légtömör nyílászárók alkalmazásából jelentős előnyök is származnak: a fűtési hőszükséglet (nyáron hűtési igény) csökken, jelentősen mérséklődik 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 gépi szellőztetésre van feltétlenül szükség.” [1]

Egészen pontosan arról van szó, hogy fokozottan légtömör nyílászárókkal manuálisan (kézi nyitás-zárás) lehet ugyan szellőztetni, azonban a megfelelő légcserét nem biztosítják – ráadásul ez a módszer télen jelentős hőveszteséggel, nyáron pedig hőnyereséggel jár, a nyitott ablakon pedig a por és zaj is bejön. Miként kerülhető el a páralecsapódás, penészesedés, valamint hogyan lehet a friss levegőt az épületbe juttatni, sokakat foglalkoztató kérdéssé vált. Többféle megoldást alkalmaznak a külső hideg levegő energiatakarékos felmelegítésére, valamint a minőségileg megfelelő hőátbocsátási tényezőjű határolószervezetekkel az épület

transzmissziós hőigénye csökken, ezáltal a szellőzési hőigény részaránya egyre jelentősebb lesz.

A következőkben kiemelem azokat a szempontokat, amelyek a megfelelő szellőzés biztosításához szükségesek.

2.1. A légzés frisslevegő igénye

Tapasztalatok bizonyítják, hogy a nem megfelelő levegőminőség fáradékonyságot, teljesítménycsökkenést és rosszullétet okoz. Az aluszékonyság, a gyakori fej- és ízületi fájdalmak, gyulladt vagy fáradt szemek sok esetben a rossz levegőre vezethetők vissza.

A levegőben lévő gázok, gőzök, szagok, porok vagy egyéb szennyezőanyagok rontják a belső levegő minőségét. Az MSZR – 1752 előírás szerint a belső levegő minőség kívánt értéke 60-150 m³ / h / fő, vagy annál magasabb is lehet.

A szennyezőanyagok semlegesítése miatt több friss levegőre van szükség. Az ideális klímához szükséges frisslevegő igény 30 m³ / h.

„A hazai MSZ 04. 135/1-1982 szabvány szerint a kötelező frisslevegő igény:

- dohányzás nélküli terek esetén 20 m³ / h, fő
- dohányzás esetén 30 m³ / h, fő ” [2]

A munkavégzés jellege szerint az MSZ 21875-2-1991 szabvány a frisslevegő igényt pontosítja:

Munkavégzés	Minimális frisslevegő igény [m ³ / h, fő]
szellemi munka	30
könnyű fizikai munka	30
közepesen nehéz fizikai munka	40
nehéz fizikai munka	50

1. Táblázat. Frisslevegő igénye Forrás: Bánhidi-Kajtár: Komfortelmélet [2]

Az épületben lévő személyek lélegzésükkel széndioxidot bocsátanak a környezetbe. Egy átlagos felnőtt férfi 15,4 l/h széndioxiddal terheli környezetét. A nem megfelelő légcseré következtében a széndioxid felgyülemlik a levegőben, ami káros fiziológiai következményekkel jár a bent tartózkodókra. Az egészséges levegőjű helyiségben a széndioxid 800ppm-nél alacsonyabb koncentrációban van jelen, míg 1200ppm-es koncentráció, huzamosabb bent-tartózkodás esetén fejfájást, hányingert, koncentrációzavart

okoz. Az épület használóinak komfortérzete romlik. Nyílt égésterű tüzelőberendezések helyiségeiben az elégséges légcserre különösen fontos, mind a tüzelőberendezés működése, mind az emberi élet védelme szempontjából. [3]

Tevékenység	ΣQ (W / fő)	Légzési V (m ³ / h)	K_{CO_2} (l / h)	O ₂ fogyasztás (l / h)
Nyugalmi állapot	-	0,3	12	14
I. ül, olvas	120	0,375	15	18
II. nagyon könnyű munka	150	0,575	23	27
III. könnyű munka	190	0,75	30	35
IV. nehéz munka	> 270	> 0,75	> 30	> 35

2. Táblázat. Az ember széndioxid termelése Forrás: Bánhidi-Kajtár: Komfortelmélet [2]

Az 2. táblázat rámutat arra, hogy a nehezebb munka végzésével egyenes arányban nő az elfogyasztott oxigén mennyisége és ezzel párhuzamosan a kibocsátott széndioxid mennyisége is nő.

A belső levegőminőség (BLM) alatt a komfortterek levegőjének minden olyan termikus jellemzőjét értjük, amelyek az ember közérzetét és egészségét befolyásolják. Max von Pettenkofer a belső levegő minőségét a levegő széndioxid tartalma alapján értékelte. Megállapította, hogy 1000ppm (part pro million) CO₂ tartalom a „jó levegő kritériuma”. A mai szabványok 1500 ppm térfogat koncentrációt engednek meg.

0,1 tf%	1000 ppm	Pettenkofer szám
2,5%	25000 ppm	nincs még hatás
3%	30000 ppm	erős mély légzés
4%	40000 ppm	órákon át fejfájást, fülzúgást, szívdobogást, szédülésérzetet, pszichikai izgalmat okoz
5%	50 000 ppm	0,5-1 órán át halált okozhat
8-10%	80 000-100 000 ppm	azonnali halál

A légzés frisslevegő igénye: $\dot{V} = \frac{K_{CO_2}}{k_{meg} - k_k} \left[\frac{m^3}{h, fő} \right]$

ahol:

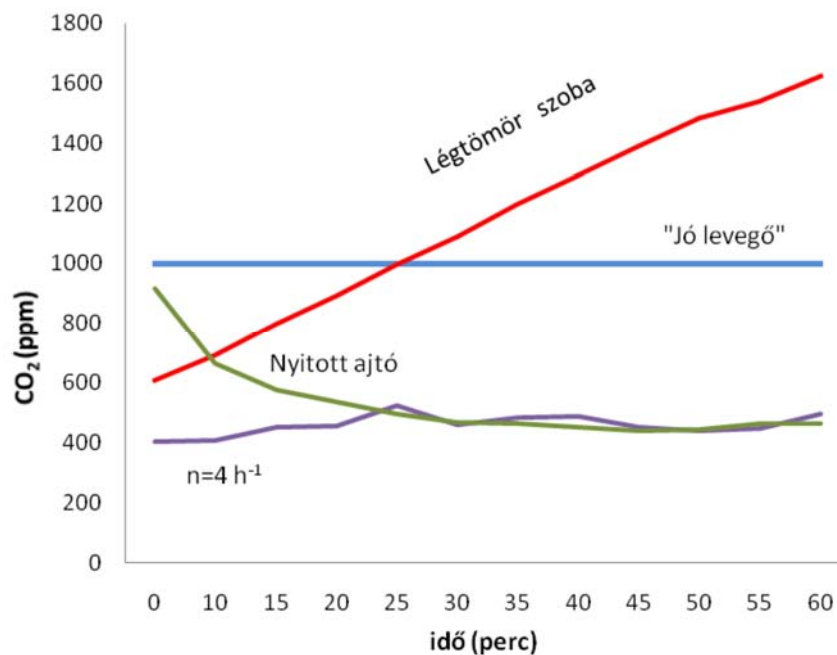
az ember CO₂ kibocsátása: $K_{CO_2} \left[\frac{m^3}{h, fő} \right]$

a CO₂ koncentráció megengedett értéke a komforttérben: $k_{meg} \left[\frac{m^3}{m^3} \right]$

a CO₂ koncentráció a külső levegőben: $k_k \left[\frac{m^3}{m^3} \right]$

[2]

Az (1. ábra) szemlélteti a széndioxid koncentráció változását különböző szellőztetés esetén egy dolgozószobában.



1. ábra. CO₂ koncentráció változása

Forrás: Csáki Imre: Szennyező anyagok a belső környezet levegőjében [4]

A németországi előírások szerint a helyiség rendeltetésétől függően $20-60 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{fő}$ frisslevegő térfogatáramot kell biztosítani, ami dohányzás esetén $40-80 \text{ m}^3/\text{h}/\text{fő}$ értékre növekszik. Ezen túlmenően meghatároznak padlófelületre vonatkoztatott frisslevegő-igényt is, mely szinten a helyiség rendeltetésétől függően $4-20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ lehet. A kétféle módon meghatározott térfogatáram közül mindig a nagyobbikat kell választani, és a levegőminőségi igényeket is ki kell elégíteni.

A fenti értékek alapján megállapítható, hogy a hazai előírások kevesebb frisslevegő igénnyel is megelégszenek.

2.2. A belső levegő páratartalma

Akár folyékony, akár vízgőz formájában a víz az elsődleges problémaforrás az építőiparban. Már kis mennyiségű vízgőz is elegendő ahhoz, hogy közvetlenül, vagy közvetve hatással legyen a használók egészségére, és az épület szerkezeti elemeire. Légzőszerveink hozzávetőlegesen 40-60% relatív páratartalom mellett működnek megfelelően, az ennél nagyobb páratartalom káros a bent tartózkodókra és az épületre egyaránt.

A jó hőszigetelésű új, vagy utólag szigetelt régi épületekben a szigetelés és a nyílászárók fokozott légzárása együttesen okozhat komoly pára gondokat: a leghidegebb felületeken a víz kondenzációját a párazáró rétegnél nedvesedést, a fal hőszigetelő képességének leépülését. A nedvesség nagy része hétköznapi emberi tevékenységek - légzés, felületi kipárolgatás, mosás, ruhaszárítás, főzés, zuhanyzás - következtében szabadul fel. Ezen kívül jelentős a szobanövényeink hozzájárulása a belső páratartalom növekedéséhez. Ha a lakás levegőjének páratartalma a kedvezőnél alacsonyabb ez kiszáríthatja nyálkahártyáinkat, köhögés léphet fel, komfortérzetünk csökken, nő a felsőlégúti fertőzések kockázata.

Ugyanez a hatás érvényesül a nyári melegben használatos légkondicionáló készülékeknél is. Az egészséges nyálkahártyának nem szabad kiszáradnia, így érdemes meggondolni a párásító berendezések beszerzését. Fontos ügyelni azok tisztaságára, mert ha ez a berendezés hemzseg a gombáktól, illetve baktériumoktól, akkor könnyen többet árthat, mint amennyit használ.

Nyáron az emberek hőleadás a testfelszínen keresztül történő párologtatás révén megnő, így a maximális páratartalom felső határa kitolódik. Ez a hőleadás függ a nedves bőrfelület és a környezeti levegő közötti vízgőz parciális nyomáskülönbségtől.

Télen viszont a páratartalom alsó határát nem a kellemes közérzet (az emberek hő leadása), hanem az egészségtechnikai követelmények határozzák meg. A száraz levegő könnyebben felveszi a port és a különböző aeroszoloikat, mint a nedves, mivel a levegő páratartalma hatással van a részecskeméretre is. A túl száraz helyiséglevegő kiszárítja a nyálkahártyát, s annak védőfunkciója így lecsökken. A téli időszakban egy jól szellőztetett helyiség levegőjének relatív páratartalma a kritikus 35% alá csökkenhet. Ennek veszélye főleg a frisslevegős lakásszellőztetéssel ellátott energiatakarékos épületeknél áll fenn.

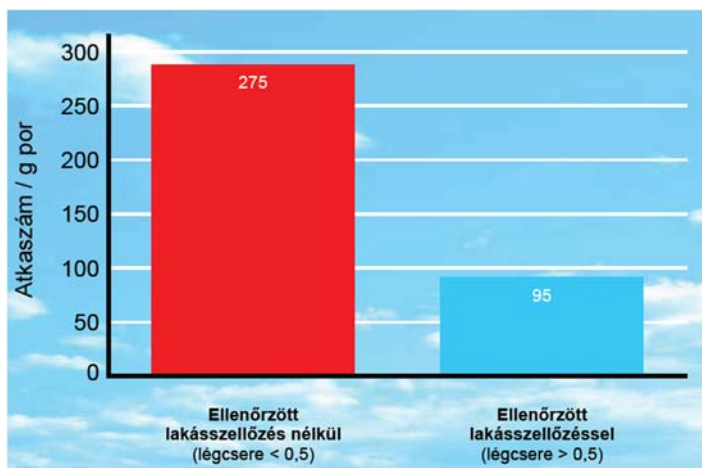
A feladat tehát a lakás kellő mértékű, kontrollált szellőztetésével egyidejűleg a helyiségek páratartalmának a szabályozása. A cél, hogy ne keletkezzenek káros páralecsapódások (az épületszerkezet leghidegebb részein, a falsarkokban és az esetleges hőhidaknál megjelenő penészgomba ennek köszönhető) és hogy ne lépjen fel egészség károsító hatás. A penészképződés előfeltétele a 2-5 napig tartó kapilláris kondenzáció. Ha a kapilláris kondenzáció kialakulását megakadályozzuk, a penészképződés kockázatát minimumra csökkenthetjük. Télen javasolt páratartalom érték: 7 g/kg, illetve kb. 45%-os relatív páratartalom 21°C-on. [5]

2.3. Korokozók, allergének lakásunk levegőjében

A korokozók közül a legismertebbek a gombás fertőzések, melyek első sorban a bőrt és a légutakat érintik, valamint egy olyan baktérium fajta, amely a legionárius betegséget okozza. Ez a baktérium nagyon szereti a párás környezetet, nem kellően szellőző helyiségben feldúsul, ezáltal fertőző képessége is megnő. A csíra számot lehet csökkenteni a páratartalom csökkentésével, a levegő keringtetésével. A tüdőgyulladást és egyéb légúti gyulladást okozó fajok közül a Mycoplasma fajok a 40% alatti és 60% feletti nedvességtartalmat is jobban viselik, míg egyes Streptococcus és Staphylococcus fajok inkább a száraz levegőt kedvelik.

A levegőben terjedő vírusok is eltérően tolerálják a párat. A kanyarót okozó Morbilli vírus, a bárányhimlőt, övsömört okozó Varicella-Zoster vírus, illetve a rózsahimlőt okozó Rubeolavírus 50% alatti, a főleg felső légúti fertőzéseket, kötőhártya gyulladást okozó adenovírusok 70% feletti nedvességtartalom mellett fertőzőképesek. A jellegzetes tünetekkel járó vírusos felső légúti fertőzésekért felelős influenzavírusok szárazabb levegőben bizonyultak életképesebbnek. Úgy tűnik tehát, hogy a 40-70%-os relatív páratartalom a vírusos és bakteriális fertőzések kockázatát is csökkenti. [6]

Energia megtakarítás céljából a korszerű szigetelési eljárásokkal és a légmentesen záródó ablakokkal megszüntetjük a természetes légcserét, így a lakásunkban az emberi tevékenység által termelődő nedvesség (légzés, fürdés, mosás, főzés) - nem is beszélve a különféle szennyezőanyagokról - egyre jobban terhelik a belső környezetünket, párafeldúsulást, penészesedést eredményeznek.



2. ábra. Atkamennyiség háztartásunkban Forrás: StiebelEltron [7]

Szintén a nedves levegőt szeretik a környezetünkben élőködő atkák melyek a lakásunkban fellelhető fő allergének. A házi poratkának is nevezett élőlény állandó lakótársunk, minden háztartásban jelen van, arra hajlamos egyéneknél allergiás náthát, súlyosabb esetben asztmát okoz. Több vizsgálat is rámutatott, hogy az atkák elszaporodásának döntő tényezője a nyirkosság, számuk 80%-os relatív páratartalomnál tetőzik. Védekezni érdemes ellenük a páratartalom optimális szinten tartásával, a lakás tisztántartásával illetve vegyszerekkel. Ahogyan az (2. ábra) is mutatja ésszerű megelőző szellőzéssel a mikroorganizmusok számát az ábra tanulsága szerint egyharmadára csökkenthetjük.

A pollen allergia más néven szénanátha a leggyakoribb allergia, kutatások kimutatták, hogy minden harmadik ember allergiás pollenekre vagy más anyagokra. A szezonális panaszokat többnyire a különböző növények pollenjei okozzák. Szélben nagy melegben mindig, valamint délelőttől kora délutáni órákig mindig magasabb a levegő pollentartalma. Célszerű ilyen körülmények között zárt térben tartózkodni az



3. ábra. Pollen naptár Forrás: www.pollenstop.hu [8]

allergiásnak. Az 3. ábra adataiból kitűnik, hogy az allergiások igazán csak a téli hónapokban lélegezhetnek fel. Tél végén, kora tavasszal virágoznak a fák, májustól július végéig a különböző fűvek, július közepétől október közepéig pedig a parlagfű és az üröm. A levegőben szálló pollen bejut az emberi légutakba és allergiás reakciót vált ki melynek tünetei: nyálkahártya gyulladás, tüszűmentés, köhögés inger, gyulladt szemek, viszketés.

A pollen allergia sajnos nem gyógyítható, csak a tüneteket tudjuk megszüntetni. Ezért elengedhetetlenül fontos a lakótérben egy megfelelő szellőzési rendszer kialakítása, amivel akár 95%-ban is ki lehet szűrni a levegőben lévő polleneket.

2.4. Kémia anyagok, radioaktivitás káros hatásai

Mint már említettem az ember zárt térben tölti el életének nagy részét. A kémiai anyagok közül a széndioxidnak lehet káros hatása, amennyiben zárt helyiségben megnő a koncentrációja. Lakótereinkben a széndioxid jelenlétét elsősorban az emberi kilégzésnek tulajdoníthatjuk, tanulmányok szerint keletkezését legtöbb esetben a pára felszabadulása is kíséri. Egy ember átlagosan 19 liter/óra széndioxidot bocsájt ki a légzése által.

A háztartásainkban előforduló szennyező anyagok közt megemlíteném a szénmonoxidot, mely fűtőberendezésekben, főzésnél, dohányzásnál keletkezhet. Valamint a radon, az azbesztet, a nitrogén-dioxidot és egyéb nitrogén-oxidokat és a dohány füstöt. Minden építő anyag tartalmaz több-kevesebb radont, ez egy nemes gáz, mely nem lép kémiai reakcióba, izotóp tartalma viszonylag magas. A kiáramló radont belélegezzük, alfa bomlása révén a tüdő szövetet roncsolja. Meg kell említenünk még a szaganyagok (emberi, állati, növényi eredetűek), a burkoló anyagok és a berendezési tárgyaink kipárolgását valamint az aeroszolok környezet szennyező hatását. (3. táblázat)

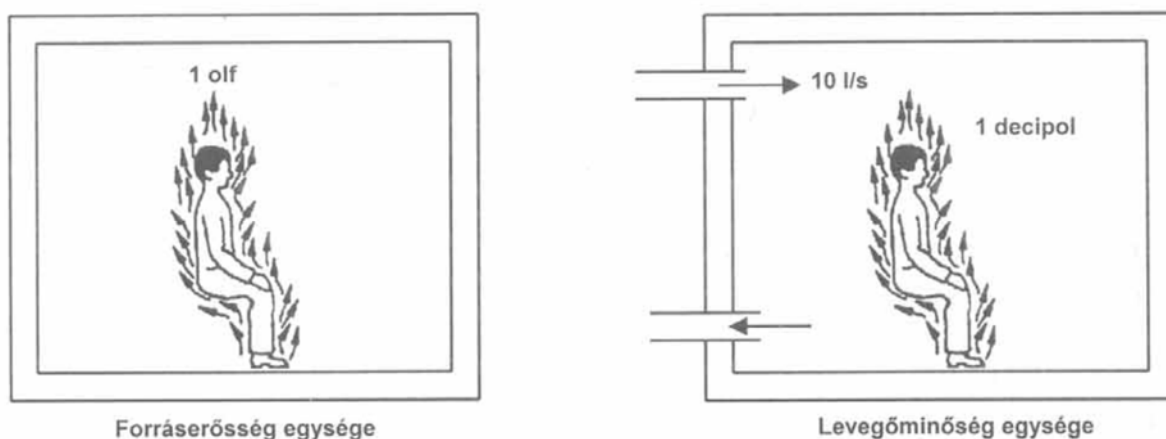
Szennyezőanyag	Belső környezet források	Emberi szervezetre kifejtett hatás
Formaldehidek	Berendezési tárgyak, padlólak, bútorszövetek	Allergén, krónikus nátha és köhögés,
Benzol, fenol	Flakonok, PVC padló, telefon, kábelek, szőnyeg	Károsítja a májat, a vesét és fejlődési rendellenességet okoz
Etanol, aceton, xilol	Ragasztók, pillanatragasztók	Narkotizál, rákkeltő

Széndioxid	Emberi jelenlét	Fejfájás, szédülés
Szénmonoxid	Gázkészülékek nem szakszerű karbantartása	Fáradtság, szédülés, rosszullet, eszmélet vesztes. halál
Radon	Építőanyagok, talaj	Tüdőrákot okozhat
Vírusok és baktériumok	Emberektől, állatoktól	Allergén, szénanátha

3. Táblázat. Szennyező anyagok és azok hatásai az emberi szervezetre [4]
 Forrás: Csáki Imre: Szennyező anyagok a belső környezet levegőjében

Mindezekből az következik, hogy fel kell ismernünk a környezetünkben előforduló szennyező anyagokat, csökkentenünk kell ezek kibocsátását, és az előírásokat be kell tartanunk.

A levegő szennyezés és a belső levegő minőség kölcsönhatását Franger professzor dolgozta ki. Új egységeket vezetett be mind az emisszióra mind az imisszióra. A szennyező anyag forráserősségének a mértékegysége az olf (**O**lf **F**anger professzor nevéből). 1 olf a szennyező anyag termelése egy ülő munkát végző átlagos, felnőtt, termikus egyensúlyi állapotban lévő, egészséges embernek. A levegő minőség mértékegysége a decipol. 1 decipol a levegő minősége, ha egy olf szennyező kibocsátás 10 liter/secundum tiszta friss levegőben hígul fel. (4. ábra)



4. ábra. A levegőminőség és a szennyezőanyag forrás jellemzői
 Forrás: Bánhidi-Kajtár: Komfortelmélet [2]

Csak egyetlen megoldással távolíthatjuk el ezeket a szennyeződések: a levegő keringtetésével és szellőzéssel. Ez tehát életbe vágóan fontos és szükséges az egészséges élethez. Természetesen az életmód megváltoztatása és az egészségtudatos magatartás is nagymértékben segíthetné a betegségek és allergiák megelőzését.

3. Az épületek szellőztetésének módozatai

Ahhoz, hogy az egészséges élet feltételeit fenntarthatassuk érdemes épületenergetikai szempontból áttekinteni a szellőztetés módozatait. Zárt terekben a légszennyeződés szellőztetéssel természetes vagy mesterséges módon szüntethető meg. Ez nemcsak a káros vegyi anyagokat távolítja el, hanem a túl meleg vagy túl magas páratartalmú levegő kicserélését is biztosítja.

Lakó épületek szükséges légcseréjét úgy is megvalósíthatjuk, hogy a körülöttünk lévő természetes energiaforrásokat használjuk fel. Ezek az energiák például a sűrűségkülönbség következtében előálló felhajtóerő, és a szélhatások következtében az épületszerkezeteken jelentkező többletnyomás. Ezen hatások külön – külön és egyszerre is jelentkezhetnek, ezen hatások következménye a zárt térben létrejövő levegőcsere, amit számítással jól nyomon tudunk követni.

Az ilyen fajta szellőztetés

előnye:

- nincs energiafogyasztás
- beruházási költségek alacsonyak
- nagy levegő tömeget lehet mozgatni

hátránya:

- az időjárás függősége nagy
- nehézkes a szabályozás
- nagy nyitható felület iránti igény

3.1. Természetes szellőzés

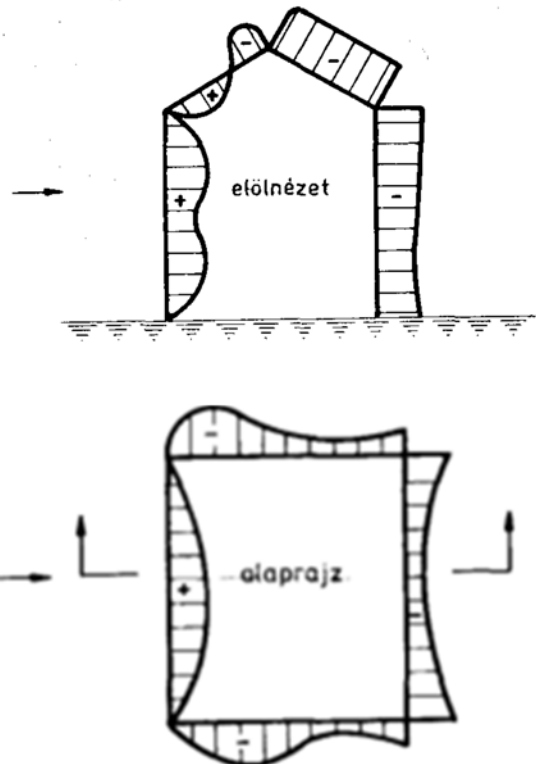
A természetes szellőzést a létrehozó okok miatt különböző osztályokba sorolhatjuk:

- szélnyomáson alapuló szellőzés
- gravitáción alapuló szellőzés

3.1.1. Szélnyomáson alapuló természetes szellőzés

A szélnyomáson alapuló szellőzés elve szerint, az egyes nagyfelülettel rendelkező épületek nagy ellenállást fejtenek ki, ebből következik, hogy a szél által létrehozott nyomáskülönbség szolgáltatja a szükséges légáramot a természetes szellőzéshez. Ha a vizsgált épület környezetében nagy a szeles napok száma, akkor ezt felhasználva lehetőségünk adódik a szélhatás okozta többletnyomást szellőztetési célokra felhasználni. Az uralkodó szélirányt alapul véve történik az épületek tájolása.

Modellkísérletek segítségével az épület határoló szerkezetein kialakuló nyomáseloszlás meghatározható. A szélnek kitett felületen általában többletnyomás és az árnyékos oldalon pedig nyomáscsökkenés jön létre a belső térhez képest. Az 5. ábrán az alakuló nyomáseloszlás látható. Az épület kialakításának függvényében az egyes pontokban előálló nyomáskülönbséget megmérték, és ezek alapján bevezették az aerodinamikai tényező fogalmát.



5. ábra. Szélhatás következtében kialakuló nyomáselosztás

Forrás: Menyhárt J.: Légtechnikai rendszerek [9]

Az aerodinamikai tényező egy olyan laboratóriumi mérésekkel meghatározott érték, amely az össznyomás és a dinamikus nyomás hányadosát mutatja meg.

$$k^* = \frac{\Delta p}{\frac{\rho}{2} \cdot v^2} = \frac{\text{össznyomás}}{\text{dinamikusnyomás}}$$

Ha a folyamat stacionárius, akkor azt mondhatjuk, hogy a ki és beáramló levegő tömege közel azonos.

$$\dot{V} = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot \Delta p}$$

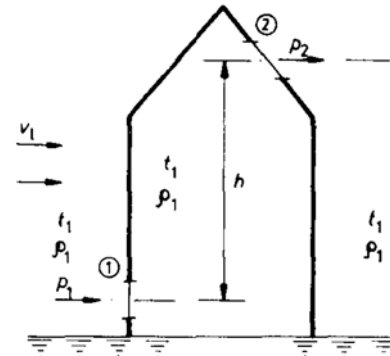
μ : a nyílás kialakítására jellemző tényező

A : a nyílás felülete

ρ : a levegő sűrűsége

Δp : szélhatás következtében kialakuló

nyomáskülönbség



6. ábra. Épület szellőztetése (szélhatású)

Forrás: Menyhárt József:

Légtechnikai rendszerek [9]

A levegőcsere méretezéshez a Δp nyomáskülönbséget kell meghatározni. Tekintsük meg a 6. ábrán látható épületet, amely v_1 sebességű légáramlat ér és amely esetében azonos a külső és belső térben a hőmérséklet. Az ①-es jelű nyílás két oldalán létrejövő nyomások különbsége (Δp) felírható, ha ismerjük a nyílás középvonalában uralkodó nyomás értékét. A szélhatásnak kitett külső épületoldalon szélnyomásból p_1 a belső oldalon p_x többletnyomás keletkezik. A kettő különbsége hat az ①-es felületre. Így az ①-es és ②-es jelű nyílásnál fellépő nyomáskülönbség a külső oldali és a belső oldali nyomáskülönbség:

$$\Delta p_1 = p_1 - p_x \quad \Delta p_2 = p_x - p_2$$

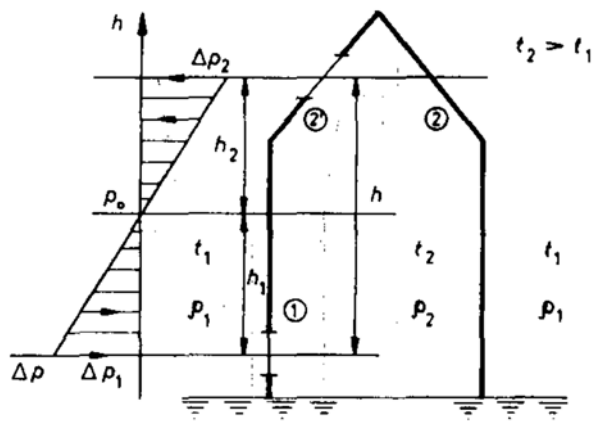
A létrejövő nyomáskülönbség ismeretében a nyílásokon áthaladó levegőáram felírható:

$$\mu_1 \cdot A_1 \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_1 \cdot \Delta p_1} = \mu_2 \cdot A_2 \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_2 \cdot \Delta p_2}$$

Az aerodinamikai tényező értékét szükséges ismernünk a szélhatásnak kitett épületek tervezésénél. A k^* értéke függ az épületek kialakításától és beépítésétől.

3.1.2. Gravitáción alapuló természetes szellőzés

A gravitációs szellőzés a természet erejét (szélhatás és kürtőhatás) aknázza ki a légcserre megvalósításához az épületekben. Az épület külső és belső léghőmérsékleteinek különbözősége miatt fellépnek olyan nyomáskülönbségek, amelyek légáramlatot indukálnak. Ennek következtében megváltozik az épület határoló szerkezetein a nyomáseloszlás. Ez az 7. ábra ezt a megváltozott nyomáseloszlást szemlélteti.



7. ábra. Épület szellőztetése (gravitációs)
 Forrás: Menyhárt József: Légtechnikai
 rendszerek [9]

Az ①-es nyílás az ábra tanulsága szerint beáramlásra, míg a ②-es nyílás az elhasznált levegő elvezetésére szolgál. A fentiekből következik, hogy a felületre ható nyomáskülönbség előjelet vált abban a magasságban, ahol a külső és belső térben azonos nyomás uralkodik. Ezt a síkot ahol azonos nyomás uralkodik a nulla túlnyomás síkjának vagy semleges zónának is nevezik. Az ①-es jelű nyílás külső oldalán a nyomás nagysága: $p_0 + h_1 \cdot \rho_1 \cdot g$, a belső oldalon pedig: $p_0 + h_2 \cdot \rho_2 \cdot g$ nyomás uralkodik. Az ①-es és ②-es nyílás esetében előálló a kettő különbségét képező nyomáskülönbségek.

$$\Delta p_1 = h_1 \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot g$$

$$\Delta p_2 = h_2 \cdot (\rho_2 - \rho_1) \cdot g$$

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a nyomáskülönbségek és így a légcseré is óriási méretben ingadoznak az év folyamán. A gravitációs szellőztetés az év 70%-ban tekinthető működőképesnek, szinte teljesen sztochasztikus eloszlásban. Az pillanatnyi időjárási helyzettől függetlenül, ha valamely helyiségben (például WC, fürdőszoba, konyha) szükség van szellőztetésre, az csak ablaknyitással vagy gépi szellőztetéssel tudjuk megoldani. Az ablaknyitással történő szellőztetéssel a légcseré magától alakul ki. Télen a külső levegő hidegebb a belsónél, így a külső levegő a nyílás alsó részén be, felső részén pedig a felmelegített helység hőmérsékletű levegő kifelé áramlik. Az ablakon át történő szellőzés hátránya, hogy nem energiatakarékos és elkerülhetetlen a huzatjelenség valamint a por és egyéb szennyeződések. [9]

3.2. Mesterséges szellőztetés

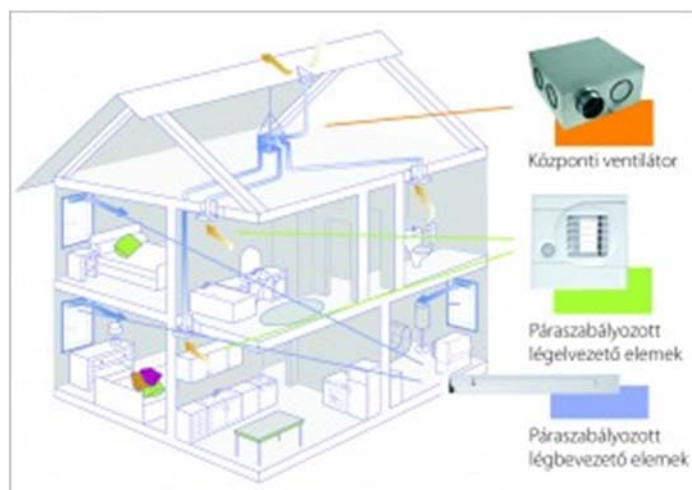
A természetes szellőztető rendszerek nem képesek megfelelő légcserét biztosítani a helyiségeink igényeinek fedezésére. Arról nem is beszélve, hogy a mai modern építőanyagok használatával teljesen zárttá tesszük épületeinket és ezen épületek szellőzését csak mesterséges úton lehet megvalósítani. Ennek előnye is származik hisz ablaknyitásnál zaj és por kerül a helyiségbe, ezek a rendszerek pedig megakadályozzák bekerülésüket. Mesterséges szellőzésről akkor beszélünk, amikor gépi berendezések által megfelelő mennyiségű és minőségű levegő áramlik egy helyiségbe. Többféle rendszer építhető ki a családi házaktól akár a többszintes társasházakig, azonban szabály mondja ki, hogy a friss levegő bevezetés a lakótérbe történjen, míg az elszívás a legnagyobb légcserét igénylő helyiségből (konyha, WC, fürdőszoba). Különös figyelmet kell fordítanunk azon helyiségekre, ahol nyílt égésterű gázkészülék van elhelyezve, ott ugyanis folyamatosan annyi levegőnek kell rendelkezésre állni, hogy az égés zavartalanul végbe menjen és az égéstermék biztonságosan távozzon.

3.2.1. Elszívó szellőzési rendszerek

A leggyakrabban alkalmazott technika az elszívós szellőztetés, mert praktikus és költségkímélő. Az általában alkalmazott elszívási helyek a WC, fürdőszoba, konyha, kamra. E vizes helyiségeket folyamatosan csak kis intenzitással helyes szellőztetni, mert a szifonok kiszáradnak, így a bűzzár megszűnik. A használatkor keletkező pára elvitelére időszakosan erősebb az elszívás. A konyhák, kamrák esetében a szellőztetés akkor jó, ha folyamatos. A WC-k, kamrák szellőztetésére ajánlott a 20-60 m³/h légszállítás, fürdők, konyhák esetében a 40-100 m³/h.

Tervezésnél szem előtt kell tartanunk, hogy a legyen-e a friss levegő ágban szűrő. Európai Községek országában közegészségügyi szempontok indokolják a szűrő kötelező előírását, mert a városiasodás mai szintje miatt már az erdőben is lényegesen magasabb a portartalom és e porban számos allergén, illetve rákkeltő anyag található. Ebből a szempontból szem előtt kell tartanunk a karbantartás igényeket is a szűrők ugyanis elpiszkolódnak, eltömődnek, aminek következtében a nem lesz a tervezetnek megfelelő légszállítás. ezeknek a figyelembe vételével jöttek létre különböző komfort és költség szintű szellőztető rendszerek. Az épület elszívási helyeinek száma alapján különböző rendszereket vásárolhatunk, ilyenek például a

központi ventilátor egységből és a konyhai, fürdő- és WC-helyiségekben szerelendő elszívó szerelvények, valamint a falba vagy a nyílászáróba kerülő légbevezetők.



8. ábra. A központi szellőző beépítése Forrás: www.szellozes.egzinet.hu [10]

Családi házaknál, ahol van tetőtér vagy álmennyezet, jó megoldást lehet elérni, ha egy komplett, hangcsillapított, több elszívó csonkkal rendelkező ventilátorral alakítjuk ki a mellékhelyiségek vagy a szobák szellőztetését. Ezek a központi elszívók igen jó minőségű, nagyon tartós, ipari igénybevételre alkalmas ventilátorok, azonban csővezeték-hálózat is szükséges hozzájuk.

Zsíros elszívásra ezek nem javasolhatók, mert a hangcsillapító paplan rengeteg gyúlékony anyagot (olaj, zsír) tud magába gyűjteni. A szállított összes térfogatáram jellemzően 300-400 m³/h között van, amely éppen elegendő az egészséges környezet biztosításhoz, és kellő szabállyal a szellőztetés téli időszakban sem jelent sok hőveszteséget. Létezik olyan „intelligens” hatással rendelkező kivitel, amely pl. a külső hőmérséklet függvényében automatikusan változtatja fordulatszámát, s ezzel még takarékosabb szellőztetést lehet elérni.

Az 8. ábra azt mutatja, hogy a levegő elszívása a szennyezett légtérből, míg a friss levegő bebocsátása az nyílászáróba épített páraszabályozott légbevezető elem keresztül történik. Ezáltal a lakásban kialakuló huzatmentes és folyamatos légáram megakadályozza a szennyezett levegő és szagok elterjedését, valamint optimális mennyiségű frisslevegő ellátást eredményez.



9. ábra. VAM központi ventilátor
Forrás: AERECO katalógus [11]

A kínálatot tekintve többféle cég által forgalmazott rendszerekkel találkozhatunk, ezek közül kiemelném az AERECO cég által forgalmazott szellőzési rendszert, amelyet hagyományos és alacsony energiaszintű házakba egyaránt beépíthetünk.

A rendszer központi elszívó ventilátora kiemelkedik nagyszerű légszállításával és alacsony energiafogyasztásával. Csendes működésű igen jól hangszigetelt, valamint kis mérete miatt lakótérben is elhelyezhető. 9. ábra.

Az AERECO cég által forgalmazott VAM központi ventilátort egy egyfázisú aszinkronmotor hajtja, melyek fordulatszámát egy sebességmérő és az elektronika tartja a meghatározott értékek között. A motor teljesítménye igazodik a szellőztetési igényekhez, ezáltal csökken a fogyasztás és a kibocsátott zaj szintje. A készülék széles körű felhasználását az is biztosítja, hogy az épület különböző helyeire lehet elhelyezni (például: pince, padlás, folyosó). Az energiatakarékossági követelményeknek megfelel, valamint akusztikai adottságai miatt kifejezetten családi házak, kisebb irodaépületek, kereskedelmi egységek szennyezett levegőjének elszívására fejlesztették ki.

A légelvezető elemek fontos szerepet foglalnak el a központi szellőztető rendszerekben, ami a szennyezett, nedves levegő eltávolítására szolgál. A légelvezető elemek alkalmazásánál számolnunk kell a helyiség méretével és a használat módjával, ami szükségessé teszi az alap- és emelt fokozat vagy légnedvesség fokozat függő szabályozást. Ezek az elemek csak akkor töltik be funkciójukat, ha a feladatnak megfelelő típust alkalmazunk.

Az elszívási feladatokra leggyakrabban axiális fali szellőztetőket alkalmazhatunk, de ezek nagy többsége csak faláttörésen át, vagy nagyon rövid csőszakaszon keresztül képes hatásos szellőztetésre. A szállított maximális légmennyiség az NÁ 100-as méretben szinte minden esetben $100 \text{ m}^3/\text{h}$ körüli.

A radiális kürtőventilátorok a fali axiális szellőztetők funkcióját látják el, de radiális járókerekük alkalmassá teszi őket arra, hogy egy 15-25 m hosszú, tetszőleges elhelyezésű, NÁ 100 mm-es csövön keresztül megfelelő légmennyiséget szállítsanak. WC-k, fürdőszobák, kamrák szellőztetésére használjuk. A gépek sík falra, beltéri szerelésre szánt berendezések, melyek NÁ 80-100 mm-es csomaggal és a jobb típusok légtömör zárású visszacsapó szeleppel vannak ellátva. Léteznek falba süllyeszthető gyártmányok, amelyek esztétikusabbak és csendesebbek is.

A HELIOS cég által forgalmazott elszívó elemek leggyakoribb fajtái: állandó térfogatáramú elemek: Olyan önszabályozó térfogatáram-állandósítással rendelkező elszívó elemek, melyek ideálisan alkalmazhatók a központi elszívó rendszerben a konyha, fürdőszoba és WC szellőztetésére.

- két térfogatáram értékkel rendelkező elemek: Két fokozattal (alap és emeltfokozat), és önszabályozó térfogatáram-állandósítással rendelkeznek, melyek ideálisan alkalmazhatók a központi elszívó rendszerben a konyha, fürdőszoba és WC szellőztetésére.

- mozgásérzékelős elszívó elem: Olyan elszívó elemek, melyek mozgásérzékelővel és időkapcsolóval rendelkeznek, két térfogatáram értékkel (alap és emeltfokozat). Ideális központi elszívó rendszerekhez, érintés nélküli kapcsoláshoz például WC szellőztetésére.

- páraérzékelős elem: Higrosztátos vezérlésű, a helyiség relatív páratartalmának érzékelése alapján változtatja az elszívott légmennyiséget. Megfelelően alkalmazhatóak a központi elszívó rendszerben a mosókonyha, fürdőszoba és WC szellőztetésére.

- fém tányérszelepek: Ideálisan alkalmazhatóak mindenféle helységekből, különösen ott ahol a tűzvédelem nem éghető rendszereket ír elő. Mivel kis zajkibocsátású elem ezért alkalmazható alacsony és magas áramlási sebességek mellett is.

Az elszívásos szellőztetésnél nagy hangsúlyt kell fektetni a légbeeresztő elemekre is, melynél a kívánt darabszám, méretnagyság és az elhelyezés úgy választandó, hogy az elszívásnak megfelelő térfogat huzatmentesen és megfelelő elosztásban áramolhasson.

A légbevezető elemek alapvető előírásai és elvárásai:

- alaphelyzet beállítható
- a frisslevegő szűrése és huzatmentes bejuttatása
- a tisztítás és karbantartás a belső térből egyszerűen elvégezhető
- önálló térfogatáram szabályozást végeznek
- akusztikai adottságainak köszönhetően zajmentesek
- védenek a rovarok behatolása ellen
- csapó eső ellen is védettek

A légbeeresztő elemek főbb típusai:



10. ábra. Frisslevegő automata

Forrás: HELIOS katalógus [12]

- Frisslevegő automata: (10. ábra) ezek a légbeeresztők a fűtési helységekben korlátozás nélkül elhelyezhetőek. A bennük lévő önszabályozó termosztát szelep a legjobb hatásfokkal biztosítja az állandó légcserét, miközben gondoskodik az energiatakarékos üzembről. A beáramlott levegő szűrve, hangsillapítva, optimálisan elosztva jut be a lakásba.



11. ábra. Nyílászáróba építhető légbevezető

Forrás: AERECO katalógus [13]

- Ablakkeretre szerelhető beeresztő elem: (11. ábra) amely nyomáskülönbség-függő vezérléssel ellátott ablakelem, a frisslevegő utánpótlás bevezetésére szolgál. Előnye, hogy utólag is beszerelhető. A higroszabályozású légbevezető elemek beépített páraérzékelővel rendelkeznek, a friss levegő légnedvesség függő, szabályozott bejutására alkalmas, valamint a belső páratartalom változása alapján, a pillanatnyilag érzékelt pára mértékének megfelelően

automatikusan nyitják és zárják a légáteresztő zsalut. Ez az elem ideálisan használható a páratartalom vezérelt elszívóventilátorokkal.

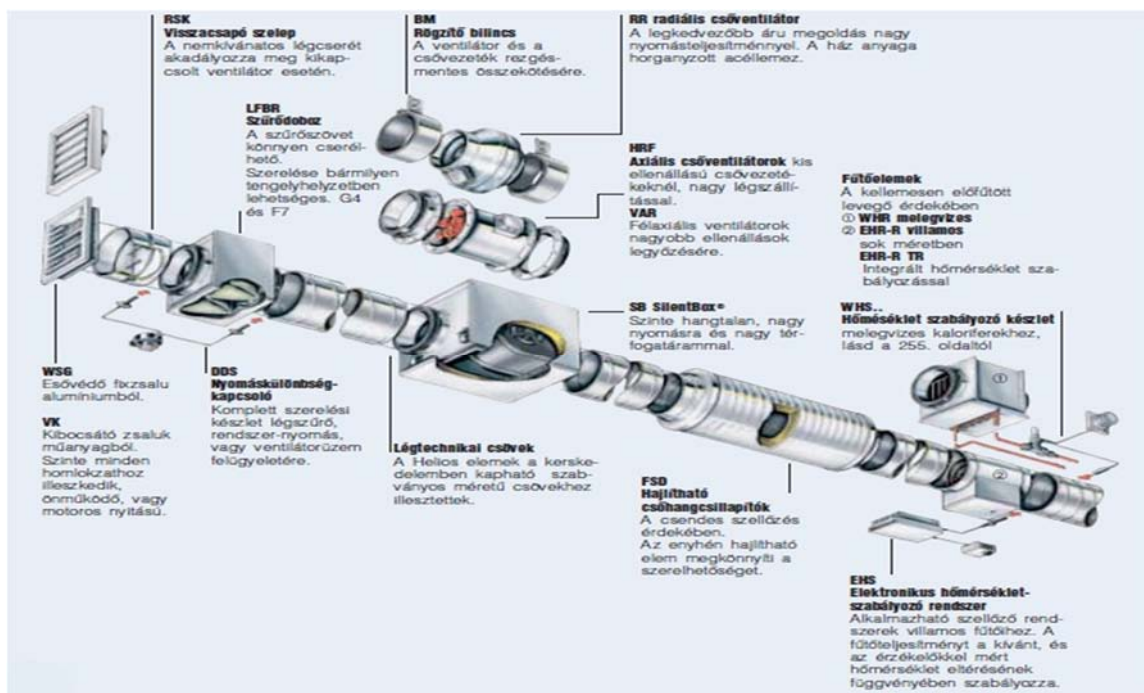


12. ábra. Fali légbeeresztő elem Forrás: HELIOS katalógus [12]

- Légbeeresztő elem: (12. ábra) A légbeeresztő alkalmazása során a légmennyiség szabályozás egy négyfokozatú állító mechanizmussal történik, amely mozgásához húzószinórt használunk. A levegő utánpótlás szűrten, hangcsillapítottan és megfelelő eloszlásban kerül a szeleptányér mögül a helyiségbe, a kondenzációt egy hőszigetelő réteg gátolja a tányér belső felületén.

A fentieket figyelembe véve megállapíthatjuk, hogy a levegő utánpótlása a tervezetnek megfelelően a légbeeresztő elemeken történik, kis mennyiségben a tömítetlenségeken (ajtórészen, ablakrészen) keresztül jut be. Ezért a légutánpótlást úgy kell kialakítani, hogy a belső térben a depresszió a szabad térhez képest lehetőleg 4...8Pa alatt maradjon.

3.2.2. Befúvósos szellőzési rendszer



13. ábra. Légtechnikai építőelem rendszer Forrás: Helios főkatalógus [14]

Ennek a rendszernek nagy előnye az, hogy kezelt, szűrt, friss levegőt juttatunk a lakóterekben, annak kockázata nélkül, hogy bármilyen gázkészülék vagy egyéb berendezés biztonságát veszélyeztetnénk, azonban a levegő elvezetéséről gondoskodni kell. A helyiségbe befűvott levegő a kiáramló nyíláson át távozva magával ragadja az égési gázokat, hűvös levegőt juttatva ezáltal helyiségbe. Ilyen szellőztető rendszert teljesen nem gyártanak, mert minden rendszer igénye más és más (portartalom, légmennyiség, előfűtési teljesítmény, elhelyezési lehetőség, stb). Ahogyan az (13. ábra) is mutatja, ezeket a rendszereket a szokásos légtechnikai elemekből lehet összeválogatni, összeépíteni. A rendszer hátránya, hogy a befűvott levegőt a komfort érzet és épületállag megóvás miatt téli időjárási állapotban fűteni kell, amely bonyolult és utólagos kialakításánál igen költséges lehet, ezért ezt a megoldást ritkán alkalmazzuk.

3.2.3. Kiegyenlített szellőzési rendszerek

Kontinentális, négy évszakos klímákban mindenki tapasztalhatja, milyen hővesztéssel jár a szellőztetés. Egy helyiség nyitott ajtaján vagy nyílászáróin téli erős szélben áthaladó levegő érezhetően kiviszi a teljesítményt. Erre jó megoldás a kiegyenlített gépi szellőztetés, amely az emberi tartózkodásra szolgáló terekre vonatkoztatva megállapítható, hogy a helyiségbe bevezetett és onnan elszívott levegő mennyiség egyenlő és kb. maximum egyszeres óránkénti

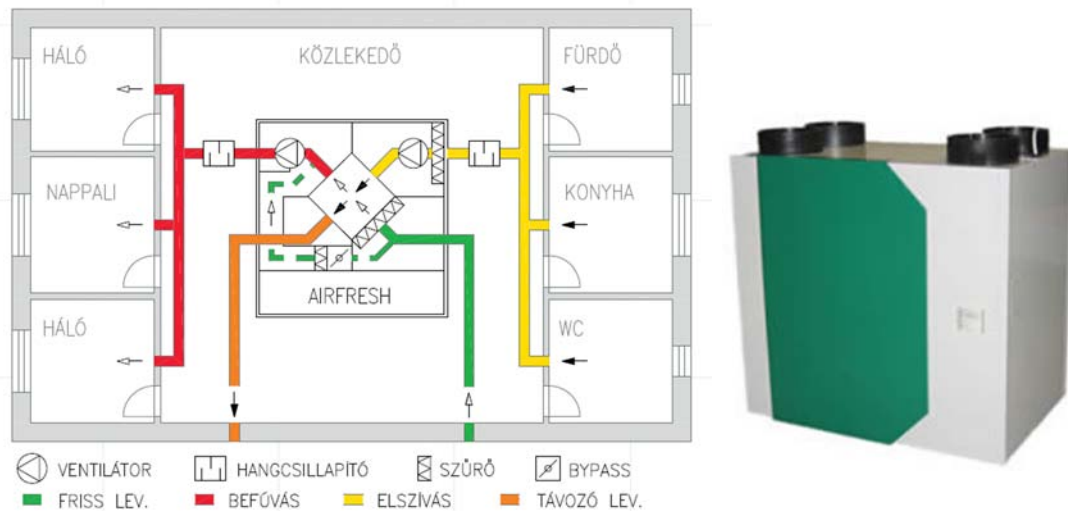
légcserével dolgozik. A hővisszanyerő rekuperálja a távozó levegő hőenergiáját és további előnye, hogy a levegő mindig kezelt, szűrt állapotban jut a helyisége. A készülékek hangcsillapítottak, megoldott a fagyvédelem, az utófűtés, fokozat szabályozás, távműködtetés, a légszűrés, a motorvédelem, a kondenzátum elvezetése. E szellőztető központokat pincében, padlástérben vagy álmennyezeti térben érdemes elhelyezni. A szimpla elszíváshoz képest bonyolult légcsatorna hálózat szükséges, hiszen az elszívási pontokat a szagterhelt helyeknél, a befűvási pontokat a szobákban, irodákban célszerű kialakítani.

Zsíros elszívást a berendezésekre kötni nem javasolt, mert a makacs lerakódások eltömítik a rendszert, lerontják a hővisszanyerő hatásfokát. Megfelelő időközökben a karbantartásra és a szűrők cseréjére, tisztítására fokozott figyelmet kell fordítani.



14. ábra. Kiegyenlített lakásszellőző rendszer
Forrás: Helios [15]

A ma épült modern épületekben alkalmazott korszerű lakásszellőztető berendezések többféle megoldást kínálnak a hővisszanyerős, kiegyenlített szellőztetés megvalósítására (14. ábra). Ezek a berendezések a levegő állandó cseréjét egy önszabályzó, hővisszanyerős gépi szellőztető rendszer segítségével folyamatosan frissítik a helyiségek levegőjét, azaz a friss levegőt a száraz helyiségekbe (nappali, hálószobák) fűjja be és az elhasznált levegőt a nedves helyiségekből (fürdő, WC, konyha) szívja el. Ezáltal a hőcsere révén energia megtakarítást eredményez (15. ábra).



15. ábra. AIRFRESH készülék felépítése és a szellőzés működési rajza) Forrás: Schako katalógus [16]

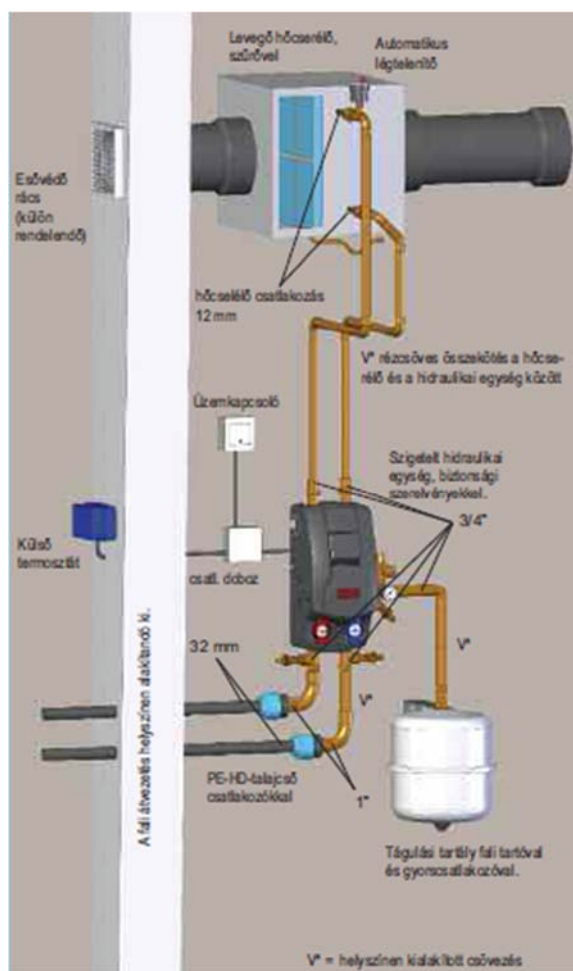
Az 15. ábra alapján jól látható, hogy a friss levegőellátás és a távozó levegő elvezetése faltörésen keresztül valósul meg. A beáramló friss levegő egy keresztáramú hőcserélőn keresztül a meleg elszívott levegővel találkozik. A két levegőáram egymástól hermetikusan el van zárva. Jelentős hőmennyiségeket lehet így ismét felhasználni. Alacsony külső hőmérsékleteknél is a modernebb hőcserélők alkalmazásával a legnagyobb energia megtakarítást és komfortérzetet célozhatjuk meg. Radiális egyenáramú ventilátorok automatikus fordulatszám szabályozással gondoskodnak a légmennyiség állandó értéken tartásáról a szűrők elpiszkolódásától függetlenül. A G4-es fokozatú légszűrő biztosítja a levegőből a por és a pollenek kiszűrését.

A bypass-szabályozás segítségével pedig nyáron a reggeli órákban – amikor a külső levegő hűvösebb, mint a lakás belső levegője – a készülék automatikusan kizárja a hővisszanyerőt, és így a külső levegővel közvetlenül hűthető a lakótér. Két hőérzékelő van elhelyezve, egy a külső (friss) levegőben és a másik az elszívott (helyiség) levegőben. A vezérlő elektronika folyamatosan lekérdezi a külső – és a belső levegő hőmérséklet értékeit és ha az meghaladja az adott értéket, úgy egy csappantyú segítségével a frisslevegő megkerüli a hőcserélőt.

Megállapíthatjuk, hogy e rendszer fő eleme egy hőcserélő készülék, amely a lakásból kiszívott levegő hőjét visszatartja és átadja a befűjt friss levegőnek. Ennek köszönhetően a készülék két óránként teljesen kicseréli az elhasznált levegőt, miközben a befűjt levegő 10-15%-al lesz hűvösebb a lakás hőmérsékleténél. Ezután tető vagy fali átvezetéssel kerül a levegő a szabadba. (16. ábra) A friss levegőt közvetlenül talaj-levegő hőcserélőn keresztül

szívjuk be, mely jelentősen megnöveli a hatásfokát és üzembiztonságát a hővisszanyeréses szellőző rendszereknek.

Az ábrán is látható SEWT indirekt talajlevegő hőcserélő felhasználja a (17. ábra) talajban mélyebben uralkodó, az év folyamán közel állandó hőmérsékletet a levegő melegítésére, illetve hűtésére. A talajkollektor csövét minimum 1,2 méter mélyre kell fektetni. A hidraulikai egység keringteti a külső hőmérséklet függvényében a glikol- víz keveréket, amely a hőátvitelt végzi. Egy hőcserélőn keresztül adja át a frisslevegőnek a meleget vagy hideget a folyadék. A rendszer előnyei: a hideg hónapokban előmelegíti a levegőt, és teljesen jegesedés mentes üzem, valamint a meleg napokon kellemes természetes hűtést biztosít.



16. ábra. Talaj hőcserélő működési elve
Forrás: Helios [15]

Helyi szellőztető berendezéseket alkalmazunk kisebb vagy alárendelt célokra épített helyiségek szellőztetésére. A szellőzőgép általában axiális ventilátor melyet a szellőztetett térben általában határoló szerkezetekre, födémre helyeznek. Elosztóhálózat nincs, a levegő melegítésére és szűrésére sincs általában lehetőség. Megkülönböztetünk nyomó és szívószellőzést, attól függően, hogy a szellőzőgép a belső térbe szállítja, vagy onnan távolítja el a levegőt. Abban az esetben, ha a helyi készülékek a friss levegőt táplálják be, minden esetben a szűrés és előmelegítés szükséges. Szívószellőzés esetén, ha a szennyezett levegő a szabadba kivezethető, csak magát a ventilátort szokták beépíteni és a nyílást túlnyomásra nyíló zsaluval zárják le. Ezzel a fajta helyi szellőzőkészülékkel egyenletes levegőelosztást nem lehet elérni.



17. ábra. SEWT Talaj-levegő hőcserélő felépítési vázlat
Forrás: Helios [15]

A leggyakrabban alkalmazott helyi szellőzési forma az elszívás. Akkor alkalmazzuk, ha a szennyezőanyag-forrás koncentrált volta miatt az általános szellőzési megoldás nem hatásos vagy gazdaságos. Helyi szellőztetés természetes felhajtóerővel is működhet, de ez csak abban az esetben valósulhat meg, ha az évszaktól, külső időjárástól függetlenül biztosítható a felhajtóerő. A szennyezőanyag-forrás és a technológiai igények figyelembe vételével határozzuk meg a helyi szellőztető berendezést. Szükség esetén a helyi és általános szellőztetést együtt is alkalmazhatjuk.

Itt említeném meg az ÖkoHaustechnik, a FluctuVent és a Helios rendszereket. A FluctuVent rendszerrel a későbbiekben részletesebben is foglalkozom. A Helios cég által gyártott EcoVent szellőztető készülék (18. ábra) optimális megoldást jelent egyedi helyiségek számára is. Falba építhető, a legmodernebb EC meghajtású ventilátorokkal rendelkezik.



18. ábra. EcoVent szellőző

Forrás: Helios [18]

Jó hatásfokú, lemezes alumínium-hőcserélő hővisszanyeréssel fűtési energiát takarít meg. Régi épületek felújításakor is alkalmazható. Beépítése a falba egyetlen furaton keresztül történik. A vakolás és bepiszkolódás ellen 2 fedél takarja el a nyílásait, melyre utólag a külső nyílásra egy nemesacél fedlap kerül, amelyen az esetenként keletkező kondenzátumot a szabadba vezetjük.

3.2.3.1. Rekuperatív szellőzési rendszerek [9]

A szellőztető és klimatizáló rendszerek üzemeltetésekor fellépő veszteségek legjelentősebb része a távozó levegővel elvitt hőáram. A levegővel eltávozó energiaveszteség télen és nyáron jelentkezik, éppen akkor, amikor a legnagyobb energia igény. A belső hőterhelés is veszteségként jelentkezik, amit a szellőztetéssel távolítunk el. Az eltávozó levegő entalpiájának hasznosítása, különböző kialakítású hővisszanyerő berendezéssel történik. Az energia visszanyerés egyik legtöbbet alkalmazott formája a keverés. Keverés alkalmazása során a távozó levegő energiataralmának jelentős részét hasznosítani lehet, de ezen felül még tekintélyes energia mennyiség kerül ki a külső térbe. Az energia visszanyerők ezen energiamentiségnek a kinyerésén dolgoznak. A jelenleg használatos hővisszanyerő berendezések az alábbiak szerint csoportosíthatóak:

„ *Rekuperatív rendszerű hőcserélők:*

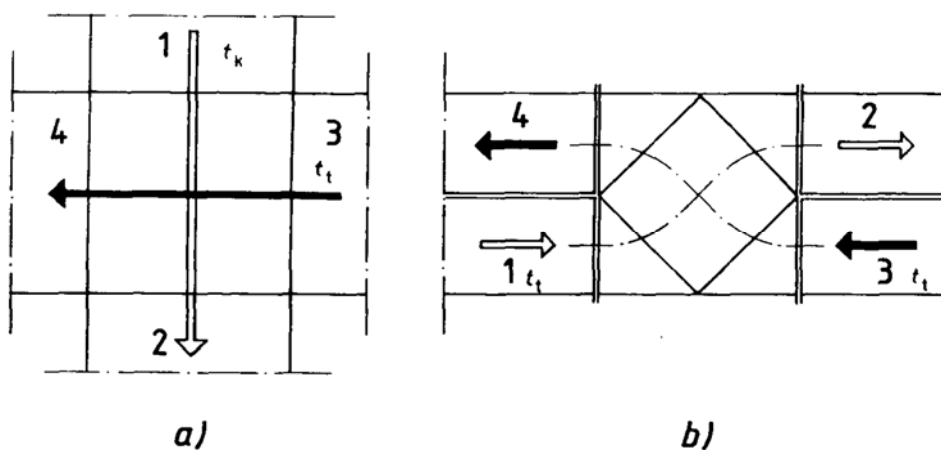
- *Lemezes hőcserélő*
- *Simacsöves hőcserélő*
- *Rögzített hőcserélő felület hőcsere-közvetítő közeggel*
- *Körfolyamattal összekötött bordáscsöves hőcserélő kényszerített áramlással*
- *Termocső (hőcső)*

Regeneratív rendszerű (tárolós) hőcserélők

- *A tároló tömeg forog, a levegőáramok helyhez kötöttek*
- *Kis fordulatszámú entalpiacserélő (összenergia – cserélő)*
- *Kis fordulatszámú hőmérséklet – cserélő*
- *Nagy fordulatszámú hőmérséklet – cserélő*
- *A tároló tömeg áll és a levegőáramokat periodikusan cserélik (légtechnikában nem használatos)”*

A rekuperatív hőcserélőcsalád jellemzői:

A légáramok egymástól szilárd fallal elválasztva áramlanak, nem léphet fel tehát a két áram keveredése. A hőcserélő ellen vagy keresztáramú lehet és könnyen tisztán tartható. A kondenzáció veszélye miatt a szerkezetnek korrózióállónak kell lennie. A légsatorna - hálózathoz jól csatlakoztatható legyen. A külső (friss) és a távozó légsatornákat is csatlakoztatni kell a készülékhez. A rekuperatív hőcserélők osztályában már sok különböző típust gyártanak.



19. ábra. Táskás hőcserélő beépítési módjai, a- keresztáramú, b- ferde beépítésű 1 és 2 – friss, 3 és 4 – távozó levegő be és kilépés

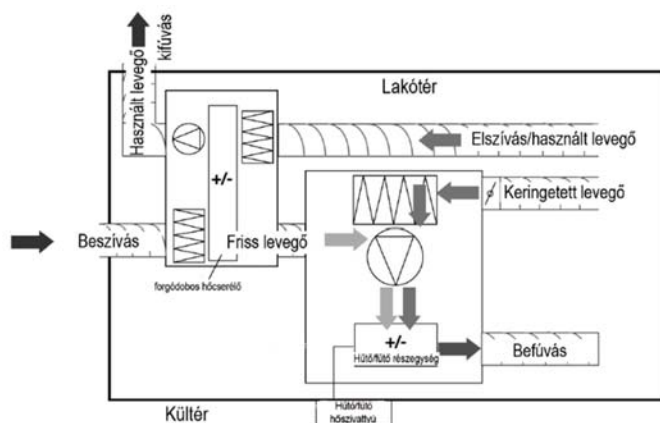
Menyhárt József: Légtechnikai rendszerek

Táskás hőcserélők (19. ábra) gyakran készülnek alumínium illetve horganyzott acéllemez elválasztó lappal. Előnyük, hogy fagyveszélyes helyeken is alkalmazhatóak. Kialakításuk szerint lehetnek az elválasztó falak fémfóliából, vagy akár műanyag is lehet a térelválasztó, de használnak már páraáteresztő műanyagot is, például: PAUL, Helios.

3.2.3.2. Regeneratív szellőzési rendszerek [9]

A hővisszanyerős berendezések másik nagy csoportjába tartoznak a regeneratív hőcserélők.

Működési elvüket tekintve elmondhatjuk, hogy a távozó levegő mielőtt a szabadba jutna, keresztülhalad egy olyan hőcserélőn, amelyik laza, porózus töltetanyaggal van bélelve, e közben a távozó levegő entalpiájának nagy rész átmegy a hőcserélő töltetanyagába és ezt felmelegíti, vagy adott esetben lehűti. Külön említendő a forgódobos

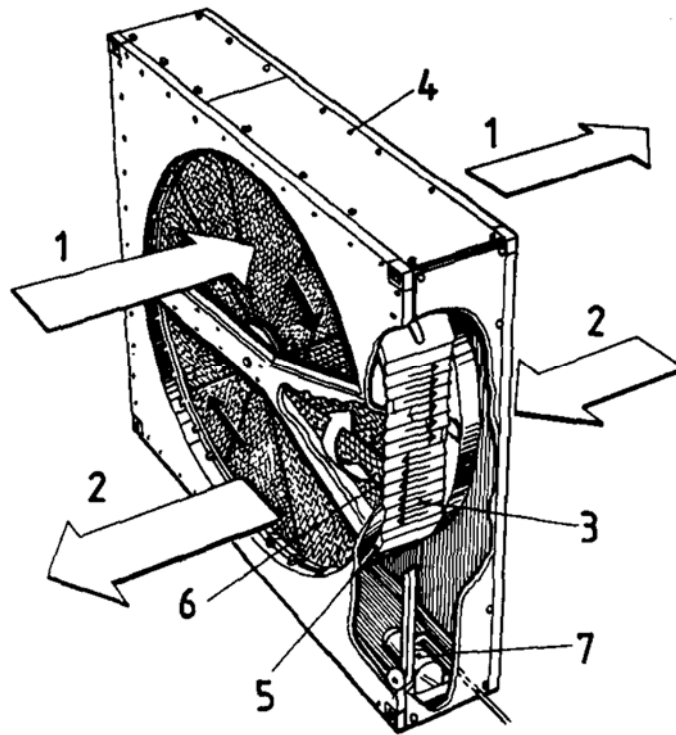


20. ábra. Hűtő-fűtő levegő-levegő hőszivattyúval kombinált forgódobos hővisszanyerős szellőzőrendszer

Forrás: www.hklszaklap.hu [19]

hőcserélő, ami megbízhatóan magas 75-85% közötti hatásfokával, valamint hideg évszakban a páratartalom megtartása terén kedvező működésével igényes gyártmánykategóriát képvisel. Passzívházaknál energiahatékonysági követelmény szempontjából nem felel meg a forgatómotor többlet energia igénye. Alacsony energiaigényű épületeknél alkalmazható, ahol hűtő és fűtő igény megoldására is alkalmas. Hőszivattyús változatai (20. ábra.) megfelelő

hőtechnikai-energetikai méretezés esetén önálló téli fűtést illetve nyári hűtést is megvalósít. A hőcserélőt forgó dobként alakítják ki, a felmelegedett dob a külső friss levegőnek adja át a tárolt energia tekintélyes részét, majd így juttatja vissza a légtérbe. A regeneratív forgódobos hőcserélők főbb jellemzői (21. ábra.): időkéséssel valósul meg a hőátadás, az energiát egy forgó hőtároló tömeg veszi át a meleg levegőtől, majd elfordulva a hidegebb friss levegőnek leadja energiáját és nedvességét. A berendezésekből kilépő levegő hőmérséklete a rotor fordulatszámával jól szabályozható. Ezek a hőcserélők nagyon sok légtechnikai rendszerben megtalálhatóak.



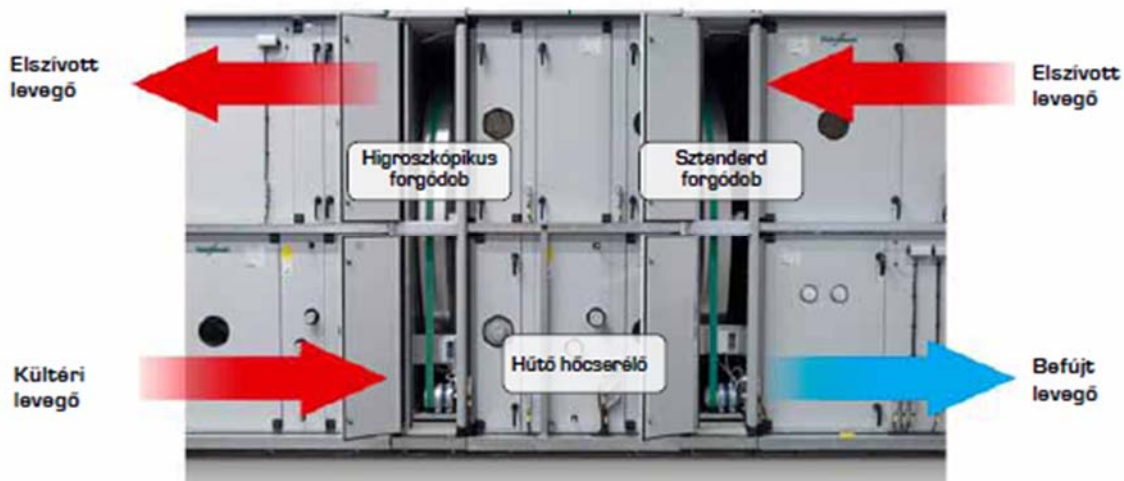
21. ábra. ECOVENT-EV hővisszanyerő berendezés kialakítása

Forrás: Menyhárt József: Légtechnikai rendszerek

(1- távozó levegő, 2- friss levegő, 3- rotor, 4- ház, 5- tömítés, 6- tisztítózóna, 7- meghajtómotor)

A korong alakú rotor, ami a nedvszívó hőtároló tömeget tartalmazza (3), acéllemez ház (4), tömítés a ház és a rotor között (5), tisztítózóna (6), motor, ékszíjhajtás (7).

Az iker forgódobos rendszer (22. ábra) három fő eleme a higroszkópikus forgódob, a hűtő hőcserélő valamint a sztenderd forgódob. Amennyiben a kültéri levegő hőmérséklete meghaladja a benti (elszívott) levegő hőmérsékletét, hűtésre van szükség. A higroszkópikus forgódob csökkenti a beáramló levegő hőmérsékletét, miközben átveszi annak páratartalmát a kiáramló légáramba, abban az esetben amikor a külső abszolút páratartalom a magasabb.



22. ábra. FläkWoods ikerforgódobos hőcserélő felépítése

Forrás: FläktWoods termék katalógus [20]

A higroszkópikus forgódob után továbbhaladva a levegő a hűtő hőcserélőn melynek a további hűtés és páracondenzáció a szerepe. Mivel a higroszkópikus forgódob már jelentősen lehűtötte a beszívott külső levegőt, a hűtő hőcserélőnek már csak kismértékű kiegészítő hűtést kell végeznie, ezáltal közel 50%-os hűtési teljesítményt spórolunk. Az így páramentesített és hűtött levegő a harmadik fő elemhez érve a sztenderd forgódobon halad át, ahol az elszívott levegő segítségével visszamelegítjük a beáramló levegőt. A háromlépcsős folyamat során az épületbe kerülő levegő optimális hőfokú és páratartalmú lesz. Fontos megjegyezni ennél a rendszernél, hogy a sztenderd forgódob segítségével végbemenő hővisszanyerés során lehűl az elszívott levegő, amely így a higroszkópikus forgódob hatásfokát emeli. Megjegyzendő még, hogy a sztenderd forgódob segítségével végbement hővisszanyerés során lehűl az elszívott levegő, amely tovább növeli a higroszkópikus forgódob hatásfokát.

4. Passzívház

4.1. Hagyományos épületektől a passzívházakig

A hagyományos épületeknél egy régi, rosszul záródó ablakkeretnél folyamatosan jár a levegő. Igaz ez friss oxigént, állandó szellőzést biztosít, ugyanakkor energetikai szempontból hátrányos: nyáron a hűvös, télen a meleg szökik ki a lakótérből, ezáltal értékes energiát pumpálunk a szabadba. Hagyományos szellőztetéssel kiengedjük a párát, a gőzt, a rossz szagokat, egyúttal a friss levegővel együtt beengedjük a port, a kormot, a levegőben szálló virágport, valamint beáramlik az utca zaja is.

Az energiaköltségek csökkentése érdekében ma már az épületeket energiatudatosan „tömören” építik. A fokozottan légtömör nyílászárók, a földem és a falak takarékoskodnak a hővel és gondoskodnak a megfelelő zajvédelemről is. Az ezúton keletkezett magas légpáratartalom a szellőzés megoldása nélkül egészségügyi problémákat von maga után, ha nincs megfelelő légcserre épületfizikai hátrányok is várhatóak. A szellőztetés módozatait és a különböző szellőztető rendszereket már a harmadik fejezetben elemeztem.

Energia. Nincs, aki ne ismerné ezt a szót, amikor egyre magasabb a gázzámla, a fűtésdíj, a villanyzámla. Gázfűtés helyett a hőszivattyúk, a pelletkazánok, a szolárrendszerek gazdag kínálataival ismerkedhetünk meg a piaci palettán. A hagyományos téglaszerkezetű épületek 300-400 KWh/m²/ év energiát használnak fel. A passzívház a hagyományos épületszerkezethez képest 80-90% energiát takarít meg.

Az építészet az elkövetkező években gyökeresen más irányba fordulhat. Most, amikor ki vagyunk szolgáltatva a központi ellátó rendszereknek, emelkednek az energiaárak és egyre nyilvánvalóbb a klímaválság. A hagyományos energiaforrások végesek, és a környezetünket sem terhelhetjük a végtelenségig. A jövő évtized végéig törvények írják majd elő a környezettudatos építkezést az Európai Unió országaiban. A Kiotói Jegyzőkönyv aláírásával a tagállamok vállalták az üvegházhatású gázok csökkentését.

Korunk energiaár-robbanása eredményezte az energiahatékony passzívházak megjelenését.

4.2. A passzívház szellőzési szempontból

Az Európai Parlament és a Tanács 2010/31/EU irányelve az épületek energiahatékonyágáról 8. cikk első bekezdésében kimondja, hogy

„Az épületgépészeti rendszerek energiafelhasználásának optimalizálása érdekében a tagállamok rendszerkövetelményeket határoznak meg a meglévő épületekbe beépített épületgépészeti rendszerek általános energiahatékonysága, megfelelő beszerelése, valamint megfelelő méretezése, beállítása és ellenőrzése tekintetében. A tagállamok ezeket a rendszerkövetelményeket az új épületekre is alkalmazhatják.”[21]

Ezt a célt szolgálják az úgynevezett passzívházak, melyek kismennyiségű fűtési energiával, a jó hőszigetelés mellett a hőhidak számának csökkentésével, csökkentett légáteresztésű 3 rétegű nyílászárókkal rendelkeznek. A napbesugárzás elnyelésével a hőnyereséget realizáló épületszerkezeti megoldások használata eredményezi az igen alacsony, 15 KWh/m²/ év jellemző értéket.

Ahhoz, hogy a ház „élhető” is legyen, optimális épületgépészeti rendszereket kell illeszteni, a téli – átmeneti időszakban fűtési, frisslevegő ellátási, használtlevegő eltávolítási funkciókat, a két légáram között hővisszanyerést, nyáron esetleg hűtési feladatokat is kell teljesíteniük, valamint bekapcsolódhat a használati melegvíz termelésbe is.

Németországban már törvényi úton szabályozzák, illetve korlátozzák az épületek hőfogyasztását, előírják a megengedhető hőveszteség küszöbérték paramétereit (WSVO, ENEV).

Többéves kutatás után német Passzívház Intézetnél (PHI - PassivHaus Institut) ebből kiindulva határozták meg a passzívházakra megengedett 15 KWh/m² éves fajlagos fűtési energiaigényt, ami olyan alacsony hőigényt eredményez, hogy az már a nélkülözhetetlen hővisszanyeréses szellőztetés révén közvetlenül, légfűtőeszerűen is kielégíthető. Ez tehát lehetővé teszi a hagyományos fűtési rendszer elhagyását. Fűtött lakótérben szellőztető berendezés vezeti be a friss levegőt és szívja el onnan a használt levegőt. A légtömeg áram nagyság a használatból adódik: lakónként és óránként 30 m³ frisslevegővel kell számolni, óránként az $l/h \geq 0,3$ légcsereszámot kell elérni.

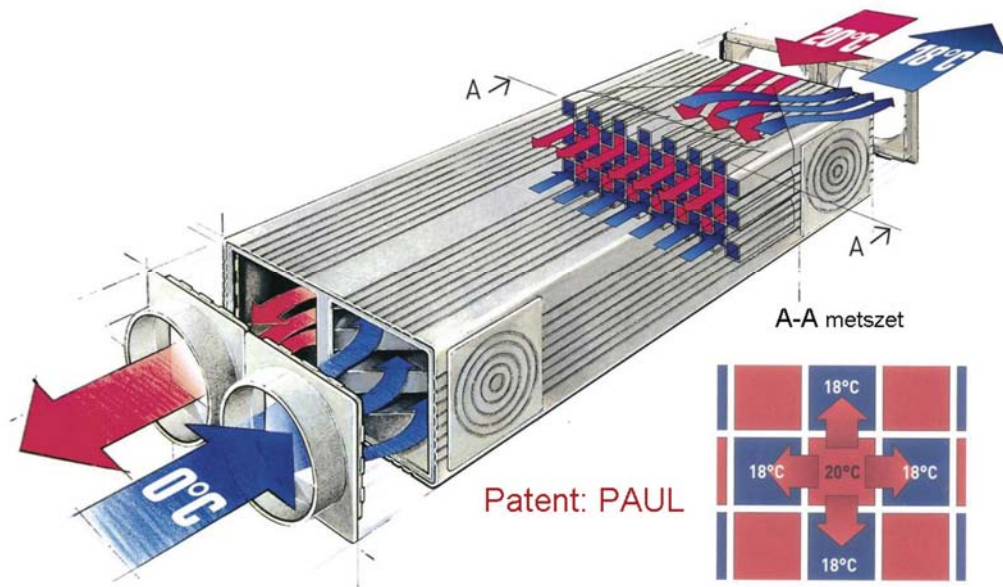
PHI által meghatározott követelmények a passzívházakkal szemben:

- hatékonysági kritériumok: A szellőztető berendezés minimum követelménye -15°C -nál is elérendő 75%-os hővisszanyerési határérték és legalább $16,5^{\circ}\text{C}$ -os befűvási hőmérséklet, hővisszanyerési határfokon túlmenően $0,45\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})$ fajlagos energiahatékonysági követelmény
- helyiséglevegő higiéniai szempontból: A lakótér levegőjének higiéniai előírásoknak való megfelelés érdekében legalább G4-es osztályzatú szűrőket alkalmaznak, a külső levegő szűrőnek pedig F7-es osztályzatúnak kell lennie.
- Fagyvédelem: ha nincs talajhőcserélő beépítve, az eljegesedést kell meggátolni, ezért a berendezés elé fagymentesítő fűtést kell telepíteni, ami megakadályozza a frisslevegő eljegesedését.
- zajvédelem: standard üzemmódban a szellőző berendezés zajszintjének $\leq 35\text{ dB (A)}$ kell lennie. A zajcsillapítás a szellőző berendezés után telepített rezgéscsillapítóval történik. [22,23]

A PHPP (Passivhaus Projektierung Paket - Passzívház Tervező Csomag), melyet a passzívházak tervezésére fejlesztettek ki az eddigiekhez képest nagyobb hatékonysággal veszi számításba a hőszükségletet befolyásoló épületszerkezeti és gépészeti elemeket az épületüzemeltetés, a gazdaságosság és a komfortérzet előtérbe kerülésével. A hagyományos értelemben vett fűtőrendszer helyett a hővisszanyerős szellőzés kerül a gépészeti rendszer középpontjába. [24]

A hővisszanyerés jelentősége tehát nagyságrendileg befolyásolja a lakás hőszükségletét, hatékonyságának kulcseleme a hőcserélő hatásfoka.

Kiemelkedő hatásfoka miatt érdemes megemlíteni a Paul cég rács-csatornás hőcserélőjét (23. ábra)



23. ábra. Rács-csatornás hőcserélő Forrás: PAUL [25]

A lépcsőzött lemez kialakítás, amely a nagyobb hosszúsággal együtt többszörös hőátadó felületet ad, ezáltal a sík lemeztől eltérően a magas teljesítmény fokozaton is biztosítja a 90% feletti hatásfokot. A hasonló jellegű hőcserélők között a kivitel minősége (anyagjellemzők, lemezvastagság, réteg sűrűség) is nyilvánvaló hatásfok különbséget okozhat, az eltérő típusú hőcserélők között a hőátadó felületek nagysága jelentős különbséget mutat. Az alkalmazott hőcserélő típusának ismeretében a (24. ábrán) feltüntetett alapváltozatok és arányok jó iránymutatást adhatnak egy-egy berendezés várható valós teljesítményének megbecsüléséhez.

Mindezek figyelembevételével a jól hőszigetelt, kellően légtömör épületekhez ki kell dolgozni hasonlóan korszerű, energiatakarékos, a házhoz illeszkedő aktív épületgépészeti rendszereket is. Ebből következik, hogy a passzív ház épületgépészeti berendezésének fő feladata a maradék fűtőhő és a használati melegvíz szükséglet fedezése, ezzel együtt a szellőztető berendezés szükségleteinek fedezése is. Ezáltal magas

Hőcserélőtípusok	<input type="checkbox"/> Keresztáramú <input checked="" type="checkbox"/> Ellenáramú ha: $\frac{l}{b} \geq 2$		
	keresztáramú	síkmezes kereszt-ellenáramú	rács-csatornás kereszt-ellenáramú
Hőcserélőfelület (m ²)	4-10	6-14	17-60
Keresztmetszet			
Hatásfok (%) PHPP-követelmények alapján	50-70	70-80	85-99 (92)

24. ábra. Hőcserélőtípusok

Forrás: VGF Épületgépészeti szaklap [24]

hővisszanyerési hatásfokot kell elérni és fokozottan kell ügyelnünk arra, hogy a hőnyereséget az épületen belül tartsuk.

A hővisszanyerő berendezésnek legalább 80%-os hatásfokkal kell rendelkezni ahhoz, hogy a hőveszteséget a lehető legalacsonyabb szinten tudjuk tartani. A magas hővisszanyerési hatásfoknak köszönhetően a külső levegőt előmelegítő talajhőcserélővel kombinálva egész évben 17°C fölötti hőmérsékletű friss levegő érhető el, aminek köszönhetően még akár -10°C-os külső hőmérséklet mellett sem szükséges gyakran fűteni. A talajhőcserélőt azért kapcsolják a rendszer elé, hogy a hővisszanyerőbe a beáramló, -5°C alatti külső levegő ne jegesedjen bele. A talajhőcserélő nem csak a talaj hőenergiáját adja át a szellőztető berendezésnek, hanem emellett a hideg elszívott levegőben lévő pára esetleges megfagyását is megakadályozza.

A passzívház hatékony szellőzése csak akkor érhető el, ha néhány fontos feltétel teljesül:

Az épület burkolófelületének $n_{50} \leq 0,6/h$ légtömörséggel kell rendelkeznie, mivel egyébként a meleg belső levegő kifelé, míg a hideg külső levegő befelé tud áramlani, ami pedig ellenőrizhetetlen hőveszteséghez vezet. Ezt a hőt nem lehet az épületen belül energiaként visszafogni, és szükségtelenül veszik el.

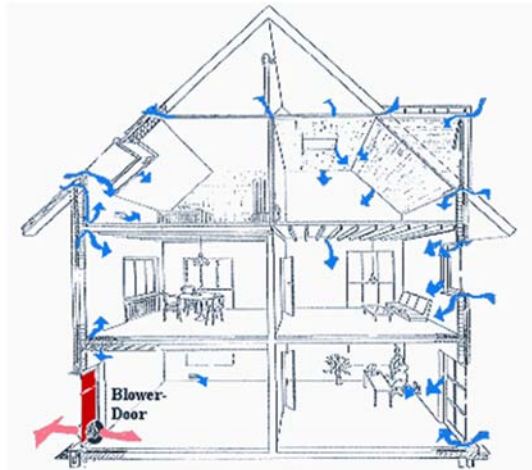
Az elsősorban a szellőzők működtetéséhez használt kisegítő elektromos energiaforrásnak, vagy az egyenáramú motornak $< 0,4 \text{ Wh/m}^3$ levegő energetikai hatásfokot kell elérniük, hosszú élettartamúnak és csendes üzeműnek kell lenniük.

A passzívházon keresztülmenő légáramot irányított áramlásként kell kivitelezni, azaz az olyan lakóterek, mint például a hálószoba és a nappali friss levegővel ellátott, míg a nedves terek, mint például a konyha, a fürdőszoba és a WC elszívott helyiségnek tekinthető. A közlekedők és a lépcsőházak az átáramoltatott terek.[26]

Az eddigiekből következik, hogy a hatékony szellőzés csak az optimális légtömörségű épületburok mellett lehetséges

A légtömörség előnyei az állagmegőrzés, hőszigetelés és a szerkezet védelme a páralecsapódás ellen, a hőveszteség a légréseken megszűnik, a belső légáramlásban nem keletkeznek zavaró légörvények.

A légtömörség ellenőrzésére kiválóan alkalmas a BlowerDoor teszt (25. ábra). Ezt még vakolás, burkolás előtt kell elvégezni azért, hogy a hibák javíthatóak legyenek. Az utólagos javítás, burkolás után a konnektoroknál, a hőszigetelő lapok illesztésénél többletköltséget



25. ábra. Blower Door levegő áramlás

Forrás: Signature Energy Efficiency [27]

okoz. A ma épülő passzívházaknak rendelkeznie kell olyan tanúsítvánnyal, melyben leírják, hogy mennyire légtömör a szerkezet, ennek következtében a légcserezés szám $0,2-0,6 \text{ h}^{-1}$ lehet.

A BlowerDoor működési elve, hogy a külső légnyomáshoz képest a ventilátor segítségével 50 Pa túlnyomást hozunk létre, majd a depressziós mérés, mikor 50 Pa nyomáskülönbségnyi levegőt szívunk el a külső nyomáshoz képest. Ez a nyomáskülönbség arra kényszeríti a külső levegőt, hogy behatoljon az épület belsejébe a termikus héjazat szivárgó helyein és rejtett nyílásokon keresztül.

Ez az 50 Pa -os nyomáskülönbség olyan mintha 50m -re felemelnénk az épületet vagy mintha 45 km/h -ás szél fújna. Ez azt is jelenti, hogy a BlowerDoor teszt semmilyen veszélyt nem jelent a szerkezetre és bent élő emberekre és állatokra sem, így mérés alatt akár bent is lehet maradni. Az épület teljes elkészültsége előtt érdemes egy mérést elvégezni mikor még nem laknak benne viszont már bent vannak az ajtók ablakok, a villamos és vizes berendezések is már elkészültek. Ekkor még könnyebb a szivárgó helyek felderítése esetleges javítása, mint mikor már bent laknak és akkor kell bontani, javítani, ami még több pénzt igényel. Jellemző helyek az ablakkeretek körül, a villamos kapcsolószekrényekben és dobozokban valamint ahol a vízvezetéki csövek áthatolnak a légtömör héjazaton.

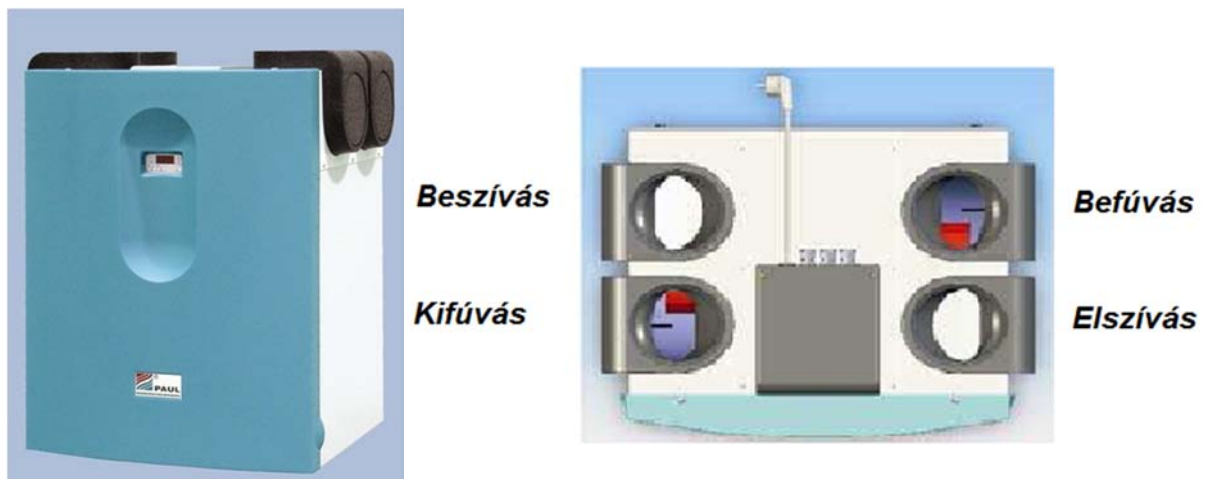
A szivárgások lokalizálására a leggyakrabban használt eljárás a kézzel való kitapintás. Az épületben keletkező vákuum miatt a belső épületburok mentén a legkisebb szivárgás is érzékelhető. Ha megvan a hiba ahol levegő áramlik azt javítják, szilikonnal, szalaggal...Ha esetleg nem lehet megállapítani, hogy hol van a szivárgási hely, akkor egy ködgenerátor segítségével nem mérgező gázzal töltik meg az épületet. Ilyen esetben a belső térben



26. ábra. Blower Door levegő áramlás

Forrás: www.homeenergyevaluations.com[28]

túlnyomást hoznak létre így a szivárgási helyeken vagy lyukakon a füst távozik a szabadba. Az eljárás során ködgenerátor mellett füstgép úgynevezett reagens patron is alkalmazható. A mérés módja a következő: A lakás egy kültéri ajtajába beépítjük a mérőműszert (26. ábra) mely egy ponyvából, nyomásérzékelőből és egy ventilátorból áll. [29]



27. ábra. Paul Santos 370 DC

Forrás: PAUL [30]

„A passzívházak legfontosabb tulajdonsága, hogy a hőszigetelés megnövelésével a ház hővesztesége radikálisan lecsökken, egy mai átlagos ház fűtési igényének cca. 1/10-ére. A passzívházak éves hőigénye így 15 kWh/m². A hőszigetelést tovább nem érdemes fokozni,

hiszen érzékelhető javulást nem okoz. A ház fennmaradó veszteségforrása a szellőzés, a légcseré. A tökéletesen légzáró ablakok-ajtók és a légtömör szerkezet miatt a korábbi természetes légcseré, mely a nyílászárók résein történt, megszűnik, és emiatt pótolni kell. Ha nem tesszük, több baj is keletkezik: gyakrabban kell szellőztetni, és ezzel a házból a meleg is távozik (az ablakcsere és a falak hőszigetelése után gyakran ezért nő a fűtési költség), vagy az elégtelen légcseré miatt penészedés lép fel a hideg sarkokban. A légcserét biztosító, utólag beépített légbeeresztő nyílások a hőveszteséget nem csökkentik, legfeljebb szinten tartják, ami az összes hőveszteség 35-40 %-a.

A megoldás a hővisszanyerő szellőztető rendszer (27. ábra) .

A berendezés működési elve:

- Téli üzem:

a ház a frisslevegőt a talajban lefektetett csővezetéken (talajkollektor) keresztül szívja be. A legalább 1,5m mélyen lefektetett csővezeték a talajhőt kihasználva a beszívott hideg levegőt előmelegíti (-15°C esetén 0°C -ra), majd ez az előmelegített levegő érkezik a hőcserélőbe, ahol átveszi a házból elszívott használt levegő hőtartalmát, ezáltal tovább melegszik (az elszívott levegő $+20^{\circ}\text{C}$ hőmérséklete tovább melegíti cca. $+18^{\circ}\text{C}$ -ra). Az így passzívan előmelegített levegő tehát 33°C -al melegebben érkezik be az épületbe, mint a szokásos légcseré esetén. Az előmelegített levegőt légfűtés esetén azután tovább melegíthetjük. A hiányzó hőt több módon adhatjuk hozzá: napenergia, biomassza fűtés vagy hőszivattyú segítségével. A Paul Compact berendezésében a hőcserélőből kifúvással távozó használt levegőből hőszivattyú segítségével további hőt von ki, melyet visszatáplál a házba, melegvízkészítés vagy fűtés céljára.

- Nyári üzem:

a ház a frisslevegőt a talajban lefektetett csővezetéken keresztül szívja be. A talajkollektor a talajban uralkodó állandó hőmérsékletet a téli üzemmel szemben nem a beszívott levegő előmelegítésére, hanem előhűtésére használja ($+30^{\circ}\text{C}$ esetén $+23^{\circ}\text{C}$ -ra), majd ez az előhűtött levegő a hőcserélőt kikerülve jut a lakótérbe. Az így passzívan előhűtött levegő tehát $6-8^{\circ}\text{C}$ -kal hidegebben érkezik be az épületbe, mint a szokásos légcseré esetén, mindenfajta klímaberendezés nélkül.

További előnyei: megőrzi a helyiségek páratartalmát, de a feldúsulást megakadályozza. Higiénikus és hangtalan működésű, a beszívott levegőt szűri. Kevés mozgó alkatrész, kis meghibásodási lehetőség. A karbantartás elhanyagolása esetén is problémamentes működés. A Paul berendezések szerepelnek az első magyar minősített passzívházban illetve az első, passzívházat megközelítő minőségű felújított panelházban, a dunaújvárosi Solanovában.

A bemutatott rendszer elemei: Santos központi egység, befűvő és elszívó légcsatornák, talajhőcserélő (talajkollektor).

A hővisszanyerő rendszer magas hatásfokú, ezzel egy jól szigetelt épületben akár 30-35 %-os fűtési energiamegtakarítást tesz lehetővé. A szellőztetés energiafogyasztása az elért energia megtakarítás töredéke, a ventilátorok összteljesítménye átlagban egy 100W-os villanykörte áramfogyasztása (20-250 W), míg egy klímaberendezés több kW teljesítménynél kezdődik.”

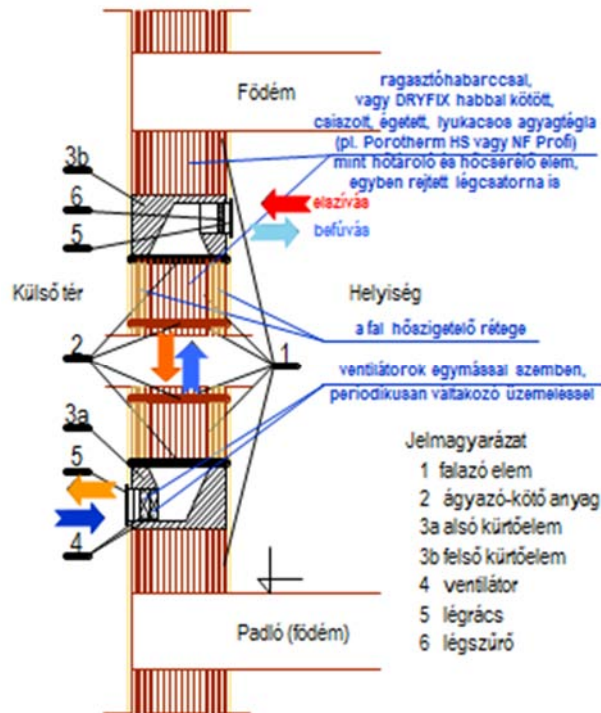
[31]

5. FluctuVent szellőző rendszer [32]

A téma időszerű: a nagy légtömörségű nyílászárók beépítése miatt nem kívánt mellékhatások lépnek fel, így csökken az épületbe jutó friss és száraz külső levegő mennyisége, télen a belső nedvességtartalom megnövekedésével páralecsapódás, penészedés lép fel, a belső levegő minősége is kívánalmat hagy maga után. Az eddig ismertett szellőző berendezések energiatakarékos és gazdaságos felhasználásával kapcsolatosan sokan és sokféleképpen gondolkodnak.

Mindezek figyelembevételével a fent említett kritériumoknak eleget tesz egy kiváló új módszer: a falazatba integrált szellőző rendszer hővisszanyeréssel (FluctuVent), melyet tanszéki konzulensem fejlesztett ki, s mellyel tanulmányi munkám kapcsán volt szerencsém megismerkedni.

Ez a rendszer egy új lehetőséget biztosít a még hatékonyabb energia megtakarításra. Ez a találmány decentralizált, kis helyigényű, váltakozó áramlási irányú hővisszanyerős szellőző rendszer, melyet a külső falba kell beépíteni (28. ábra).



28. ábra. Szellőrendszer metszete, elvi sémája Forrás: Csiha András: „FluctuVent” [32]

A rendszer működése: a 28. ábra alapján látható a szellőző kürtőt a külső és belső térhez kapcsolódó alsó és felső kürtőelemek hozzák létre a falazatban. A falazóelem égetett lyukacsos agyagtégla, mely rácsos szerkezetének köszönhetően jó hőtároló képességű. Egyetlen elvárás a falazással szemben, hogy olyan ágyazó-kötő agyagot alkalmazzanak a téglasorok között, ami nem zárja le az egyes téglák elemi függőleges lyukait. Az épület külső falazatában így kialakuló összefüggő függőleges légjáratokat alul a külső tér felé, felül a belső tér felé nyitjuk meg, az így kialakuló szellőző kürtőbe ventilátort, légrácsokat és szükség szerint szűrőt beépítve egy hővisszanyerős szellőző egységet kapunk, aminek a regeneratív hőtároló-hőcserélő elemét a téglabordák, a falazat saját anyaga szolgáltatja.

A rendszer alsó kürtőelemét a 2. téglasorba helyezük el a külső tér felé fordítva, hogy innen tudja szívni a külső friss levegőt és kieresztetni a bent elhasznált levegőt. Erre a célra szolgál az alsó kürtőben elhelyezett 2 darab ventilátor egymással szemben fordítva.

A felső kürtőelemet a lakótér felé fordítva építjük be. Az így kapott függőleges kürtőn a levegő áramolhat. Az alsó és felső kürtőelemek szűrőkkel vannak ellátva, melyeket egy dizájnjos légrács takar. Amikor az alsó kürtőben a belső ventilátor dolgozik akkor a helyiség felmelegített levegőjét áramoltatja a téglakürtőn keresztül, amely felmelegedik és betárolja a hőt. Ez a folyamat 6 percig tart ezután fordul az irány: a külső ventilátor fogja szívni a külső levegőt és átáramoltatja az előzőleg felmelegített téglakürtőn, így annak hőtartalmát kinyerve a levegőt felmelegítve juttatja a belső térbe.

A kürtők párosan szerelendők egy helyiségben, mikor az egyik kürtő elszív, akkor a másik éppen befúj, majd 6 perc után fordulnak a funkciók. A periodikusán váltakozó irányú működés (elszívás-befúvás) biztosítja a helyiség kiegyenlített légcseréjét. Nyári időszakban éjszaka, amikor a külső levegő hidegebb, mint a belső, lehetőség van a „free cooling” (ingyen hűtés) üzemmód megvalósítására, ekkor a légáramlás iránya nem változik 6 percenként.

A rendszer fő elemei: A ventilátorok



29. ábra. AF 12025 Régi típusú ventilátor



30. ábra. ARCTIC F12 Újabb típusú ventilátor

Forrás: <http://www.arctic.ac/en/p/cooling/case-fans/77/arctic-f.html> [33]

Az AF 12025-ös típusú ventilátor, 7 lapátú járókerekes. Az idő haladásával a ventilátort gyártó cég is fejlesztett, ennek eredménye az ARCTIC F12-es típusú ventilátor. Ezeknek a ventilátoroknak már 9 lapátjuk van és a légszállítást már alacsonyabb fordulaton is el tudják látni. A régebbi ventilátor 1500/min fordulatszámon járt, míg az újabb már 1350/min fordulaton, így még csendesebben tudják végezni a légcserét.

A ventilátorok páronként úgy vannak összecsavarozva, hogy a felragasztott címkéik kifelé néznek, így a kívül lévő ventilátor normál forgásirány esetén befelé fújja a levegőt, a belül lévő ventilátor pedig kifelé.

Az Arctic Cooling AF12025 PWM ventilátorok működtetése alapvetően 12V DC feszültséget és 0.13A áramerősséget igényel.

Az egyenáramú tápegység legyen képes két feszültség szintet szolgáltatni: 230V~50Hz AC / 12V DC és 7.5V DC. A tápegység és a vezérlés legyen képes legfeljebb 8 helyiség két-két kürtőjében lévő összesen 32 ventilátor (ebből 16 dolgozik egyszerre, ~2.08A) áramellátására és működtetésére.

(Melléklet 1. diagram)

A FluctuVent 1 vezérléssel megvalósítandó üzemállapotok, funkciók (idézet a gyártmányfejlesztési anyagból):

*Egykörös vezérlés: minden 2*2 ventilátorból álló egység azonos módon vezérelt.*

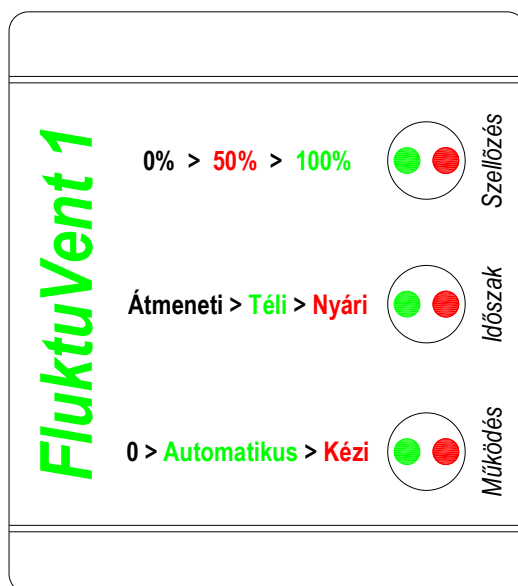
Az egyes együttműködő egységek 4 ventilátorát nevezzük el a kürtő helye (B: bal, J: jobb) – a ventilátor helye (k: külső, b: belső) módon, vagyis pl. B-k.

Az elhelyezkedésük szerint tehát elnevezésük az alábbi séma szerint:

	Baloldali kürtő	Jobboldali kürtő
Kívül lévő ventilátor	B-k	J-k
Belül lévő ventilátor	B-b	J-b

A vezérlés működése:

A tápegységgel egybeépített vezérlés funkcióit és annak kinézetét az alábbi ábra alapján részletezem:



A vezérlés rendelkezik egy éves órával, melynek segítségével az egyes üzemmódokat az éven belüli időszakokhoz és a napon belüli napszakokhoz tudjuk hozzárendelni (dátum és idő beállítása, téli-nyári időszámítás kezelése).

Továbbá a vezérlés rendelkezik egy ki-be kapcsoló funkcióval, ezt a „Működés” nyomógomb biztosítja. Bekapcsolt állapotban alapvetően „Automatikus” üzemmódban (felhasználói beavatkozás nélkül) kell megvalósítania az alább leírt működési módokat. „Kézi” működtetés választása esetén bármikor tegye lehetővé az „Időszak” nyomógombbal az alább ismertetendő három alapvető működési mód (Átmeneti > Téli > Nyári) tetszőleges megválasztását, a „Szellőzés” nyomógombbal pedig a kiadott működtető feszültség szint átváltásával (0 – 7.5 – 12V DC) a ventilátorok légszállításának megváltoztatását (0% > 50% > 100%). Az 50% az jelenleg feszültségre értendő, azaz 12V helyett, 6V-ot kap a rendszer. A mérések alapján ez az érték akár 7,5V is lehetne, hogy megfeleljen az 50%-os légszállításnak. Alapvetően 3 különböző üzemmódot tud váltogatni a vezérlés az év különböző időszakjaiban és napszakjaiban (a „Működés” nyomógomb „Automatikus” vagy „Kézi” állása szerint automatikusan vagy kézi beavatkozással):

1. „Téli” üzemmód: október 1. – április 30.

Az egy kürtőben lévő (egymással áramlástechnikailag sorba kötött) ventilátorok felváltva üzemeljenek 6-6 percig (360 s) 12V DC feszültség szinten úgy, hogy az egy helyiségben elhelyezkedő két kürtő közül váltakozva az egyik befújja a külső levegőt, a másik pedig elszívja a belső levegőt, folyamatosan a nap 24 órájában – ezt tekintjük „Automatikus” üzemenetnek. Az egyszerre áramot kapó ventilátorok tehát a B-k és a J-b, miközben a B-b és a J-k ventilátorok nem üzemelnek, a 6 perces működési idő után pedig megfordul a helyzet (az át kapcsolás történhet azonnal, vagy néhány másodperces szünet közbeiktatásával is, ez esetben a szünet pl. 3 s időtartama csökkenti a ventilátorok 6 min üzemidejét).

2. „Átmeneti” üzemmód: május 1. – június 30. és szeptember 1. – szeptember 30.

A ventilátorok „Automatikus” üzeme csak annyiban tér el a „Téli” periódustól, hogy üzemi feszültségük 7.5V DC legyen, vagyis csökkentett fordulatszámmal (és így légszállítással) működjenek.

3. „Nyári” üzemmód: július 1. – augusztus 31.

Az „Automatikus” üzemenet szerint nappal 6-22 óra közötti időszakban a ventilátorok nem üzemelnek, míg éjjel 22-6 között a baloldali kürtők külső ventilátorai (B-k) és a jobboldali kürtők belső ventilátorai (J-b) folyamatosan, megszakítás nélkül működjenek a 12V DC feszültség szinten (zárójelben: ha a későbbiekben valamilyen módon kialakítunk egy még nagyobb légszállítású

üzemállapotot [pl. növelt, >12V DC feszültségszinttel, vagy a normál esetben nem működő ventilátorok forgásirány-váltással történő párhuzamos üzemeltetésével], akkor ebben az üzemállapotban).

Ezek a mérések tiszta szűrőkre igazak, ha a légszállítás lecsökken 75%-ra, akkor a szűrőket cserélni kell.

5.1. Laborkörülmények közötti mérések

Már a mérések ismertetése előtt megjegyzem, hogy a sokrétű és kiterjedt mérési anyagból igen nehéz volt válogatni reprezentatív diagramokat - képeket. A mellékletben részletesebb anyag található, míg a teljes mérési dokumentáció a DVD mellékleten található a műszergyártók adatgyűjtő - kiértékelő programjaival együtt. Ezek telepítése után az egyes mérési eredmények sokkal részletesebben megtekinthetők, vizsgálhatóak.

A mérések helyszíne: a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Fűtéstechnikai Laboratóriuma.

A mérések időpontjai: 2010.12.21.

2010.12.30.

A légtechnikai mérések műszerei: 7 db KIMO adatgyűjtő, Testo hőkamera, Testo 435 többfunkciós mérőműszer, 2db Testo 815 zajszintmérő (Mérőműszerek ismertetése mellékletben található, részletesebben a DVD mellékleten).

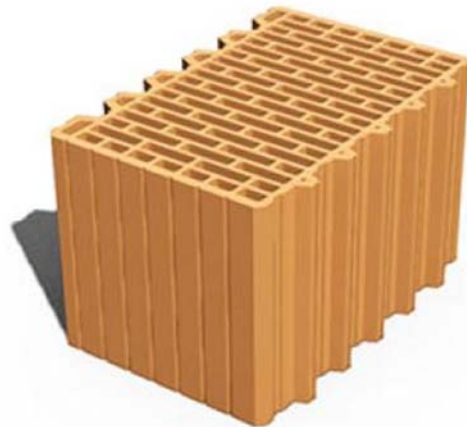
A helyszín adottságai:

A laboratóriumi körülmények nem voltak igazán kedvezőek, hiszen nehezen, vagy egyáltalán nem lehetett olyan körülményeket teremteni, mint egy családi házban beépített rendszernél. A labor kb. három átlagos lakószoba méretű, nyílászárói egyáltalán nem fokozott légzárásúak és nem is tehetők azzá. A labor külső határoló felülete ún. Copolit üvegfal, melynek az illesztései nem igazán a legmegfelelőbbek, a kapcsolt gerébtokos ablakok sem zárnak megfelelően. A laborban nem folyik átlagos lakásokra jellemző élettevékenység a belső levegő így alapvetően túl száraz. Az emberek jelenlétét nedvességtermelés szempontjából az első méréssorozatnál párasító készülékkel helyettesítettük. CO₂ mérést a laborban egyáltalán nem végeztünk.

A laborban a 2 szellőző kürtő két különböző csiszolt téglából épült vékony ragasztóhabarccsal, amiket a következő képek mutatnak.



1. kép. Porotherm HS Profi téglá



2. kép. Porotherm N+F Profi téglá

Forrás: www.wienerberger.hu [34]

5.1.1. A hőmérséklet és páratartalom mérése

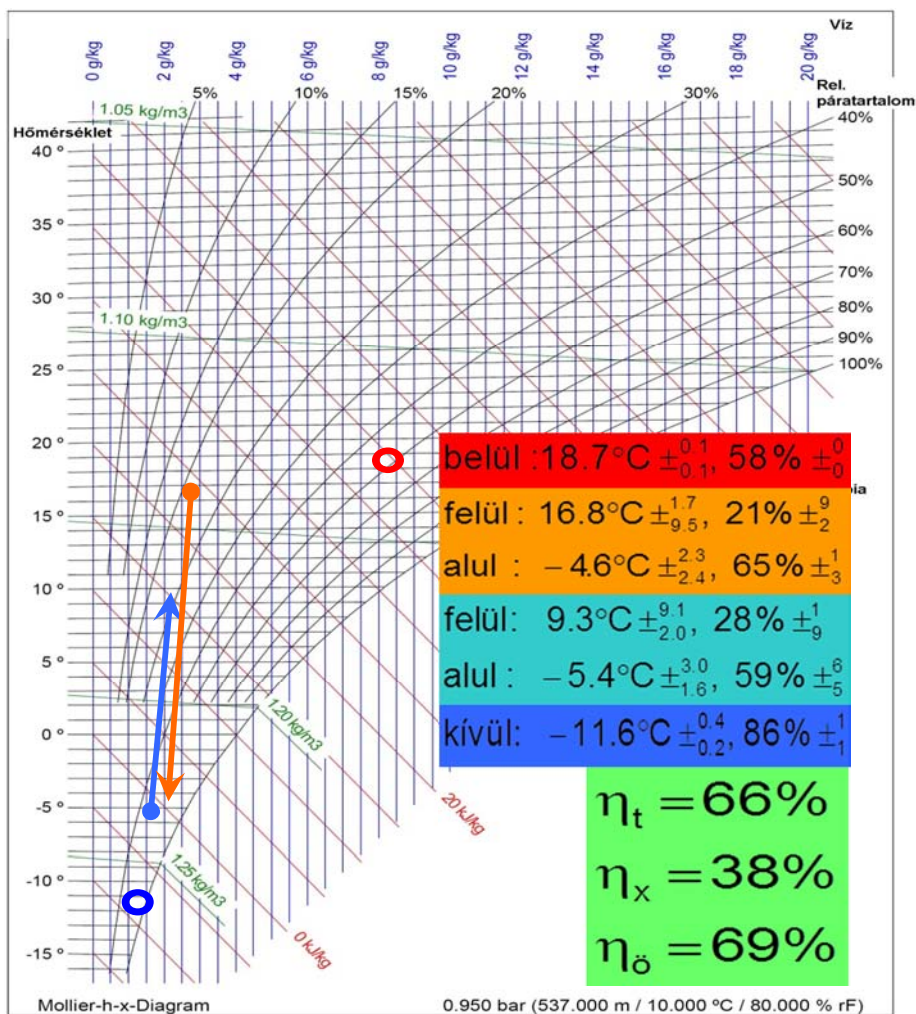
A félév során, a méréseim kezdete előtt az összes mérőt bekalibráltam a gyártó javaslatát követve: egy helyre helyeztem, egy zárt dobozba, hogy közel azonos hőmérsékletek uralkodjanak a műszerek érzékelőinél. Ezen eljárás segítségével sikerült a műszereket azonos érzékenységre kalibrálni, hogy későbbi méréseim során valós értékeket mérjek.

Több napon keresztül végeztem méréseket a kürtőnél elhelyezett hőmérséklet és páratartalom KIMO adatgyűjtő segítségével. A mérések egy hetes ciklusban történtek és a mérési ciklusok rögzítése 10 sec-ként történt a memória megteltéig programozva. A kürtők alsó részén az alsó polisztirol hab kürtőelemenben, 1-1 mérőt, a felső részén a légrács belső síkján szintén 1-1 mérőt helyeztem el. A külső hőmérséklet regisztrálására külön mérőt helyeztem ki a szabadba árnyékolva és a csapadék ellen védetten.

A belső levegő mérésére 2 db mérőt használtam, melyeket a terem két jellemző helyén helyeztem el és ezek átlagával számoltam. Az adatok letöltéséhez egy a mérőműszert és a számítógépet összekötő adatkábel szolgált mely a számítógépen megtalálható USB2.0-án keresztül csatlakoztatva biztosította a gyors (adatletöltés 1000 érték/sec) adatátvitelt. Miután a kapcsolat létrejött a számítógép és a mérőműszer között az adatok letöltését, táblázatos formátumú foglалását, diagramok létrehozását és kiértékelését a műszerhez tartozó KILOG 1.4.0.0. szoftver tette lehetővé, amely a DVD mellékleten megtalálható.

A kapcsolat létrejöttével belépve az említett szoftverbe lementhetővé váltak a rögzített adatok („klg”- formátumban) és lehetőség nyílt az így nyert adatok grafikus és táblázatos (előzetesen text, majd a „txt”- formátumot követően „xlsx”- formátum) megjelenítésre. Egy

mérési sor után az adatok lementésre kerültek a számítógépre, illetve külső adattárolóra biztonság céljából. A letöltött adatok után a készülék memóriáját újralibráltam a soron következő újabb méréshez.



1. diagram HS kürtő 2010.12.16 02:00-3:00

A megfelelő páratartalom elérése céljából a párasítót az elszívási helyhez közel helyeztem el, hogy megpróbáljak olyan körülményeket teremteni, ami mellett páradús levegőt szív el a rendszer, amiből extrém hideg időjárás esetén esetleg párakicsapódás keletkezhet a kürtőben. (A diagramhoz tartozó értékek táblázata a DVD mellékleten található)

A mérőműszer használatával kapcsolatos észrevételeim:

A szoftver könnyedén kezelhető és kompatibilis az újabb (windows 7) operációs rendszerrel is. Használat során semmilyen kompatibilitási probléma nem merült fel. Az adatok gyorsan letölthetőek és könnyedén kiértékelhetőek voltak. A műszer kalibrálás is egyszerűen elvégezhető volt. A műszer kijelzőjén mutatott akkumulátor kapacitás különbözött a szoftver beállításakor jelzett értéknél. Megfigyeltem a mérési sorok alatt, ha a műszer kijelzője bekapcsolva volt és sűrű mérést állítottam be, akkor az akkukapacitás jelentősen csökkent. Ezért mikor a pesti mérést végeztem, biztonság kedvéért Tanszéki konzulensem új akkumulátorokat bocsátott a rendelkezésemre, hogy esetleges lemerülés veszélyét elkerüljem.

5.1.2. A légszállítás mérése

A ventilátorokat állandó egyirányú üzemre állítottam (a programautomatika kiiktatásával) és hődrótos anemométer segítségével mértem a légsebességet a Testo 435-ös készülék segítségével (részletes információ a DVD mellékleten). Méréseim során a műszerből 1 db állt rendelkezésemre, mely segítségével lehetőségem nyílt megállapítani a kifúvó nyíláson milyen légsebesség értékek és megfigyelni a légtér CO₂ koncentráció változását.

Alapvetően a névleges 12V-os működtető feszültség mellett végeztem a mérést, de csináltam a tápegység 3V-os, 6V-os, 9V-os állásában is méréseket. Ebben az esetben a szűrő és a rács is a falon volt. Majd vizsgáltam a rács előtt szűrő jelenlétében a légsebességet, ezután pedig levett rácsnál és eltávolított szűrőnél.

Egy mérés elindítása előtt a mérőműszerhez kiválasztottam a megfelelő mérőszondát attól függően, hogy éppen mit kívánok mérni. Ezt követően történt a bekapcsolás, ahol a műszer érzékelt a csatlakoztatott szondát és önmagának bekalibrálta azt, hogy képes legyen a további vizsgálatok elvégzésére.

Ezek után összekötöttem a számítógéppel a bekapcsolt műszert és egy adatkábel segítségével mely USB2.0-ás porton keresztül létesített kapcsolatot a számítógéppel. Miután a kapcsolat létrejött elindítottam a készülékhez feltelepített szoftvert (Testo Comfort-Software X35 mely a DVD mellékleten megtalálható) és beállítottam a mérési paramétereket mely alapján a továbbiakban a műszer rögzítette az adatokat.

Kör keresztmetszetű légszatórna esetén a mérési keresztmetszetet egyenlő felületű körgyűrűre kell osztani. A méréseket a gyűrűfelületek osztópontjaiban kell kijelölni. A mérést két egymásra merőleges átmérő mentén kell elvégezni. A mérési pontok távolságát a csőfaltól az

$$L_i = \frac{D}{2} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2i - 1}{2n}} \right]$$

összefüggéssel kell kiszámítani.

Az összefüggésben az:

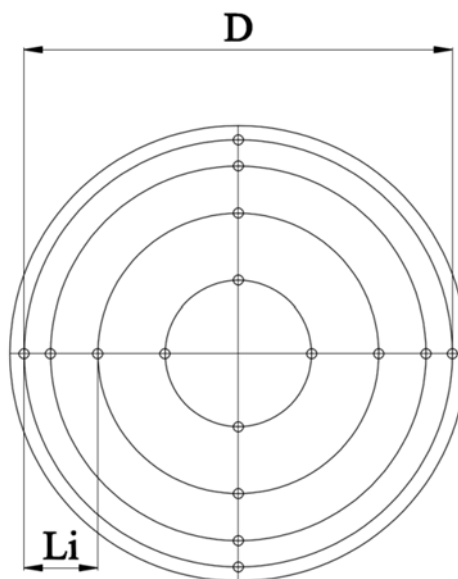
- L_i : gyűrűfelületek osztópontjainak távolsága a csőfaltól mérve [mm]
- D : a cső belső átmérője [mm]
- i : a gyűrűk rendszáma kívülről befelé
- n : a gyűrűk száma

Az összefüggéssel csak a mért keresztmetszet egyik oldalára határozhatók meg az L_i értékei, a másik oldalra a mérési pontok helyét szimmetrikusan tükrözve kell megállapítani.

A mérési pontok számát a következők szerint kell megválasztani:

- ha $D \leq 200\text{mm}$, akkor a mérési pontok száma legalább 3 legyen egy átmérő mentén
- ha $200 < D \leq 500\text{mm}$ esetén a mérési pontok száma legalább 7 legyen egy átmérő mentén.
- ha $500 < D \leq 1000\text{mm}$, akkor a mérési pontok száma legalább kilenc legyen egy átmérő mentén.

A fenti feltételek teljesítése esetén mind kör, mind négyzög keresztmetszetű légszűrőben a mért adatok számtani átlagaként számítható az átlagsebesség.

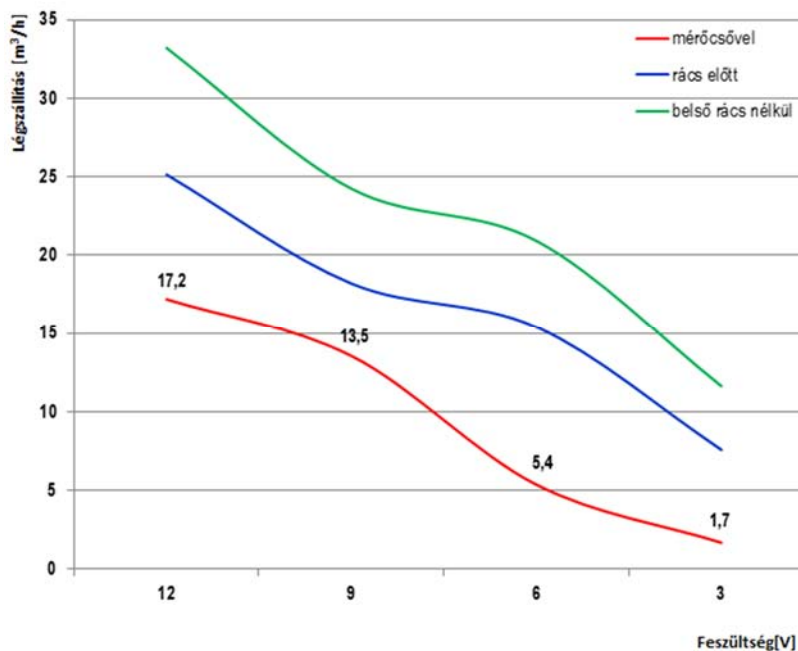


31. ábra. Az azonos gyűrűfelületek osztópontjainak a kijelölése. Forrás: MSZ-04.135/2-83:

Légtechnikai berendezések üzembe helyezési feltételek és követelmények.

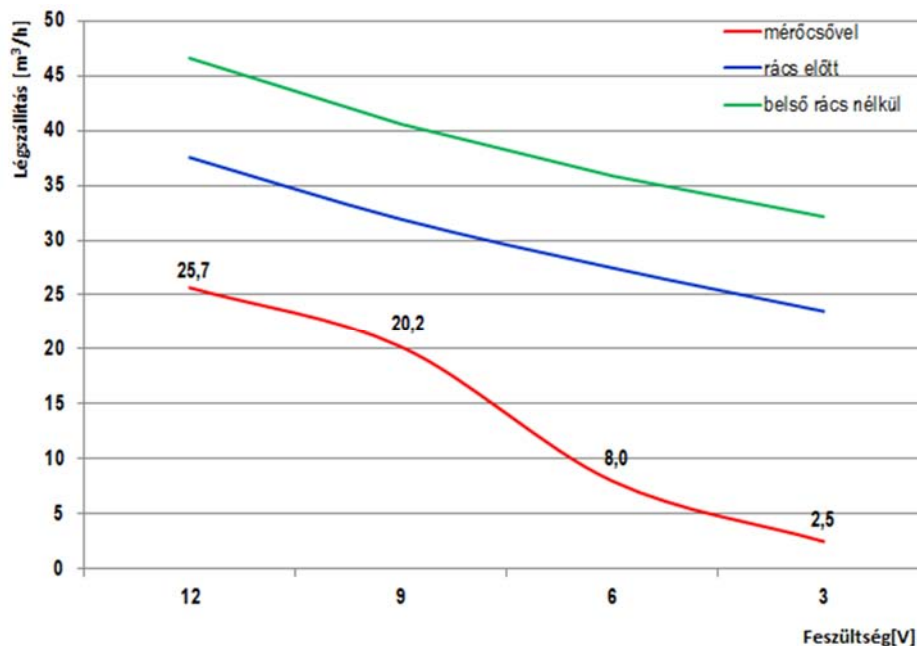
A csőben való méréshez, az előbb leírt elvet követve minden feszültségi értéken 4 darab mérést csináltam és azok átlagát vettem alapul az értékeknél. Minden mérés után az adatokat rögzítettem („vi2” formátumban) és a készüléket újraprogramoztam. A mérések végeztével az

összes mért adatról csináltam egy biztonsági mentés külső adattárolóra és a műszer memóriáját töröltem. A mérések során a szűrők tiszták voltak



3. diagram Légszállítás a HS kürtőben

A mérési értékek segítségével ábrázolom diagramban a HS kürtőben a légszállítást, mely nagyobb feszültség esetén nagyobb légszállítási értékkel bír. Ahogy csökkentem a feszültséget, úgy csökkent a levegőszállítás is. (Melléklet 1. táblázat, 2. táblázat)



4. diagram Légszállítás az NF kürtőben

A mérési értékek segítségével ábrázoltam diagramban az NF kürtőben a légszállítást, amely közvetlenül a rács előtt volt mérve, mely nagyobb feszültségnél természetesen nagyobb

légszállítást mutat. A HS és az NF kürtők összehasonlításánál jól szembetűnik a különbség az azonos feszültségi értékeknél az NF légszállítása nagyobb. A HS kürtőnek jobb a hatásfoka valamivel, mint az N+F-es téglának, de ez csak pár százalék és a mérésekből is jól látszik, hiszen nagyobb a belső felület, ami hőt tud átadni. Ez a kedvező hatás annyit is von maga után, hogy itt nagyobb az ellenállás, ami a légszállítás csökkenésében jelentkezik, ám ez a lecsökkent légszállítás még tökéletesen megfelelő a szellőzés kielégítéséhez (0,43 l/h légesereszszám egy átlagos 40m³-es lakószoba esetén). A labormérések alapján mondhatjuk, hogy egyértelműen a HS anyagból célszerű a kürtőket építeni és nem az N+F-ből. Mindkettő alkalmas rá, de a HS gazdaságosabb, jobb hatásfokkal és olcsóbban üzemeltethető. (Melléklet 3. táblázat, 4. táblázat)

A mérőműszer használatával kapcsolatos észrevételeim:

A szoftver könnyedén kezelhető és kompatibilis az újabb (windows 7) operációs rendszerrel is. Használat során semmilyen kompatibilitási probléma nem merült fel. A készülék beprogramozása semmilyen komplikációval nem jár és az adatok lementése megvalósítható volt. A készülékhez többféle mérőszondát is csatlakoztathatunk így egy egészen sokrétű, multifunkcionális készüléket kapunk.

5.1.3. Zajmérés

A mérés helye: Debreceni Egyetem Műszaki Karának Fűtéstechnikai Laboratóriuma.

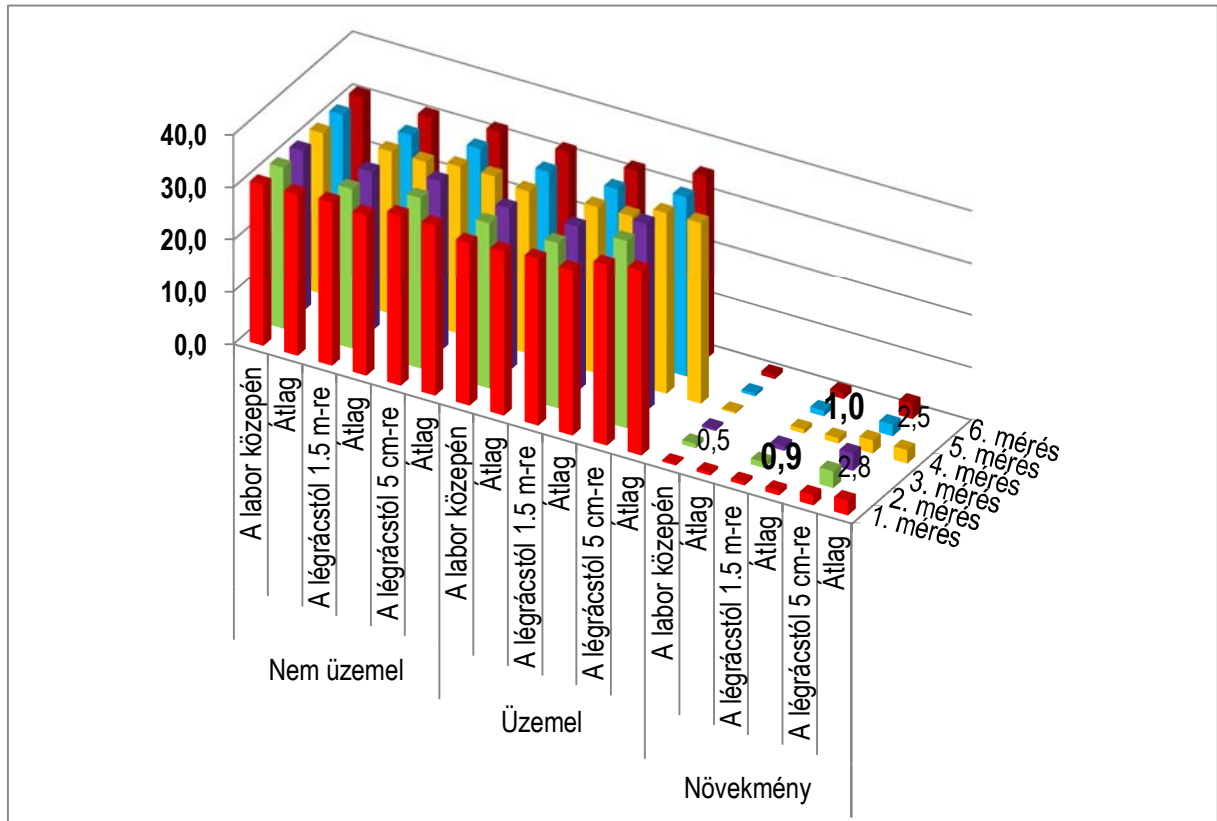
A mérés ideje: 2010. 12. 30. 17 órától 19 óra közötti tartományban.

A mérésemet a Testo 815-ös zajszintmérő készülék segítségével végeztem el az adott időpontban, hiszen ekkor már a külső beszűrődő zajok mérséklődtek. A mérés módja 1-1 perces méréseket végeztem Fast és Min üzemmódban. A mérés során a teremben 1 fő tartózkodott és fénycsővilágítás üzemelt.

A mérőt a labor közepére helyezve a ventilátorok bekapcsolt állapotban voltak, majd ezután a ventilátorokat kikapcsoltam és így is végeztem méréseket. Következő vizsgálatomat a rácsoktól 1,5 méterre végeztem, kikapcsolt és bekapcsolt állapotban. Majd közvetlenül a rácsok előtt 5 cm-re végeztem méréseimet bekapcsolt és kikapcsolt állapotban is.

		NF kürtő (bal oldal), dB(A)			HS kürtő (jobb oldal), dB(A)		
<i>A szellőzés</i>	<i>A mérés helye</i>	<i>1. mérés</i>	<i>2. mérés</i>	<i>3. mérés</i>	<i>4. mérés</i>	<i>5. mérés</i>	<i>6. mérés</i>
<i>Nem üzemel</i>	<i>A labor közepén</i>	30,8	30,8	30,7	30,8	31,0	31,1
	<i>Átlag</i>	30,9					
	<i>A légrácstól 1.5 m-re</i>	31,3	30,5	30,5	31,1	30,9	31,0
	<i>Átlag</i>	30,8			31,0		
	<i>A légrácstól 5 cm-re</i>	32,6	32,6	32,5	32,0	32,1	32,0
	<i>Átlag</i>	32,6			32,0		
<i>Üzemel</i>	<i>A labor közepén</i>	31,1	31,6	31,1	31,1	31,5	31,9
	<i>Átlag</i>	31,4					
	<i>A légrácstól 1.5 m-re</i>	31,9	31,6	31,4	31,9	32,0	32,2
	<i>Átlag</i>	31,6			32,0		
	<i>A légrácstól 5 cm-re</i>	34,5	35,8	35,8	34,5	34,3	34,9
	<i>Átlag</i>	35,4			34,6		
<i>Növekmény</i>	<i>A labor közepén</i>	0,3	0,8	0,4	0,3	0,5	0,8
	<i>Átlag</i>	0,5					
	<i>A légrácstól 1.5 m-re</i>	0,6	1,1	0,9	0,8	1,1	1,2
	<i>Átlag</i>	0,9			1,0		
	<i>A légrácstól 5 cm-re</i>	1,9	3,2	3,3	2,5	2,2	2,9
	<i>Átlag</i>	2,8			2,5		

4. táblázat. Labor zajmérés eredményei



5. diagram. Labor zajmérés eredményei

A mérési értékekből jól látszik, hogy a ventilátorok üzemelésekor a legnagyobb zajkülönbség a közvetlenül a rácsnál mért értékeknél van, ahogy egyre távolodunk a rácstól, úgy csökken az érzékelhető zajhatás. Ezekből az értékekből jól látszik, hogy ventilátorok keltette zaj mennyire alacsony: a légrácstól 1,5m-re mért legfeljebb 1 dB(A) hangnyomásszint emelkedés emberi füllel érzékelhetetlen.

A mérőműszer használatával kapcsolatos észrevételeim:

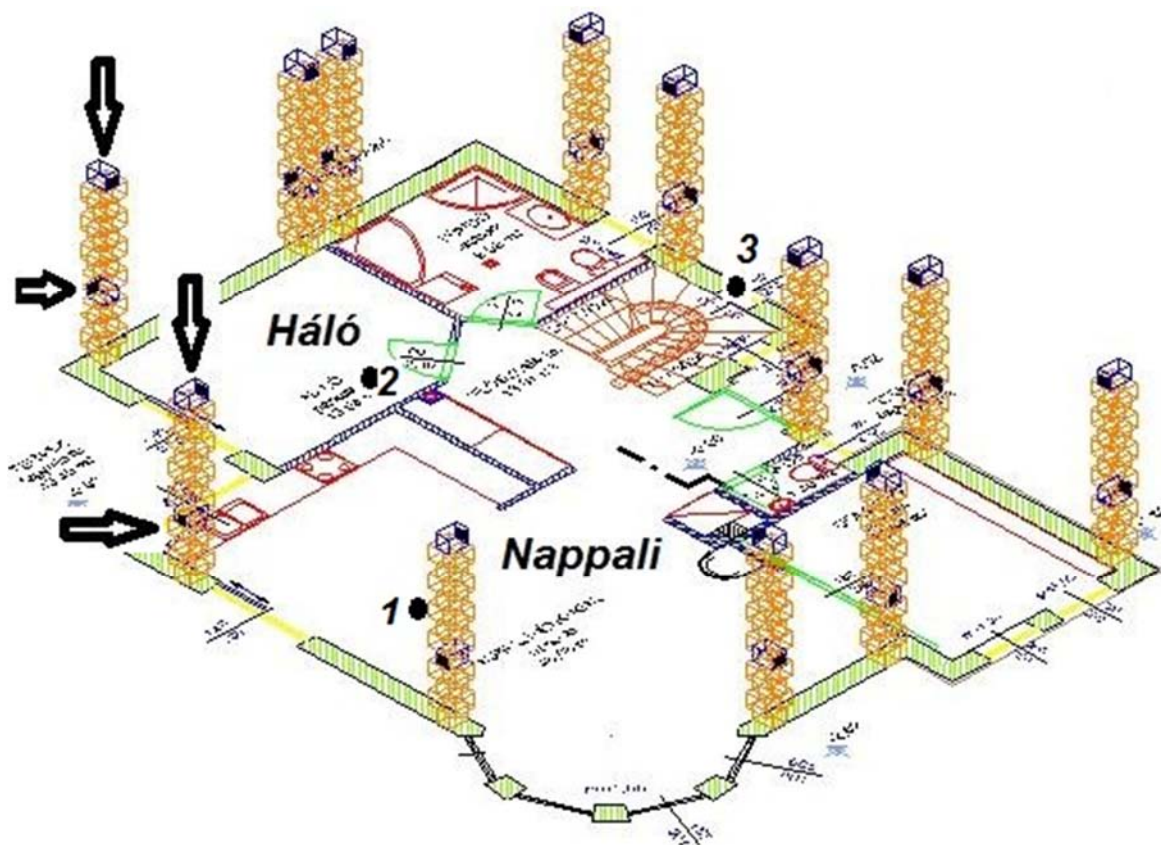
A mérés során használt zajmérőt könnyen lehetett használni, minden beállítást egyszerűen, pár gombnyomással el lehet végezni. A mért adatokat a készülék nem tudja digitálisan rögzíteni, írni kellett, amit mutatott a kijelzőn. Minden kisebb zajra azonnal reagált.

5.2. Mintaprojekten történő mérések

A mintaprojekt helyszíne: Budapest, Hársmajor u.7. alatt lévő családi ház (32. ábra)

A mérés ideje: 2010.12.14. 10 órától - 2010.12.21. 10 óráig végeztem.

A fal PTH HS44 Profi téglából épült, a kürtőnél 2 téglá szélességben (50cm) PTH HS38, ami elé $44 - 38 = 6\text{cm}$ XPS (extrudált polisztirolhab) került. (Melléklet 1. kép)



32. ábra. A ház tervrajza

Forrás: www.mk.unideb.hu/csiha [32]

A családi ház azon részén, ahol kürtők találhatók, a hasznos terület 94.35m^2 . A belmagasság 3.3 méter, így ebből adódóan a térfogat 311m^3 . Ezekből az adatokból és az ismert (laborban mért) ventilátor légszállításából kiszámítható az épület légforgalma, amely $0.18 \frac{1}{\text{h}}$. Ez az első ránézésre elég kis érték, de telepítési lehetőségek miatt több kürtő elhelyezésére nem volt lehetőség, de nem is volt szükség, hiszen az épületet egy házaspár lakja, használja. A hálószobai légcseré értéke $0,39 \frac{1}{\text{h}}$, ami az ottani használathoz teljesen megfelelő.

5.2.1. Hőmérséklet és páratartalom mérés

A labor körülmények nem igazán voltak megfelelőek a valós hatásfok megállapításához, ezért egy már megépült háznál alkalmazott FluctuVent rendszert vizsgáltam. A ház Porotherm HS 38-as téglából épült, a kürtőknél plusz szigeteléssel ellátva a kürtő sávja.

A méréshez 7 db KIMO adatgyűjtő, Testo hőkamera, Testo 435 többfunkciós mérőműszer, 2db Testo 815 zajszintmérőt használtam.

Az ábrán bejelölt kürtőkön végeztem a méréseket, a nappaliban és a hálószobában a légrács belső síkjára felfogattam a KIMO adatgyűjtők érzékelőit (1. és 2. kép), (ami a mellékelt DVD-n is látszik). A belső hőmérséklet mérésére elhelyeztem 2 darab mérőt: a nappaliban az 1-essel jelzett pontban és a hálószobában, amit 2-es számmal jelölök. A külső hőmérséklet mérésére a házon kívülre, a 3-as ponttal jelzett helyre, az északi oldalra helyeztem az adatgyűjtőt, esőtől-hótól és napsugárzástól védve. A KIMO adatgyűjtőket beprogramoztam egy közel egyhetes mérési ciklusra, hogy különböző időjárási körülmények közötti hőmérsékleti és páratartalom értékeket tudjak vizsgálni.

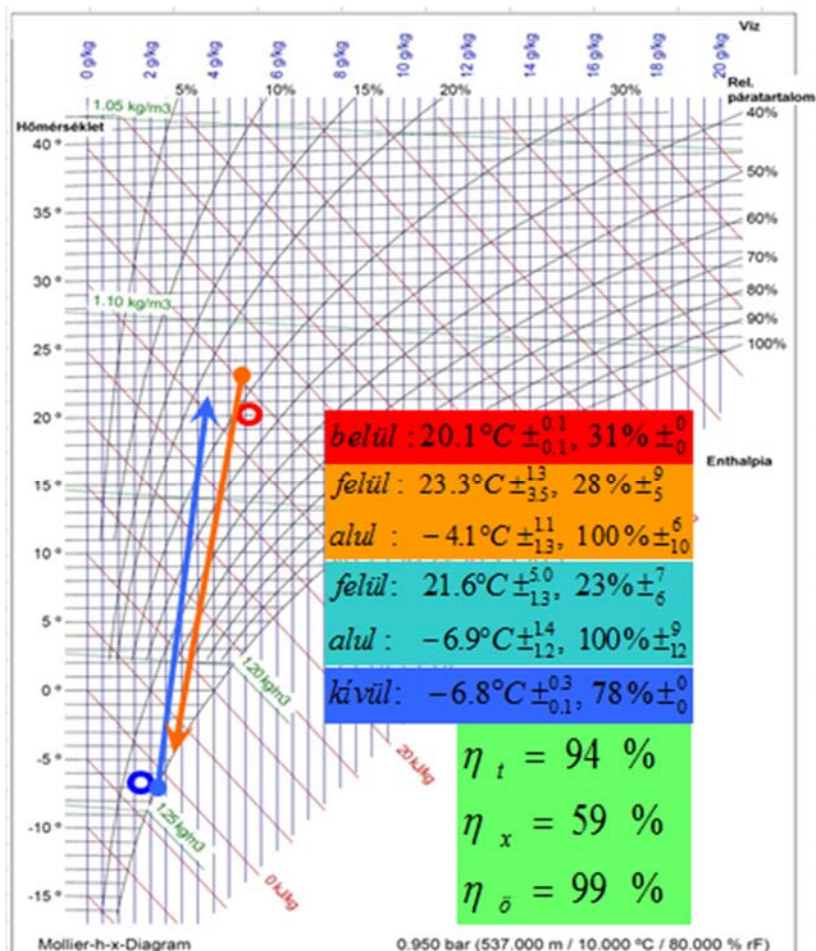


3. kép. Kívülre helyezett mérő



4. kép. Belülre helyezett mérő

A mérések adatait feldolgozva azokat h-x diagramban ábrázoltam a jó áttekinthetőség miatt, egy ilyen mutat a következő ábra.



6. diagram. Mintaprojekt Háló 2010. 12.18. 16:00-17:00
(A diagramhoz tartozó táblázat a DVD mellékleten)

Az ábrához néhány megjegyzés kívánkozik. A nagy belmagasság (3,3m) miatt a mennyezet alatti belső légrácsnál az elszívott levegő hőmérséklete magasabb, mint a helyiség közepén, kb. 1,3m magasan mért belső hőmérséklet. A mérőszondák elhelyezése is befolyásolta a mérési eredményeket, erről később írok részletesen.

5.2.2. Zajmérés

Testo 815 készülékkel zajmérést vizsgáltam 2010.12.22.-én 17-18 óráig, mikor már a külső zaj csendesedett (az „áll” és „üzemel” a táblázatokban a szellőzés működésére vonatkozik). Ezek az értékek nem teljesen tükrözik a valóságot, hiszen a bent élők tevékenysége, a környező zajok meghamisíthatják a mért eredményeket. Ezek az értékek a Labor körülmények között pontosabbak.

dB/A			
Nappali üzemel	Nappali áll	Háló üzemel	Háló áll
34,6	32,2	34,3	31,9
33,8	32,1	33,7	32,3
34,3	32,1	33,1	31,8
35,5	31,5	32,9	34,4
32,4	31,2	32,7	32,3
32,6	31,9	35,1	32,1
31,6	32,5	34	32,7
31,7	31,9	32,3	32,7
31,8	30,8	32,5	31,9
31,8	31	31,9	33,8
31,5	31,1	31,1	32,3
31,3	30,8	31,6	31,7
32,1	30,9	31,4	31

dB/A			
Nappali üzemel	Nappali áll	Háló üzemel	Háló áll
33,1	31,1	32	31,1
32,4	32,8	32,1	31,5
31,7	32,5	32,2	31,7
31,6	36,8	32	31,4
31,4	33,9	32,3	31,4
31,1	33,4	32,1	31,6
34,4	31,6	31,9	31,1
32,4	32,6	32,2	31,4
32,6	32,2	31,7	31
33,1	31,9	31,9	31,7
32	31,5	31,6	31,2
33,8	33,4	31,5	31,9
32,6	32,1	31,4	31,8

5. táblázat. Mintaprojekt zajmérés eredményei

Igyekeztem csendben végezni a mérést és a bent élők is segítettek e mérés során, hogy pontos értékek születhessenek. Az eredményekből jól látszik, hogy az értékek ingadoznak, kisebb-nagyobb kitérések a benti zajokból, esetleg a megemelkedett külső zajokból is következtek.

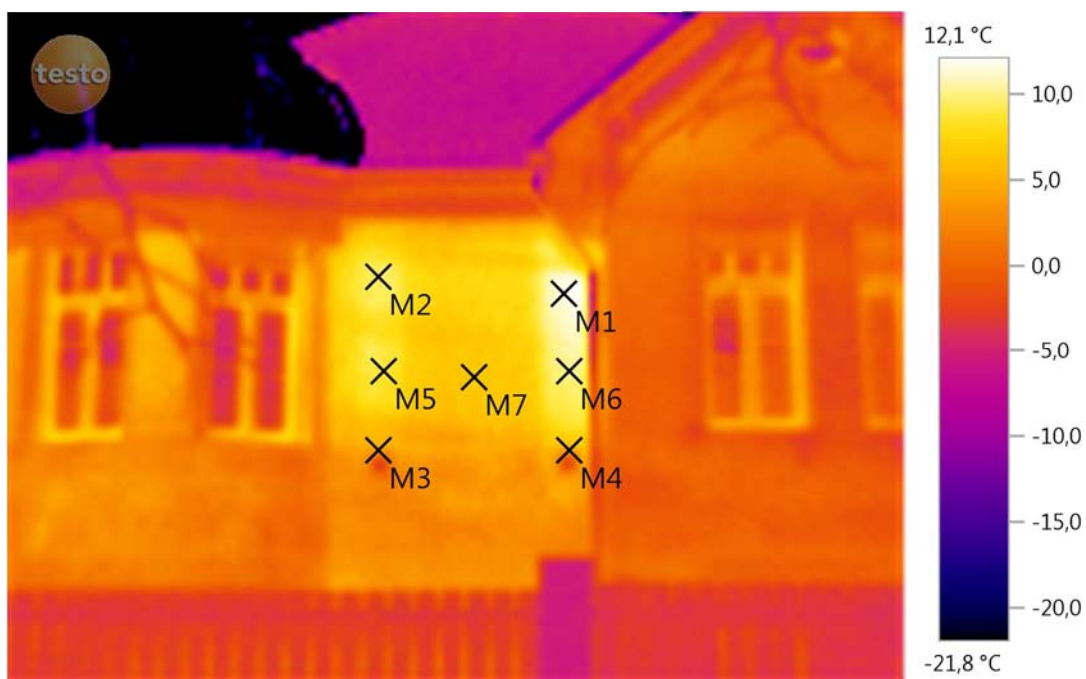
Hőkamerás felvétel készítés

Az épület szerkezetet (5. és 7. kép) Testo 881 hőkamerával is megvizsgáltam, hogy miként alakulnak a felületi hőmérsékletek a kürtők közelében és összehasonlításképpen olyan helyen, ahol nem található kürtő (6. és 8. kép).

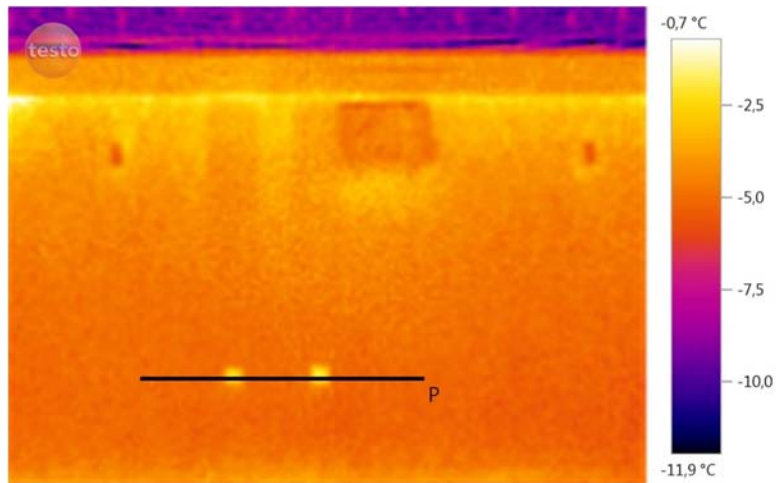


Szám	Hőm. [°C]
M1	11,8
M2	9,4
M3	4,0
M4	4,2
M5	8,6
M6	10,1
M7	6,5

5. kép. Épület szerkezet



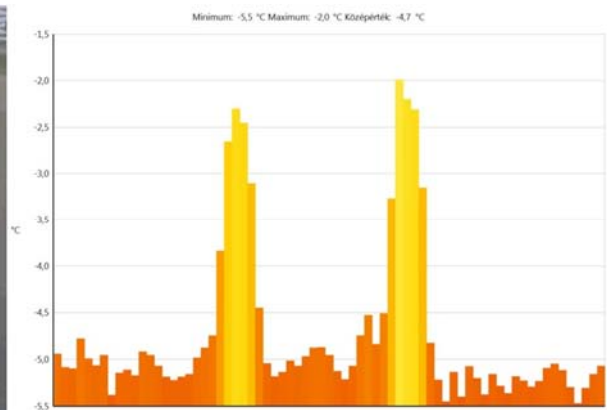
6. kép. Épület szerkezet hőkamerás képe



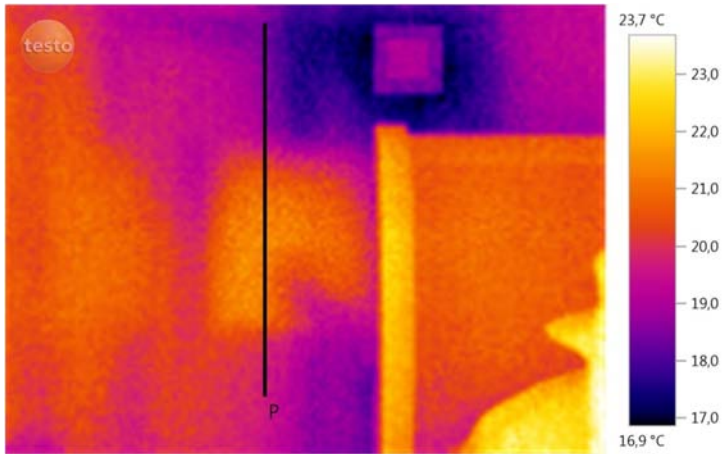
7. kép. Épület szerkezet hőkamerás képe



8. kép. Épület szerkezet képe



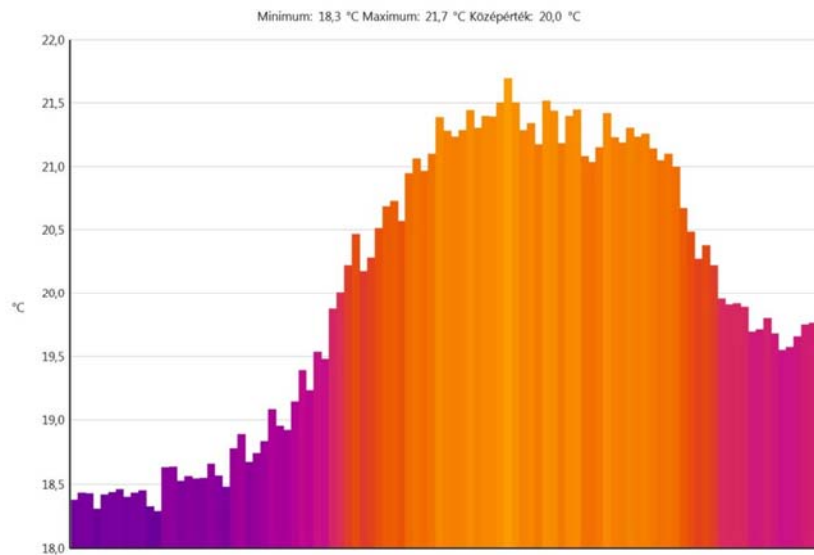
7. diagram. Épület szerkezet hőmérséklet eloszlása



9. kép. Belső falfelület hőkamerás képe



10. kép. Belső falfelület képe



8. diagram. Belső falfelület hőmérséklet eloszlása

Elmondhatjuk, hogy a felületi hőmérséklet a kürtők vonalában magasabb, mint a környező határoló falszerkezeteknél. A teljes házról készült hőkamerás képek egy része a mellékletben illetve a DVD mellékleten található, amelyen jól látszik hogy sehol sem csökken a felületi hőmérséklet a kondenzációs határ alá.

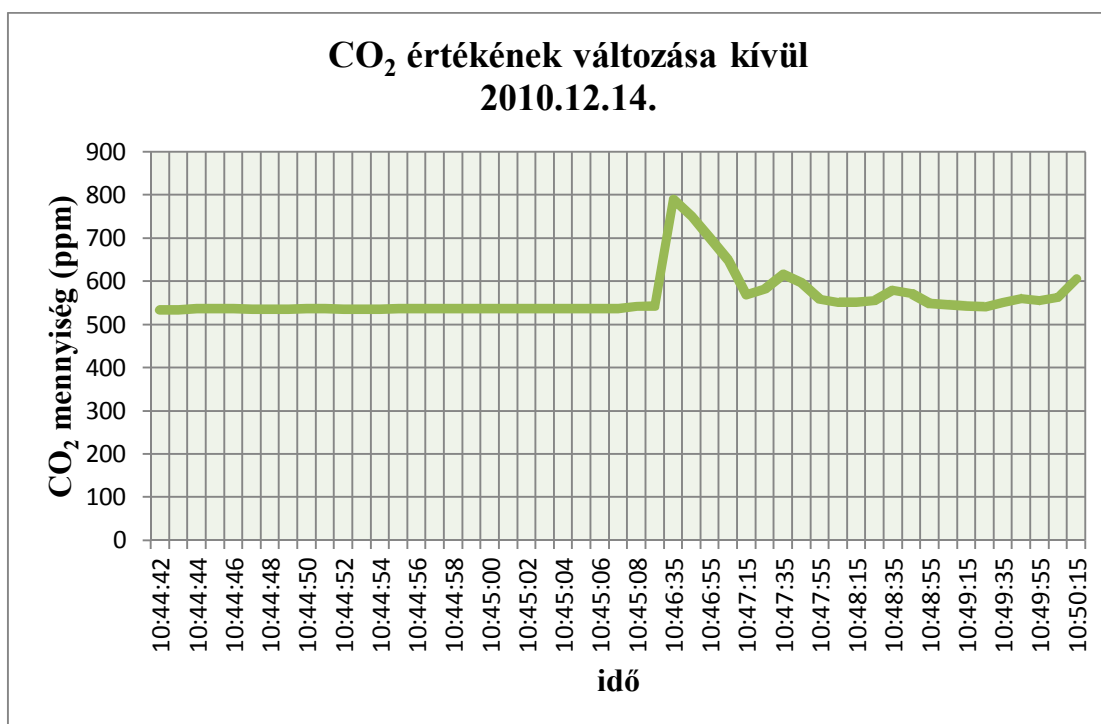
A kürtő leghidegebb pontján a hőmérséklet különbség nem haladja meg a 2,5°C-ot a helyiség hőmérsékletéhez képest. A hőkamerás képeken jól látszik az is, hogy a kürtő falának felületi hőmérséklete csak kis mértékben tér el, azon helyektől, ahol nem található szellőző kürtő. Megállapítható, hogy a kürtő ilyen kialakításában – a kívül elhelyezett kiegészítő hőszigetelő ellenére – kismértékben, de hőhidat képez a falszerkezetben. (Melléklet 1. kép)

5.2.3. Helyiségen kívüli CO₂ mérés

Ezen vizsgálatot a külső levegőben lévő CO₂ koncentráció mennyiségének meghatározása miatt végeztem a Testo 435-ös készülékkel, hogy szellőztetési funkcióban, a kültéri friss levegő, milyen tulajdonságokkal rendelkezik és alkalmas-e ezen feladat teljesítésére. A mérés időpontja: 2010.12.14. keddi nap, 10:30-tól 10 másodpercenként mértem.

Mérési táblázat alapján mely a mellékletben található: átlagos – minimum - maximum mért értékek:

	ppm
Átlag	548
Minimum	534
Maximum	616



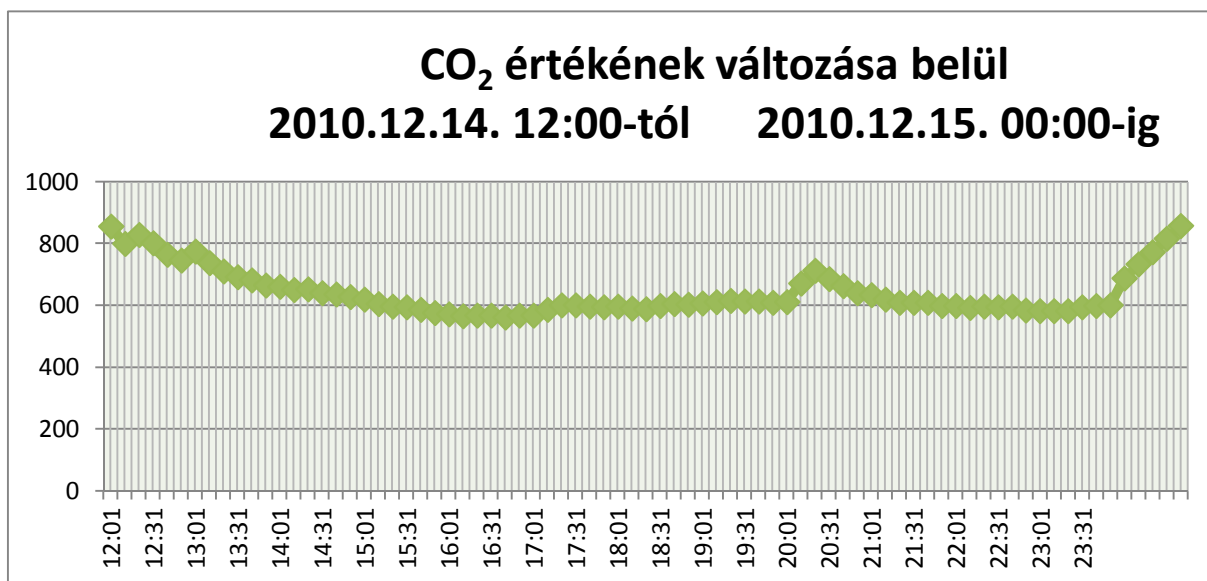
9. diagram. CO₂ értékek változása kívül

Megállapítható, hogy a külső környezeti levegő a maga átlagos 548 ppm CO₂ koncentráció értékével megfelelő minőségű.

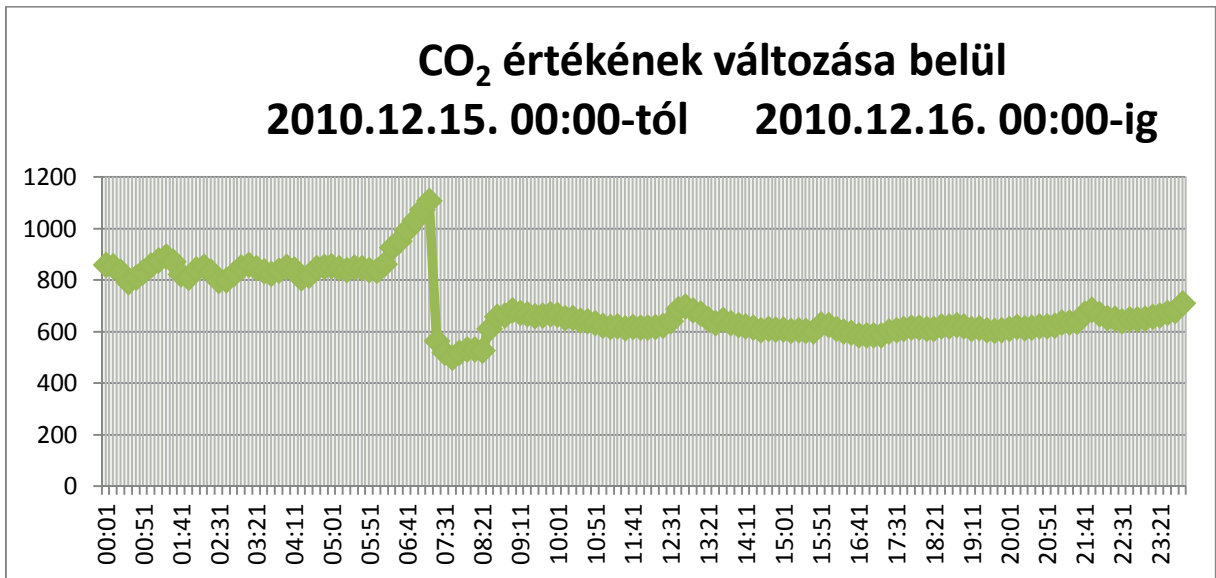
5.2.4. Helyiségen belüli CO₂ mérés, bekapcsolt ventilátor mellett, szellőztető funkcióban

Szén-dioxid mérése Testo 435-ös készülékkel. A hálósobában elhelyezett majd a nappaliba áthelyezett mérőműszerrel vizsgáltam a friss levegővel történő szellőztetés hatását a belső levegő minőségére, annak CO₂ koncentrációjára. A mérés ideje 2010.12.14. - 2010.12.22. volt, a mérések 10 perces időközönként történtek. A mérés során a lakótérben átlagosan 0...4 embert feltételezek (a 2 fő tulajdonoson kívül 2 fő vendég is folyamatosan a házban volt), míg a hálósobában éjjel 2 ember tartózkodott. Mérési táblázat alapján mely a mellékletben található: átlagos - minimum - maximum mért értékek:

	ppm
Átlag	688
Minimum	495
Maximum	1172



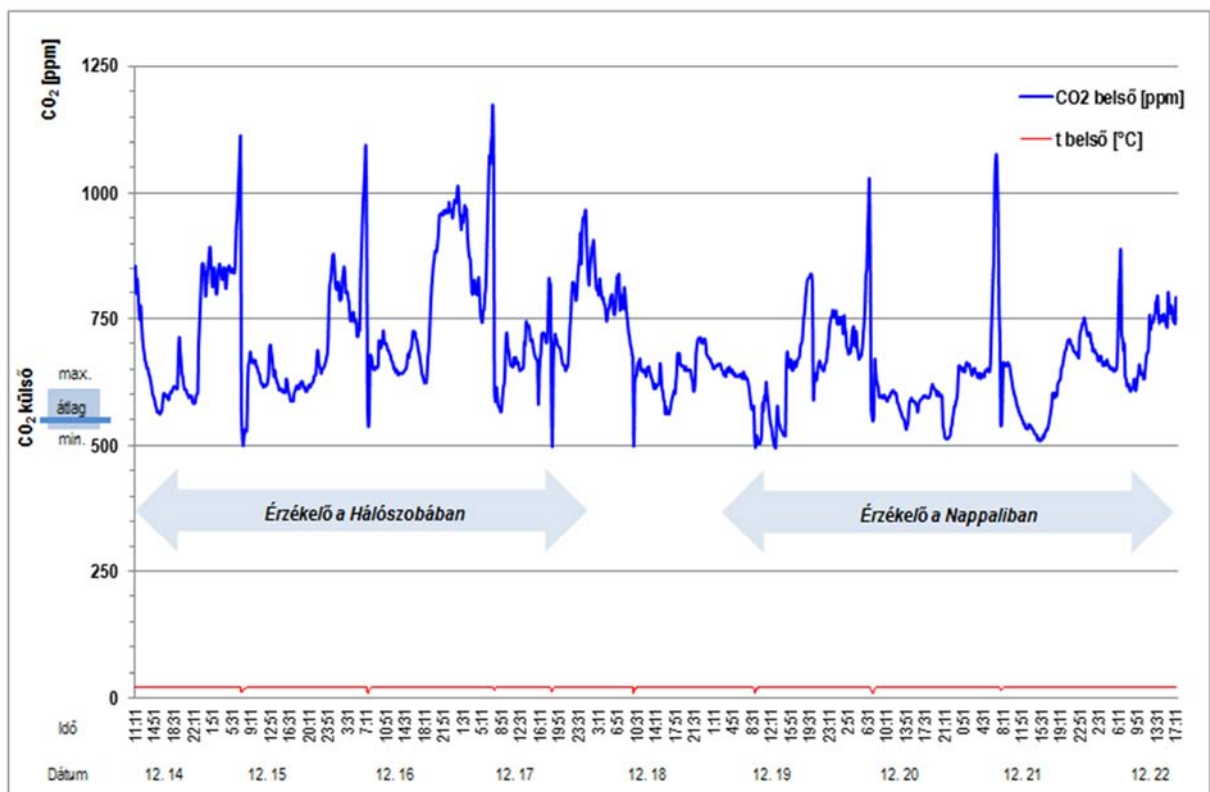
10. diagram. CO₂ értékének változása belül, háló



11. diagram. CO₂ értékének változása belül, háló

A diagramokból jól látszik, hogy a hirtelen meredek CO₂ koncentráció emelkedés után (reggeli torna) még meredekebb csökkenés következett, ami ablaknyitósos szellőztetésre utal.

5.2.5. Összetett diagram a CO₂ változásról



12. diagram. Belső CO₂ értékek a nappaliban és a hálóban

A diagramból jól szembetűnik, hogy ahol a hőmérséklet csökken, ott nagymértékben csökken a CO₂ értéke is, ez ablaknyitós vagy ajtónyitós szellőztetésnek tudható be. A külső levegő CO₂ értéke átlag 550ppm, melynek mérése a DVD mellékleten részletesen megtalálható. A belső levegő CO₂ értéke átlag 688ppm, ugyanúgy a DVD mellékleten található a részletes mérés. Az 1000 ppm-et is csak igen ritkán elérő és rövid időre meghaladó értékek nagyon kedvezőek, a külső levegő átlagos CO₂ koncentrációját nem sokkal meghaladó, jó belső levegőminőséget mutatnak.

5.3. Eredmények értékelése

A mérések eredményeit az alábbi szempontok alapján értékelem:

1. Zajsztint
2. Párakicsapódás lehetősége a kürtőben
3. Párakicsapódás lehetősége a helyiségben, a kürtő belső falán
4. CO₂ koncentráció
5. Hővisszanyerési hatások

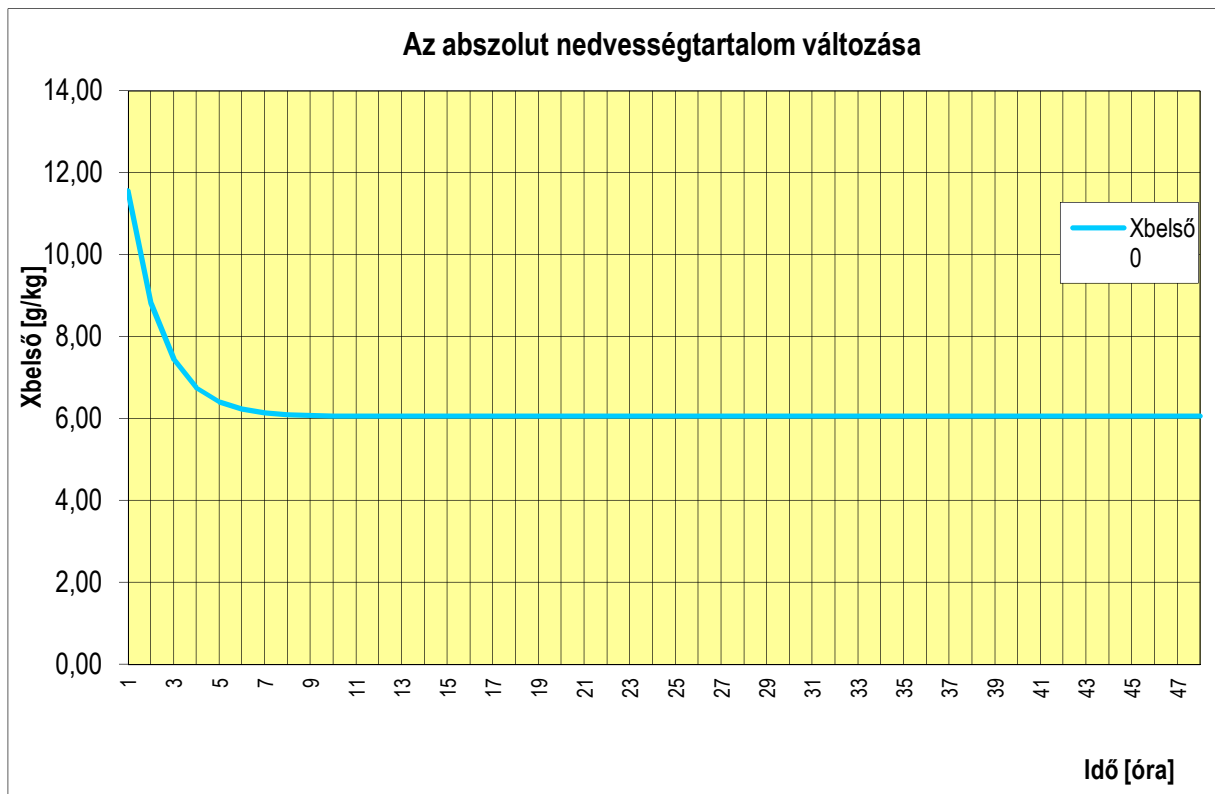
1. Zajmérések során a minimum és maximum értékek között mértem, de csak a minimum értékeket vettem figyelembe, a maximális értéket figyelmen kívül hagytam, hiszen egy adott időszakon belül a lehető legcsendesebb értéket figyeltem. Ez közelíti meg a normál körülményeket, amikor egy elmenő autót, bent lévő pillanatnyi zajt nem veszünk figyelembe. Erre a laborkörülmények a megfelelőek, hogy megállapíthassuk, milyen zajértékek alakulnak a helyiségen belül. A szellőző berendezések (pl. ventilátor...) adatlapján a gép által keltett zaj van feltüntetve, de az előírások is csak arra vonatkoznak, hogy a szellőzés által okozott zaj nem haladhat meg egy bizonyos értéket. A laborban történt mérés minden szempontból meggyőző eredményt adott, a légrácsoktól 1,5m távolságban a szellőző ventilátorok működése által okozott növekmény legfeljebb 1 dB(A) érték, ami teljesen elhanyagolható.

2. Erre megpróbáltam elég extrém körülményeket teremteni a laborban azzal a megoldással, hogy a párasítót közvetlenül az elszívás helyéhez raktam, így a szellőzés páradús levegőt szívott be a kürtőbe. A mérések során jól megfigyelhető, hogy abban az időben mikor üzemelt a párasító az elszívott levegő páratartalma 50% körüli volt, a kürtő legalján, ahol a hőmérséklet legjobban lecsökken, a páratartalom ott sem haladta meg a 80%-ot. Ez az extrém

körülmény, hogy 50%-os nedvességű levegő legyen egy működő szellőzési rendszerű házban, egyszerűen lehetetlen. Feltételezhető, hogy kezdeti állapotban, hosszabb szellőzési üzemszünet esetén esetleg kialakulhat ilyen, de amikor bekapcsoljuk a szellőzést, azután nagyon gyorsan beáll egy jóval kisebb állandó szintre.

A kürtő legalján léphet fel esetleg párakicsapódás az elszívási periódus első pillanataiban (amikor a külső levegőt szívta be, ott hűtötte le előtte leginkább a kürtőt), de ez nem azt jelenti, hogy a szellőzés áthűti az egész kürtőt. Csak annyit jelent, hogy a téglabordáknak a felületét egy-két tized milliméter vastagságban hűtheti (vagy melegítheti fel) a kisütött-betárolt hő, a téгла teljes anyaga nem vesz részt a hőtárolás-kisütés folyamatában. Át lehetne esetleg fűteni és hűteni a téglanyagot teljes egészében, ha csak az egyik irányban áramoltatnánk a levegőt több napon keresztül, de ilyen üzemiállapot nem állhat elő. Ha fenn állna mégis a kicsapódás lehetősége, csak addig a pillanatig fordulhat elő, amíg a kürtő bordáinak felületi hőmérséklete még a harmatponti hőmérséklet alatt van, de amint fordult az áramlási irány az elszívott meleg levegő egyben fűti is a bordákat, ezzel együtt megszűnik az esetleges kicsapódás is. Ellenfázisban, mikor a külső levegő áramlik be, akkor a száraz külső levegő áramlik keresztül a kürtőkön és fel tudja venni a falon esetleg kicsapódott párát és visszajuttatja a belső légtérbe.

A mérések alapján kijelenthető, hogy a kürtő belsejében történő, a falszerkezetet károsító párakicsapódás lehetősége még extrém viszonyok között is kizárható.



12. diagram. Abszolút nedvességtartalom változása

Tanszéki konzulensem által végzett szimulációs vizsgálat eredményeit mutatja a fenti ábra. A szimulációból is látszik, hogy néhány óra alatt lecsökken a belső levegő nedvességtartalma egy adott szellőzés mellett a felére, így akadályozza meg az esetleges páralecsapódást. A vizsgálat egy 80m² alapterületű családi házra vonatkozik 2,5m belmagassággal, ebből következik hogy a térfogata 200m³. A légcserét 0,5 1/h-re választva a szellőző térfogatáram 100 m³/h. A házban 2 ember van, a kipárolgásra 55 gr/h, fő, légzésre 6 gr/h, fő nedvesség termelést veszünk figyelembe. Egyéb nedvesség terhelésre még 250 gr/h -át feltételezünk, ezzel az összes belső terhelés 372 gr/h. Ez annyit jelent, hogy 3 óránként ~1 liter víz termelődne (egy napra kivetítve 8 liter), ez egy átlagos lakásnál elég nagy értéknek mondható, durván a 2-szerese a valós terhelésnek. A külső levegő paraméterei 2°C és 80%. A kezdeti 70% belső relatív nedvesség ilyen körülmények mellett igen gyors kezdeti csökkenéssel kb. 8óra szellőzés után 37% egyensúlyi értékre áll be. Ez az egyszerű szimuláció jól mutatja a szellőzés fontosságát a belső levegő nedvességtartalma szempontjából.

3. A helyiségben történhet e páralecsapódás?

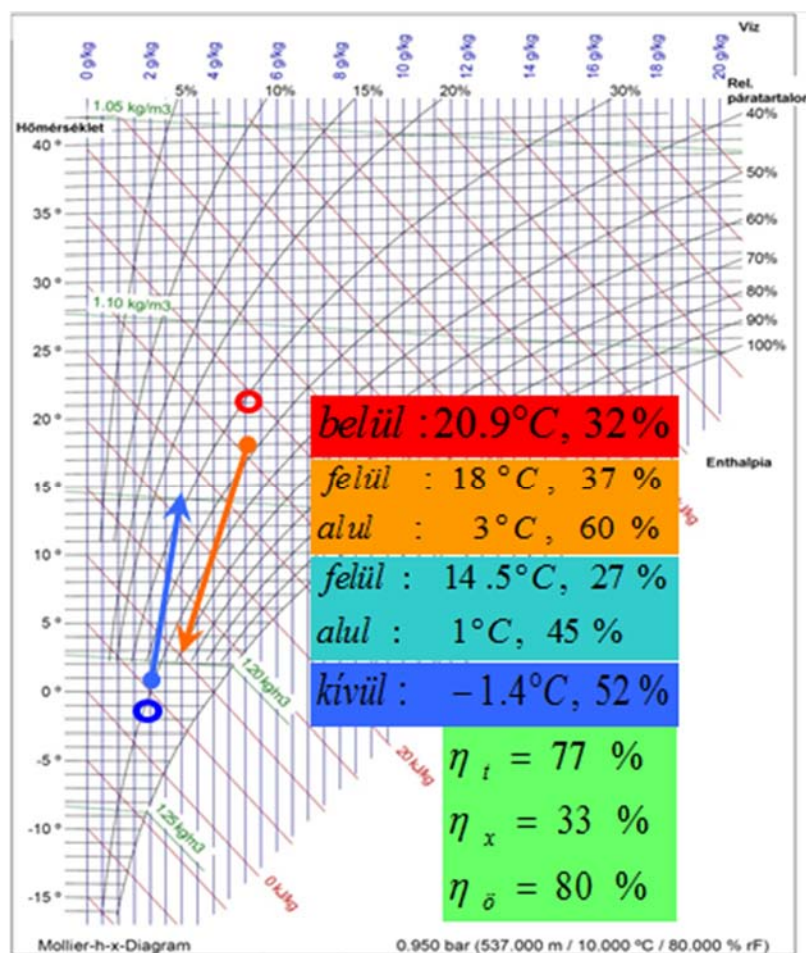
A kürtő belső fala nem válhat annyira hideggé, hogy belül történjen párakicsapódás. Még akkor sem fordulhat ez elő, ha azt az extrém esetet vesszük figyelembe: amikor a kürtőben lehet kicsapódás, a belső felületen még akkor sem. A kürtőben sokkal rosszabb körülmények alakulnak ki páralecsapódás szempontjából, mint a helyiségben. Bent a levegő lényegesen szárazabb és magasabb a fal felületi hőmérséklete is. Az MSZ 04 140 szabvány szerint, a fal átlagos felületi hőmérséklete az legfeljebb 2,5°C-al lehet alacsonyabb a helyiség belső hőmérsékletétől. Esetünkben a kürtő leghidegebb pontján sem haladja meg hőmérsékletkülönbség ezt az értéket. A hőkamerás képeken jól látszik, hogy a felületi hőmérséklet csak igen kis mértékben tér el azon helytől, ahol nem található szellőző kürtő.

4. Elmondhatjuk, hogy működő szellőzés esetében a CO₂ érték az előírt 1500ppm érték alatt tartható, igen ritkán és csak nagyon rövid időre lépte át a koncentráció az 1000ppm értéket is. Természetesen ez az érték a külső levegő CO₂ tartalmától is függ, de a lakásban egyéb kiegészítő szellőzési megoldások nélkül is folyamatosan friss levegőt kapunk, ezt a tulajdonosok vélemények is alátámasztja (lásd később).

5. A hatásfok meghatározása ennél a rendszernél nehéz dolog, mivel nem tudjuk, hogy hol is kellene mérni ahhoz, hogy valós értékeket kapjunk. Könnyebb a helyzet az egyéb hőcserélők esetében, hiszen ott a belépő és kilépő hőmérsékletekből egyszerűen meghatározható a hőcsere hatásfoka. Az én esetemben, mint kiderült nem olyan nyilvánvaló hogy hol is kell mérni, hiszen ha a rácson helyezem el a mérőt vagy a rács előtt 1 milliméterre, akkor elszívásnál és befúvásnál is beleindukálódik a falról szívott levegő, ami nagyban befolyásolja a mérési eredményeket. A Fűtéstechnikai Laborban a belső fal hőmérséklete elég hideg a hőhidak miatt és a födém hőmérséklete is, ami a mérési eredményeket meghamisíthatja. A budapesti mintaprojekten való mérésnél pedig lakóházzal van szó, amelyet folyamatosan fűtenek, a falak jobban hőszigeteltek ráadásul elég nagy a belmagassága, így a levegő jobban rétegződik. Az elszívás a fenti melegebb levegőből történik, mely adott esetben magasabb, is mint a helyiségben mért hőmérséklet. A labor mérésem során nem egyértelmű, hogy mit is tekintsek helyiség hőmérsékletnek, de ez a hatásfokot nem befolyásolja, csak az értékeket tekintve furcsának tűnhet, hogy az elszívott levegő hőmérséklete magasabb, mint a helyiség hőmérséklet.

A polisztirol habból készült alsó és felső kürtőelem is hozzátartozik a kürtőhöz, annak is van némi ráhatása a dolgokra. Véleményem szerint a legjobb megoldás az, ha a rács mögött, a kürtőn belül végezzük a mérést, mint ahogy ez a labor mérések második sorozatánál történt. A pesti mérés eredményeit ezzel lehetne korrigálni, hiszen ott a helyszínen nem volt lehetőségem, hogy a légrácsot megvágjam és a mérőműszert a rács mögé helyezzem, ezért ott a rácson felfogatott mérővel mértem.

A külső oldalt tekintve hasonló a helyzet, hiszen a külső oldali légrácsra van felszerelve a mérő, így mikor kintről szívja a levegőt akkor a fal felületéről is beindukálódik a hidegebb vagy melegebb levegő. A pesti mérés esetén láthatóan melegebb levegőt szív be mint a külső hőmérséklet, ebből is következik, hogy mérésem során valahol 73% a számított hatásfok, máshol pedig 98%.



13. diagram. Korrigált h-x diagram minta: budapesti mérés, háló

Ha az emberek hőérzeti szempontját veszem alapul, akkor a befűjt levegő hőmérsékletét a helyiségben (a kürtőn kívül, a rács előtt) mérném, de az nem jellemző a hatásfokra, mert ebbe bele van keverve a falról és a helyiségből beindukálódott levegő hőmérséklet is. A hatásfokot igazán a kürtőben alul és felül elhelyezett érzékelőkkel végzett méréssel tudom meghatározni,

ez a hatásfok csak a téglá hőcserélő hatásfoka, ugyanúgy, mint ahogy azt más hőcserélők esetében is mérik. Míg más hőcserélőket a tervezési koncepcióknak megfelelően ott és úgy helyezhetik el, ahol akarják (csőhálózat, hőszigetelés...), esetünkben a téglá hőcserélő-hőtároló kürtő csak meghatározott helyen és módon alakítható ki a külső falban. Ebből következik, hogy nem lehet egyszerűen lefordítani azt, ha a külső és belső hőmérséklet különbsége tegyük fel 20°C és a hatásfokot 80%-osnak feltételezem, akkor a beáramló levegő biztosan 16°C-os. Ezekből a felvetésekből adódik, hogy a gazdaságosságot is nehéz meghatározni. Ha ablakon keresztül szellőztetnénk, tudjuk, hogy mekkora a hőmérséklet különbséggel áramlik be a levegő, ennek ismerjük (számíthatjuk), a felmelegítéséhez szükséges hőmennyiséget, de hogy ehhez képest mennyit takarítunk meg, ezt sajnos esetünkben nem lehet egyértelműen meghatározni.

A ventilátorok mérésénél a Villamosmérnöki Tanszékről kapott műszer nem mért pontosan, bekapcsolásnál már áramerősségnél 0,02A értéket mutatott. A mért értékekből ezt az alap értéket levonogattam, hogy a teljesítményt valós áramfelvétellel tudjam meghatározni. A mérést 1 kürtőpárra végeztem folyamatos egyirányú légszállítások mellett, így a fogyasztások valós értéke a mért értékek kétszerese, de még így is nagyon jó érték született. HS téglakürtő esetében a 0,26 Wh/m³, NF téglakürtő esetében a 0,23 Wh/m³ érték jelentősen kisebb, mint az elvárt 0,45 Wh/m³.

Ventilátor használatkor keletkező hőenergiát téli időszakban részben visszanyerhetjük, hiszen a felvett villamos teljesítmény fele teljes egészében fűtésre fordítódik, ezzel hasznos energia nyerhető a téli idényben.

Hatásfok számításnál ventilátor teljesítménye is beleszámítható a hatásfokba, én nem vettem figyelembe, elhanyagoltam a ventilátor teljesítményét.

$$\text{Hővisszanyerő száraz hatásfoka} = \frac{(t \text{ elszívott lev.} - t \text{ kifújt lev.}) + \frac{\text{Ventilátor teljesítmény}}{\text{Tömegáram} \cdot \text{Levegő fajhő}}}{t \text{ elszívott lev.} - t \text{ külső lev.}}$$

$$\text{Hővisszanyerő nedves hatásfoka} = \frac{x \text{ elszívott levegő} - x \text{ kifújt levegő}}{x \text{ elszívott levegő} - x \text{ külső levegő}}$$

A teljes hatásfok a szárazból és a nedvesből a következő képletből számítható:

$$\text{Összes hatásfok} = \text{Száraz hatásfok} + 0,08 \cdot \text{Nedves hatásfok}$$

A várható hőenergia megtakarításra végeztem egy számítást, melynek kiszámításához a labor mérések adatait használtam fel.

<i>Helyiség területe</i>	16 m ²	Belmagasság:	2,5 m
<i>Helyiség térfogata</i>	40 m ³	Üzemidő:	4400 h (fűtési idény)
<i>Belső hőmérséklet</i>	20 °C	Külső hőmérséklet	-3,6 °C (téli átlag)

Számításaim alapjául, az aktuális gáz árát vettem figyelembe:

Földgáz adatok: 34,05 MJ/m³ 9,458 kWh/m³
 4,87 Ft/MJ 21,93 Ft/kWh 132,7 Ft/m³
 80% átlagos éves tüzelési hatásfok

Az alábbi kalkulációt végeztem a HS és NF kürtőkre:

Megtakarítás FluctuVent HS kürtővel:

Légcsere (HS kürtő): 0,43 1/h
 Q filtr, átl: **96 W**
 Q filtr, átl, frisslevegős: **422 kWh/év**
 η_0 FluctuVent HS kürtő: **64%** (t felül,befúvás - t alul,befúvás) / (t belső - t külső)
270 kWh/a = 0,973 GJ/a hőenergia
17 kWh/m², a fajlagos energia felhasználás
36 m³/a földgáz
4742 Ft/a földgázki költség

Megtakarítás FluctuVent NF kürtővel:

Légcsere (NF kürtő): 0,64 1/h
 Q filtr, átl: **143 W**
 Q filtr, átl, frisslevegős: **629 kWh/év**
 η_0 FluctuVent NF kürtő: **61%** (t felül,befúvás - t alul,befúvás) / (t belső - t külső)
383 kWh/a = 1,381 GJ/a hőenergia
24 kWh/m², a fajlagos energia felhasználás
51 m³/a földgáz
6727 Ft/a földgázki költség

A hatásfok számításnál nem volt egyértelmű, hogy hol is kell mérni a hőmérsékletet, hogy a valós hatásfok értéket kapjuk. Ezen értékek a HS kürtőben belül, a rács mögött voltak végezve, így ezek az értékek a kürtő hatásfokának felelnek meg. Az eredmények mutatják, hogy az NF kürtő légcsere növelésével nagyobb földgáz mennyiség takarítható meg, amit könnyebb forintban meghatározni, hogy mennyi lesz a tényleges megtakarításunk, ha tudjuk, hogy mennyiért kapunk 1m³ gázt. A megtakarítási számításhoz 132,7 Ft/m³ gázzal számoltam, így 0,64 1/h -ás légcserenél az 51m³ földgázt takarítok meg, ami 6727 Ft földgázki költségnek felel meg.

Felhasználói vélemények: A mintaprojekt házban élő család a lakásban a levegő minőségét tisztának és frissnek értékelte, ezt a hozzájuk jövő vendégek is tanúsítják, ugyanakkor azt is elmondták, hogy napi rendszerességgel szellőztetni szoktak a reggeli órákban - ezt a mérés eredményei is mutatják. Nem azért mert úgy érzik, hogy szükséges lenne, hanem már kialakult megszokásból teszik. A szellőzés zajának kérdésére csak annyit feleltek, hogy ha nem tudnák, hogy be van építve, észre sem vennék. Ebből következik, hogy nagyon csendes. Összegezve az eredményeket kitűnően látszik, hogy a FluctuVent decentralizált szellőző rendszer ideális a megfelelő légállapot biztosítására.

Előnyei:

- olcsón és egyszerűen gyártható és kivitelezhető, a falazással egyidejűleg lehet elkészíteni a szellőzést teljesen rejtetten, ezáltal nem igényel külön munkát és külön szerelési anyagokat,
- hőtároló-hőcserélő elemét maga a falazat téglanyaga szolgáltatja, ahogy a légszűrőt is,
- csendes működésű, csak legfeljebb 1 dB(A) hangnyomásszint növekedés a légrácstól 1,5m-re,
- állandó friss, tiszta levegőt biztosít a légtérben ami megfelel az egészségügyi elvárásoknak,
- „free cooling”, nyári üzemben éjszakai hűtés,
- csökkenti a belső levegő nedvességtartalmát, ezáltal megakadályozza a kondenzációt és a penészesedést, 65-85% hatásfokú hővisszanyerést valósít meg,
- részben „visszanedvesíti” a helyiség levegőjét, kellemesebb légállapotot biztosít,
- külső és belső levegő szűrésével garantált az optimális levegő minőség 0,4...0,6 l/h légcserével,
- 6 év garancia a ventilátorokra (MTBF 400000 óra),
- egy átlagos helyiségben körülbelül 35...51 m³ földgáz megtakarítás,
- helyiségenként 17...24 kWh/m²/év fajlagos fűtési energia megtakarítás,

Hátránya:

- már kész épületeknél utólag nem lehet beépíteni,
- nem kombinálható talajhőcserélővel,

Alkalmazható:

- mindenféle családi házakban, társasházakban, hétvégi házakban,
- különböző falszerkezetű építési módok esetén,
- passívházakban és nem passívházakban egyaránt,
- a drágának bizonyuló központi szellőzés helyett is alkalmazható például irodákban...

6. Összegzés

A kérdésre, amit a bevezetőmben feltettem, a megoldás egy olyan intelligens lakásszellőzési rendszer, ami a folyamatos légcseré biztosításával beállítja a lakás ideális belső légállapotát. Alkalmazása teljesen kizárja a káros és egészségre veszélyes páralecsapódás és a fal penészesedés lehetőségét. A fűtési szezonban ablaknyitogatás nélkül is optimális a szellőzés, a hővisszanyerés által pedig jelentős fűtési energia megtakarítás érhető el. Hosszú távra energiahatékonyan biztosítja a család számára az egészséges, friss levegőjű, pára- és pormentes otthont. A FluctuVent rendszer méréseim bizonyítéka és tapasztalatom szerint mindezen kritériumoknak megfelel.

Örömmel töltött el, hogy az épületgépészetnek ezen fontos területét sikerült még jobban megismerni és ezáltal elméleti és gyakorlati tudásomat is elmélyíteni. Köszönetet mondok tanszéki konzulensemnek, Csiha András főiskolai docensnek, aki méréseim elvégzésében és feldolgozásában kiváló szakmai tapasztalataival nagy segítségemre volt és rendelkezésemre bocsátotta a szükséges eszközöket. Külső konzulensemnek Nagylucskay László épületgépész mérnöknek, hogy támogatott szakdolgozatom elkészítésében. Ezúton fejezném ki köszönetemet Takács László úrnak is, aki a budapesti mintaprojekt ház tulajdonosa, hogy rendelkezésemre állt a mérések elvégzésekor.

Mérési adatok és eredmények függvényében is, saját magam is tapasztaltam, hogy az általunk vizsgált lakásban a levegő minősége rendkívül jó, ablaknyitás nélkül ideális komfortérzetet biztosított teljesen zajmentesen.

Konklúzió: a jövő épületgépészetének mindenképpen ebbe az irányba kell fejlődnie.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] <http://www.mk.unideb.hu/userdir/csiha/FluctuVent/> (2010.09.15.)
- [2] Bánhidi László – Kajtár László: Konfortelmélet
Budapest, Műgyetem Kiadó, 2000
- [3] Engel György: Energia megtakarítást célzó átgondolt felújítások és műszeres állapot
felmérés.
Magyar Épületgépészet, LIX. évfolyam, 2010/5. szám
- [4] Csáki Imre: Szennyező anyagok a belső környezet
- [5] Lakásszellőtetés szabályozott páratartalommal:
<http://www.hklszaklap.hu/cikkek.php?id=230> (2010.10.22.)
- [6] Egészségügyi ABC
Budapest, Medecina Könyvkiadó, 1985
- [7] Stiebel Eltron: Atkamennyiség háztartásunkban:
<http://www.stiebel-eltron.hu/content/futes4.pdf> (2010.10.27.)
- [8] Pollen naptár:
<http://pollenstop.hu/html/pollen-naptar.php> (2010.10.27.)
- [9] Dr. Menyhárt József: Légtechnikai Rendszerek
Budapest, Tankönyvkiadó, 1990
- [10] A központi szellőző beépítése:
<http://szellozes.egzinet.hu/clone/articleview?id=3917> (2010.11.05.)
- [11] VAM akusztikus központi ventilátor:
<http://www.aereco.hu/product.php?product=vam> (2010.11.05.)
- [12] Frisslevegő automata önműködő és hőmérséklet szabályozott:
http://www.helios.hu/ujlap/files/fkfej/312_317.pdf (2010.11.12.)
- [13] Nyílászáróba építhető standard légbevezető:
<http://www.aereco.hu/product.php?product=emm,%20emf> (2010.10.13.)
- [14] Légtechnikai építőelem rendszer:
http://www.helios.hu/ujlap/files/fkfej/164_209.pdf (2010.10.20.)
- [15] Kiegyenlített lakásszellőző rendszer:
http://www.helios.hu/ujlap/files/Helios_KWL_2010.pdf (2010.10.27.)
- [16] AIRFRESH készülék felépítése és a szellőzés működési rajza:
http://www.schako.de/hu_hu/20_products/pdf/Lakoterszellozes_Prosi.pdf
(2010.10.27.)
- [17] Talaj hőcserélő működési elve:
http://www.helios.hu/ujlap/files/Helios_KWL_2010.pdf (2010.11.02.)

- [18] EcoVent szellőző:
http://www.sbi.hu/images/articles/sbi/2/708/xcms_708_att1.pdf (2010.11.02.)
- [19] Hűtő-fűtő levegő-levegő hőszivattyúval kombinált forgódobos hővisszanyerős szellőző rendszer:
<http://www.hklszaklap.hu/cikkek.php?id=877> (2010.11.04.)
- [20] FläkWoods ikerforgódobos hőcserélő felépítése:
http://www.fwshungary.hu/doc/i3_TwinWheel_HU.pdf (2010.11.10.)
- [21] Az Európai Unió Hivatalos lapja 2010.06.18.
- [22] Requirements and testing procedures for energetic and acoustical assessment of Passive House ventilation systems for Certification as „Passive House suitable component”
http://www.passivehouse.com/03_zer/Komp/Lueft/Requirements_L_EN.pdf
(2010.12.15.)
- [23] Requirements and testing procedures for the energetic and acoustical assessment of Passive House ventilation systems for Certification as „Passive House suitable component” Supplementary Sheet Moisture Recovery
http://www.passiv.de/03_zer/Komp/Lueft/Testing_Procedures_V_Supplement_EN.pdf
(2010.12.15.)
- [24] Kucsara Mihály: A passzívház-gépészet lelke, a hővisszanyerős szellőzés
Víz-, Gáz-, Fűtéstechnika Épületgépészeti szaklap 2009/3. szám
- [25] Rács-csatornás hőcserélő:
http://www.passzivhaz.info.hu/allomanyok/2009_03_miotthonunk_szada.pdf
(2010.12.17.)
- [26] Adolf-W. Sommer: Passívházak.
Passzívházak Mindenkinek KFT, 2010.
- [27] Blower Door Test:
<http://www.blower-door-test.net/blowerdoor.htm> (2010.12.19.)
- [28] Blower Door levegőáramlás:
<http://www.homeenergyevaluations.com/> (2010.12.19.)
- [29] Csáki Imre: Légtömörség vizsgálat-Blower Door test
- [30] Paul Santos 370 DC:
- [31] http://store.rendes.eu/autonomhaz/domtec_plakat_A2_2.indd.pdf (2010.10.02.)

[32] Csiha András: „FluctuVent” Váltakozó áramlási irányú, decentralizált, hővisszanyerős szellőző rendszer

<http://www.mk.unideb.hu/userdir/csiha/FluctuVent/> (2010.09.15.)

[33] <http://www.arctic.ac/en/p/cooling/case-fans/77/arctic-f.html> (2010.12.27.)

[34] http://www.wienerberger.hu/servlet/Satellite?pagename=Wienerberger/Page/ShowRoomStart05&cid=1035219428732&c=Page&sl=wb_hu_home_hu (2010.12.27.)

MELLÉKLET

Mérőműszerek ismertetése

Hőmérséklet és páratartalom mérése

KIMO KTH 300



Méréseim során a hőmérséklet és páratartalom értékeket ezen műszerek segítségével rögzítettem. A hőmérsékleti értékek pontosságát egy Pt100 class A IEC 751-típusú hőmérsékletérzékelő szolgálja -100 °C és +400 °C- os hőmérséklet tartományok között ± 0.4 % és ± 0.3 °C tűrési értékekkel. A műszerről részletesebb adatok a DVD mellékleten található.

Légsebesség és nyomásmérő

Testo 435 klimatechnikai mérőműszer



Ezen műszer segítségével lehetőségem nyílt légsebesség, CO₂ mennyiség, hőmérséklet, páratartalom, és nyomás értékek rögzítésére.

Részletesebb adatok a műszer mérési tartományairól és a tartományokhoz tartozó pontosságról a DVD mellékleten található.

Hőkamera

Testo 881



Az iskola biztosított számomra hőkamerát, mellyel jól megfigyelhető a hőmérséklet eloszlás a szerkezeten. A műszer mérési tartománya $-20 \dots +100 \text{ }^{\circ}\text{C}$, fókuszálási lehetőség, (részletes adatok a műszerről és a vele készült képek a DVD mellékleten található).

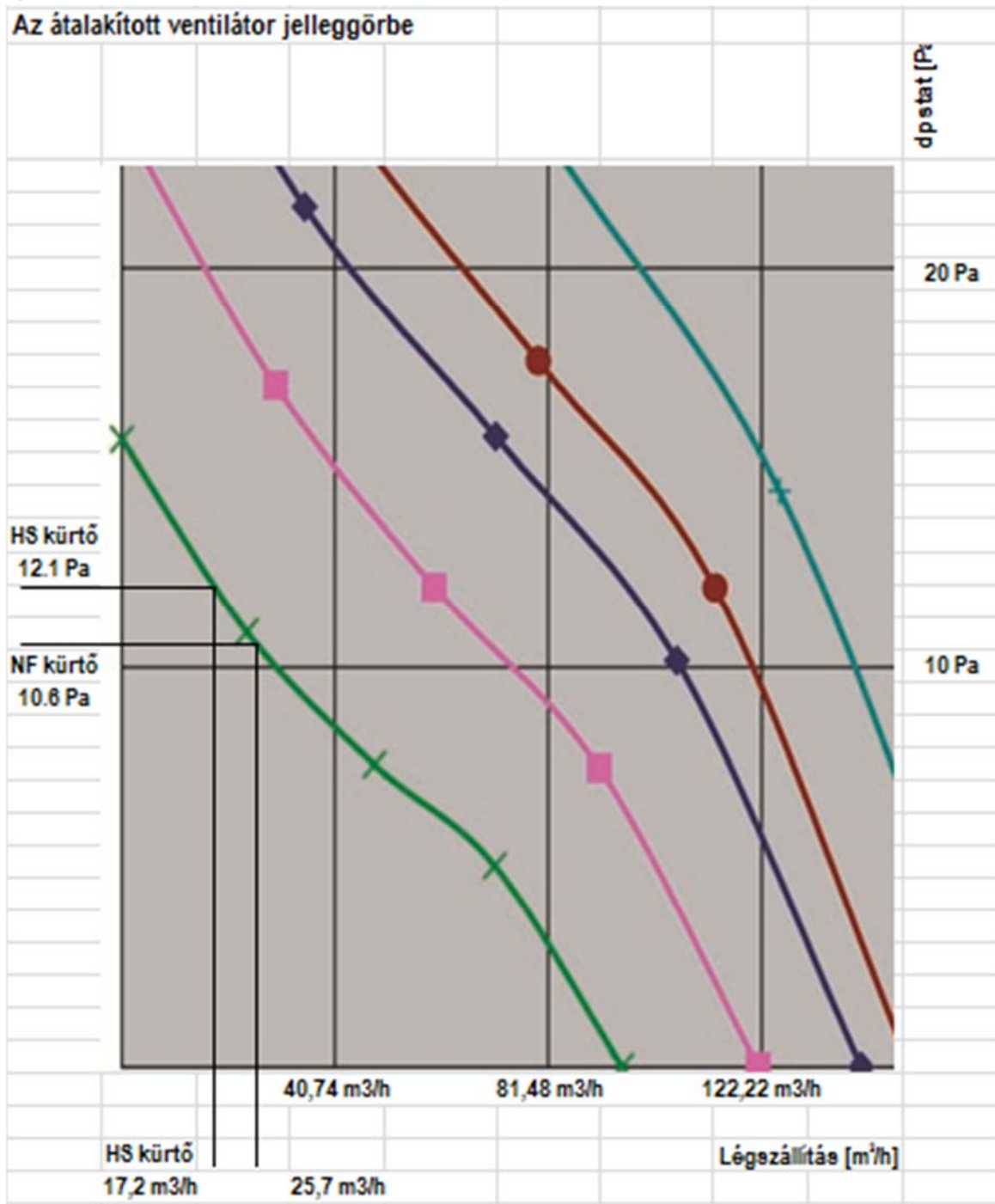
Zajszintmérő műszer, mikrofonnal, szélvédővel, elemmel

Testo 815



Szintén az iskolától kapott zajmérő segítségével mértem a labor és a budapesti mintaprojekt zajosságát. A műszer mérési tartománya: $+32 \dots +130 \text{ dB}$, pontossága: $\pm 1.0 \text{ dB}$, további jellemzők a DVD mellékleten.

Diagramok



1. diagram Ventilátor jelleggörbe

Táblázatok

		Feszültség (V)					
	Módszer	Jel	12	9	6	3	átlag
Légszállítás (m ³ /h)	mérőcsővel	v-HS125-1 Log 1	16,28				17,20
	mérőcsővel	v-HS125-2 Log 1	17,56				
	mérőcsővel	v-HS125-3 Log 1	17,34				
	mérőcsővel	v-HS125-4 Log 1	17,60				
	mérőcsővel	v-HS-9v-1 Log 1		14,32			13,54
	mérőcsővel	v-HS-9v-1 Log 2		13,18			
	mérőcsővel	v-HS-9v-2 Log 1		13,12			
	mérőcsővel	v-HS-6v-1 Log 1			5,33		5,36
	mérőcsővel	v-HS-6v-2 Log 1			4,74		
	mérőcsővel	v-HS-6v-3 Log 1			6,03		
	mérőcsővel	v-HS-3v-1 Log 1				1,63	1,68
	mérőcsővel	v-HS-3v-2 Log 1				1,26	
	mérőcsővel	v-HS-3v-3 Log 1				1,63	
	mérőcsővel	v-HS-3v-4 Log 1				2,20	
	rács előtt	v-HS12v-a Log 2	26,15				25,15
	rács előtt	v-HS12v-b Log 1	24,14				
	rács előtt	v-HS9v-a Log 1		17,61			18,20
	rács előtt	v-HS9v-b Log 1		18,78			
	rács előtt	v-HS6v-a Log 1			14,90		15,40
	rács előtt	v-HS6v-b Log 2			15,91		
	rács előtt	v-HS3v-a Log 2				6,79	7,58
	rács előtt	v-HS3v-b Log 1				8,36	
belső rács nélkül	v-hs12v1ü Log 1	33,74				33,21	
belső rács nélkül	v-hs12v2ü Log 1	32,68					

1. táblázat. HS kürtő légszállítása

		Feszültség (V)			
	Módszer	12	9	6	3
Légszállítás (m ³ /h)	mérőcsővel	17,20	13,54	5,36	1,68
	rács előtt	25,15	18,20	15,40	7,58
	belső rács nélkül	33,21	24,24	20,92	11,62

számolt	mérőcsővel	100%	79%	31%	10%
számolt	rács előtt	100%	72%	61%	30%
becsült	belső rács nélkül	100%	73%	63%	35%

2. táblázat. HS kürtő légszállítása

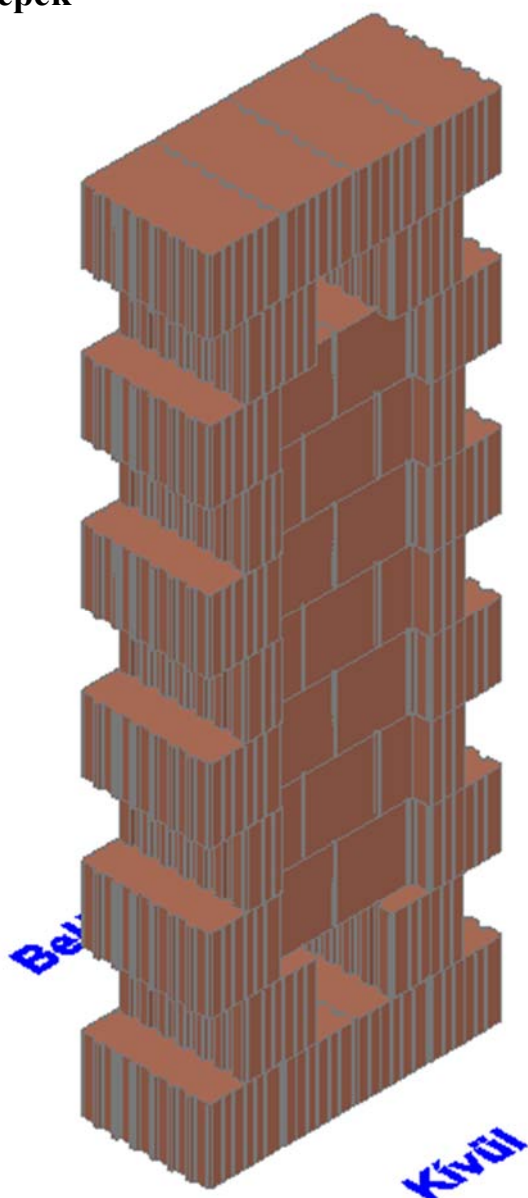
		Feszültség (V)					
		Jel	12	9	6	3	átlag
Légszállítás (m ³ /h)	rács előtt	v-NF12v-a Log 1	36,83				37,54
	rács előtt	v-NF12v-b Log 1	38,25				
	rács előtt	v-NF9v-a Log 1		32,84			31,91
	rács előtt	v-NF9v-b Log 1		30,99			
	rács előtt	v-NF6v-a Log 1			27,94		27,47
	rács előtt	v-NF6v-b Log 1			27,01		
	rács előtt	v-NF3v-a Log 2				25,81	23,52
	rács előtt	v-NF3v-b Log 1				21,23	
	belső rács nélkül	v-NF12v1ü Log 1	47,87				46,63
	rács nélkül	v-NF12v2ü Log 1	45,39				

3. táblázat. NF kürtő légszállítása

		Feszültség (V)				
		Módszer	12	9	6	3
Légszállítás (m ³ /h)	mérőcsővel		25,7	20,2	8,01	2,51
	rács előtt		37,54	31,91	27,47	23,52
	belső rács nélkül		46,63	40,57	35,90	32,17
számolt	mérőcsővel		68%	79%	31%	10%
számolt	rács előtt		100%	85%	73%	63%
becsült	belső rács nélkül		100%	87%	77%	69%

4. táblázat. NF kürtő légszállítása

Képek



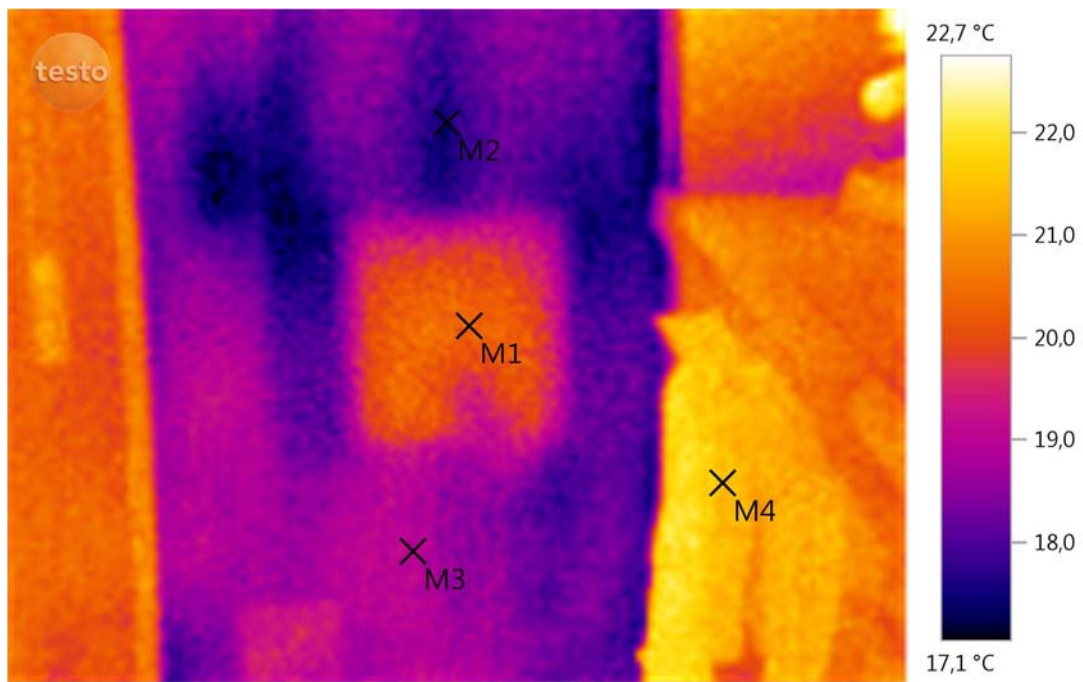
1. kép. Budapesti mintaprojekt falszerkezeti felépítése

A fal PTH HS44 Profi téglából épült, a kürtőnél 2 téglá szélességben (50cm) PTH HS38, ami elé $44 - 38 = 6\text{cm}$ XPS (extrudált polisztirolhab) került.



Szám	Hőm. [°C]
M1	20,5
M2	17,6
M3	19,0
M4	21,4

2. kép. Belső falfelület



3. kép. Belső falfelület hőkamerás képe



4. kép. Légszállítás mérése



5. kép. Zajmérés



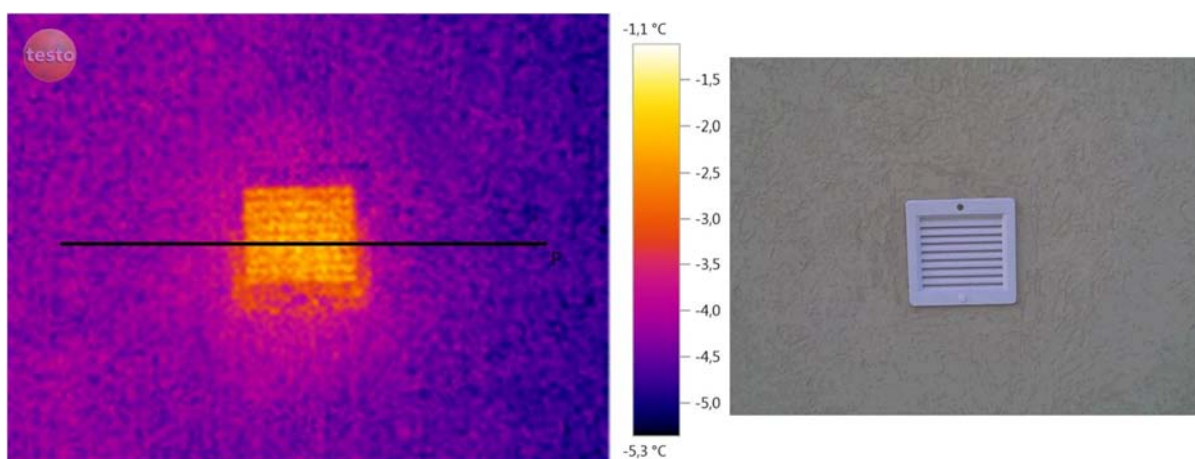
6. kép. Légszállítás mérése



7. kép. Légszállítás mérése



8. kép. Hőkamerázás



9. kép. Légszállítás mérése

10. kép. Légszállítás mérése