

2011

Tudományos
 Diákköri
Dolgozat

Kovács Katalin
Tempfli M. Szilárd

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építészmérnöki kar
Épületszerkezzetani tanszék**

Konzulensek:

Dr. Kakasy László

Kuntner Ferenc

Szikra Csaba

[BELSŐ- ÉS LÉGUDVAROK

VIZSGÁLATA HŐTECHNIKAI ÉS

ENERGETIKAI SZEMPONTBÓL]

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani témavezetőinknek, Dr. Kakasy Lászlónak és Kuntner Ferencnek; Szikra Csabának, épületgépészeti, energetikai konzulensünknek. Köszönettel tartozunk még azon budapesti lakóknak, akik segítették munkánkat a kérdéseink precíz megválaszolásával.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	3
1. 1. Korszak jellemzői	4
1. 2. Jelen kori problémák felvezetése	5
1.3. Feldolgozott probléma lehatárolása	6
1.4. Kutatási módszerek	7
1.5. Feldolgozáshoz használt segédprogramok bemutatása	9
2. ENERGETIKA	12
2.1. Energetikai követelmények	12
2.2. Általános meglévő állapot	16
2.3. Általános probléma	16
2.4. Megoldási lehetőségek	17
2.5. Érintett szerkezetek	19
3. LÉGTECHNIKA	25
3.1 Követelmények	26
3.2 A korszak szellőzési metódusainak vizsgálata	33
3.3 Mai kor problémái, megoldásuk	34
3.4 Szellőzésben résztvevő szerkezetek	35
4. LÉGUDVAROK	39
4.1 Általános leírás	39
4.2 Egyedi megoldások	41
5. KUTATÁS FOLYTATÁSA, FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI	43
6.1. Kutatások eredményeinek hasznosítása	43
6.2. A téma folytatásának lehetősége	43
6. IRODALOMJEGYZÉK	45
7.1 Nyomtatott szakirodalom	45
7.2 Internetes források	46
7. FÜGGELÉK	47
8. CD MELLÉKLET	48

1. BEVEZETÉS

Kovács Katalin és Tempfli M. Szilárd ötöd éves építészmérnök hallgatók vagyunk. Az épületszerkezetekre vonatkozó érdeklődési körünket fedi le jelen dolgozatunk. A fenntarthatóságban, rekonstrukcióban, energetikában önszorgalomból mélyültünk el, számos szabadon választható tárgyat végeztünk el ezekben a témákban, ha szabad megemlíteni a teljesség kedvéért, a Szerkezetrekonstrukciót, Környezetbarát építés szerkezeteit, Szoláris épületek tervezését, valamint a számos kötelező tárgyat, melyek segítségével megismerkedhettünk az energiatudatosság alapelveivel.

Dolgozatunknak igyekeztünk olyan témát választani, mely haladó szellemű, amellet, hogy a régi kor értékeit szem előtt tartva, azok megőrzésén fáradozik, a jövőbeli elvárások figyelembe vételével.

Ezért vizsgáltuk a legelterjedtebb többlakásos ház típust, mely felújításra szorul. Ezen házak túlnyomó része a 19. század végén, a 20. század elején épült, főként állami megrendelésre. Nagy részük műemlék jelleget képvisel, kulturális értékük van, az utcaképek meghatározó részei. Lebontásuk szóba sem kerülhet, így felújításukkal az energiagazdálkodásukon kell javítani. Két oldalról vizsgáltuk meg a témát: energetikai és légtechnikai szempontból. E kettő elválaszthatatlan egymástól, viszont fogalmazhatunk úgy is, hogy szöges ellentétben is vannak egymással. Energetikai szempontból az az előnyös, hogy semmi energia ne távozzon a házból, míg szellőzés szempontjából megfelelő mennyiségű levegőt kell biztosítani, lehetőleg természetes szellőzéssel.

Dolgozatunk jelen fejezetében betekintést nyerhetnek az általunk vizsgált korszakba, valamint azok hatásaira a mai mindennapokban. Bemutatjuk vizsgálati módszereinket, valamint az általunk használt programokat, azok működési elvét.

1.1. KORSZAK JELLEMZŐI

Tanulmányunkban a nagyvárosok, mint például Magyarország fővárosa, Budapest bérházaival foglalkozunk, azon belül a légudvarok és szellőztetés problémáival. Hogy megértsük az épületek eredeti működését, meg kellett ismernünk a korszakot, melyben keletkeztek.

A bérházak jelentős része a huszadik század elején, illetve a tizenkilencedik század végén épült, Ferenc József császár uralkodása idején.¹ E korszak az ipari forradalmak és felfedezések korszaka volt. Ekkoriban a népesség ugrásszerűen megnőtt, köszönhetően a gyarapodó munkalehetőségeknek, és az ebből adódó gazdasági megerősödésnek. Viszont az épületek száma nem követte a népesség növekedés mértékét. Ennek következménye az volt, hogy a lakásokban élő, egyre több ember egy főre jutó helye lecsökkent, így szinte szorongtak. Nem csupán a komfort csökkent, hanem a zsúfoltság, és higiéniai szegénységből kiindulva járványok kezdtek elterjedni, elsősorban a kolera.² Az állam elhatározta, hogy kézbe veszi az irányítást, és egy nagyléptékű szükséglakás építésbe fogott. E mellett külön programként kislakás-építést is elindított. Azonban nem feledkezhetünk meg arról, hogy az átmenetileg hajléktalanná vált emberek szükséglakással történő segélyezését határozottan el kell különítenünk a későbbi kislakás-építési akcióktól. Az elkülönítés okát a minőségi, a mennyiségi, de mindenekelőtt a létesítésük indíttatásbeli eltérésében látjuk. Szükséglakásokat ugyanis előbb a kolera járványok, illetve más közegészségügyi problémák megelőzése érdekében, később pedig a túlszűfoeltság, illetve lakbérhátralék miatt frissen kilakoltatottak számára létesített a főváros. Ezeken a szálláshelyeken minimális költségtérítés ellenében, korlátozott ideig tartózkodhattak a rászorultak.

A kislakásépítés (bérházépítés) koncepciója 1907-ben látott napvilágot, mely elképzelés szerint 7 millió korona befektetéssel, 750 család és 300 egyedülálló személy lakásproblémája oldódott volna meg.³ Ezek a házak 3 emeletesek és lakásonként 2 szobások lettek volna. A főfalak vastagságát, a lépcsőházak számát, és a szintenként elhelyezhető lakások számát a Főváros

¹ Urbán: A hatósági kislakás-építés története Budapesten, 12. oldal

² Urbán: A hatósági kislakás-építés története Budapesten, 14. oldal

³ Urbán: A hatósági kislakás-építés története Budapesten, 17. oldal

határozta meg, a tervezőnek kevés beleszólása volt.⁴ Ezért a dolgozatunkban vizsgált részletek minden háztípusra ráhúzhatóak, így egy majdnem teljes körképet kapunk a századforduló lakásairól.

A tanulmányunk következő részében ismertetjük a szóban forgó bérházak mai korban jelentkező problémáit, azok kihatását a lakhatásra.

1.2. JELEN KORI PROBLÉMÁK FELVEZETÉSE

A bevett szokások és a szabványok alapján egy építész, egy lakó funkcióval tervezett épületet 50 év időtartamra tervez. Ez az 50 év a fő teherhordó szerkezetekre lett meghatározva, a nyílászáró és egyéb díszítő elemekre értelemszerűen rövidebb élettartamot számolnak. Mint tudjuk, Budapest bérházainak életkora jócskán meghaladja a 100 évet is, de a mai napig használják őket, és reméljük az elkövetkező nemzedékek is megőrzik az épületeket, mivel ezek közös értékeink. Fontos feladata a mai kor építészének, hogy a régi elavult épületeket úgy korszerűsítse, hogy arculatukat tekintve azok ne változzanak meg. A korszerűsítésre mindenképp szükség van, és nem csupán statikai vagy esztétikai okokból, hanem komoly anyagi megfontolásból. Már elcsépelet téma, hogy a gázárak és egyéb energiahordozók költségei az egekbe szöknek, és ez a jövőben sem fog megváltozni. A századfordulós bérházakat megépülésükkor, szénrel vagy fával fűtötték. Mindkettőből volt bőven tartalék, olcsón fel tudták őket fűteni az épületeket. Manapság, amikor a fosszilis energiahordozók fogyóban vannak, erősen el kell gondolkodnunk a fogyasztás csökkentésének kérdésén. Ez nem csupán a házban lakók érdeke, hanem minden emberé, hisz mind ugyanazt a levegőt lélegezzük be, egyazon földből termesztett zöldségeket eszünk.

A fogyasztást alapvetően kétféleképpen tudjuk csökkenteni: leszigeteljük a házat, így az épületből távozó energiát a lehető legalacsonyabbra csökkentjük. Ez a gondolkodásmód nem csupán a falak hőszigeteléséről, valamint az ablakok cseréjéről vagy felújításáról szól, hanem a filtráció útján távozó levegő energiájának csökkentéséről, vagy a filtráció megszüntetéséről is. Ennek elképzelésnek a megvalósulása a Passzív rendszer.⁵ A másik szemléletmód szerint a fogyasztást úgy tudjuk csökkenteni, hogy a nyereségáramokat növeljük az

⁴ Urbán: A hatósági kislakás-építés története Budapesten, 18. oldal

⁵ Szikra: Komplex tervezési segédlet, 22. oldal

épületben. Ezt nevezzük Aktív rendszernek. Erre többféle megoldást képzeltünk el, melyeket meg is vizsgáltunk.

A problémák sorát folytathatnánk a statikai, épületszerkezettani egyéb problémák vizsgálatával, mely kiegészítésekkel eredményeink egy esetleges Budapestet átfogó felújítási terv alapjául szolgálhatnának.

1.3. FELDOLGOZOTT PROBLÉMA LEHATÁROLÁSA

Célul tűztük ki, hogy megvizsgáljuk a 19 század végén épült bérházak felújításának lehetőségeit. Ezen belül az energetikai és szellőzési korszerűsítésre koncentráltunk. Megvizsgáltuk a különböző hőszigetelési megoldásokat, azok hatását a geometriai csatlakozásoknál, figyelembe véve a 2020-ra már bevezetésre kerülő előírásokat.⁶ A műemléki védelem alatt álló házak védett homlokzatainak hőszigetelésével dolgozatunkban nem foglalkozunk, azt egy külön kutatás tartalmához sorolnánk, mely segít az épület teljes körű energetikai mérlegének meghatározásában. Számításainknál ennek megfelelően a főhomlokzatot energetikai szempontból megoldottnak tekintettük. Az épületre végzett energetikai számításainkban különböző programok segítettek, melyek működéséről egy következő fejezetben térünk ki. Fontosnak tartottuk a szellőzés kérdését is. Megvizsgáltuk a fennálló szellőzés hatékonyságát, működését, majd ezek után szimulációkat végeztünk, hogy mennyiben változtatja meg az utólagos hőszigetelés miatt lecsökkent légudvar keresztmetszet a szellőzés hatékonyságát. A megváltozott energetika miatt módosult légállapotok optimalizálására áttekintettük a szükséges gépészeti megoldásokat. A gépészet méretezését egy-egy lakás ellátására terveztük meg, így lehetőséget adtunk arra, hogy a lakók dönthessék el, akarnak-e gépészetet, vagy nem. Szintén megnéztük, hogy egy lakáson belül hogyan alakul a légmozgás, mert fontos, hogy minden helyiség ki legyen szellőztetve. Ennek kapcsán feltérképeztük a levegő által nem járt zugokat.

A kutatásunkban fontosnak tartjuk a valós méretekkel, valós szerkezetekkel történő modellezést, ugyanis így közelíthetjük meg legjobban a fizikai valóságot. Természetesen nem lehet minden megépült házat megvizsgálni.

⁶ EU direktíva

A mintaépületet úgy választottuk ki, hogy az az 1880-1930 közötti időszak tipikus, igényes épülete legyen, melyen viszonylag kevés átépítés történt az elmúlt évek során. Lényeges szempont volt továbbá, hogy az épület eredeti tervei hozzáférhetőek legyenek. Így esett a választásunk a Budapest VI. Nagymező utca 25. szám alatti épületre.

1.4. KUTATÁSI MÓDSZEREK

2.2.1. Tervtári kutatás⁷

A kiválasztott épület terveit az Épületszerkeztani Tanszék biztosította a számunkra. A tervdokumentáció tartalmazza az eredeti terveket, valamint egy későbbi állapot felmérését dokumentáló tervet. Ezek alapján elkészítettük az épület digitalizált terveit ArchiCad program segítségével, melyet a később leírt szimulációk során használtunk fel.

2.2.2. Társadalmi felmérés⁸

Összeállítottunk egy kérdéssort, mely segítségével komplex vizsgálatot készítettünk, azon emberek között, akik hasonló házakban laknak, így az eredmények a szimulációk alapjául szolgálhattak. A kérdések között szerepelt például a szellőzés fajtája, gyakorisága, jövőbeli korszerűsítési terveik, valamint megkérdeztük, hogy az általunk javasolt megoldásokat alkalmaznák-e.

2.2.3. Szakirodalom vizsgálata

Legfontosabb kutatási módszerünk a szakirodalmak tanulmányozása. Ez azért nélkülözhetetlen, mert így tudjuk beleásni magunkat a témába, valamint a már előttünk kutatók eredményeit felhasználva nem kell a témát a legelejéről kezdeni, hanem folytathatjuk az ő munkájukat. Elsődleges forrás a könyvtárakban található írásos segédanyag, viszont manapság az interneten is sok hasznos információval lehetünk gazdagabbak. Nem elhanyagolható forrás a különböző előadások írásos, képi ábrákkal gazdagított anyaga sem.

⁷ A függelékben található tervek szolgáltak alapul

⁸ A függelékben található kimutatások készültek el belülről

2.2.4. Épületdiagnosztikai vizsgálat

E fázisban ismertük meg igazán az épületet. Szakirodalmi kutatásainkból megtanultuk a korban alkalmazott anyagok tulajdonságait, szerkezeteit, melyek állapotát szemrevételezéssel vizsgálhattuk meg az épület bejárása során. Ez a feltárás fontos a jövőbeni felújítás szempontjából.

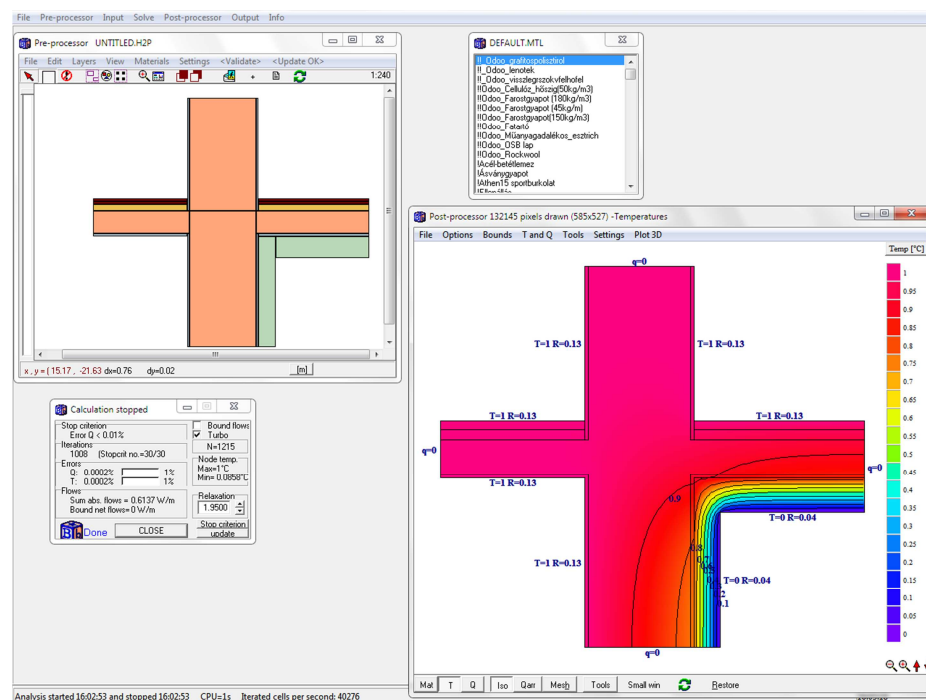
2.2.5. Szimulációk, számítások készítése

A jövőbeni teljesítményeket manapság ki lehet számolni. Ehhez különböző számítógépes szoftverek állnak a rendelkezésünkre, melyeket alkalmaztunk is. Szimulációkat készítettünk a rétegrendi változások hatásait vizsgálva. Az ablakcsere hatásait, valamint az eredeti épület szellőzését vizsgáló szimulációkat végeztünk, hogy kiderüljön hogyan is működött valójában a lakások szellőztetése, és a beavatkozásunk után milyen szellőzési módszert tudunk követni. További számításokat végeztünk teljes épület fűtési-, hűtési energiafelhasználására vonatkozóan, valamint a károsanyag kibocsátását illetően. Szimuláltuk a beépítendő berendezések energia fogyasztását, valamint hatékonyságát is.

1.5. FELDOLGOZÁSHOZ HASZNÁLT SEGÉDPROGRAMOK BEMUTATÁSA

1.5.1 Heat 2D

A Heat 2D egy olyan program, mely képes kiszámolni egy kétdimenziós metszet hőátbocsátási tényezőjét, valamint a szerkezetben a hőáramokat, hőmérsékleteket. Nagy előnye, hogy a bonyolult szerkezeti felépítéseket, mint például a pillérvázaz falszerkezet, is tudjuk számolni vele. A program egyik ablakában saját magunk megrajzolhatjuk a kívánt geometriát, az egyes geometriai alakzatokhoz anyagokat rendelünk, melyeknek a tulajdonságait be tudjuk állítani. Ezen tulajdonságok a következők: hővezetési tényező mindkét irányban, valamint a fajhő.⁹ Különböző peremfeltételeket adhatunk meg, mint például, hogy a hőmérséklet állandó, vagy a hőáram állandó, esetleg a hőmérséklet változó. Minden bevitt adatnak pontosnak kell lennie, mert csak abban az esetben kapunk precíz eredményt. A Heat 2D felülete egyszerű, kezelése mégis kissé bonyolult, köszönhetően annak, hogy nem a Windowsban megszokott billentyűkombinációkkal és egérkezeléssel irányítható. Egy képernyő fénykép mutatja a Heat 2D felhasználói felületét:



1. ábra: Heat 2D kezelőfelülete

⁹ A Heat 2D program használati kézikönyve

1.5.2 PyroSim

Ez a program alapvetően nem arra a célra lett kitalálva, amire mi alkalmazzuk, viszont teljes mértékben használható a levegő áramlás szimulálására is. A PyroSim egy tűzterjedést szimuláló program, 3 dimenziós testekkel. A tűz terjedésének vizsgálatához elengedhetetlen a légmozgás pontos szimulálása, így mi tűzgyújtás nélkül vizsgáltuk meg vele mind a légudvarokban, mind a lakásokban a levegő áramlását. A program működése sokkal bonyolultabb, mint a Heat 2D programé. Itt is először a geometriát kell megadnunk, majd ezek után a peremfeltételeket, mint például a nyílásokon áthaladó maximális légáramot, befúvás-, elszívás sebességét. Ahhoz, hogy a levegő mozgásait megfigyelhessük, egy úgynevezett követőgázt kell elhelyeznünk a helyiségekbe, melynek semmilyen hatása nincs a légmozgásra, csupán a mozgást mutatja be. Olyan ez, mint az autók aerodinamikai vizsgálatakor a füst, melyet ráengednek, hogy lássák az áramlások vonalát.

1.5.3 Eco Designer

E program segítségével egy olyan információhalmazra tehetünk szert, mely a tervezés fázisában segít a koncepció kiválasztásában. Itt is először magát a házat kell megmodellezni a számítógépben, pontos geometriai méreteivel. Minden külső határoló szerkezetet fel kell tüntetni, a külső nyílászáró szerkezeteket is. Ezután a program magától definiálja a szerkezetek típusait, mint például fal, földem, tető, stb. Amennyiben nem találja el a szerkezetet, van lehetőségünk módosítani. A szerkezetek beazonosítása után a szerkezetekre jellemző értékeket kell megadnunk. A legfontosabb érték a hőátbocsátási tényező, a filtráció, tömeg, stb. A szerkezet jellemzése után megadhatjuk, hogy hol helyezkedik el az épület, milyen a benapozottsága, milyen környezetben található, milyen a fűtési, hűtési rendszere, stb. Minden egyéb ökológiai adatot is bevihetünk, például, hogy van-e napelem, napkollektor. A szellőztetés fajtáját is beállíthatjuk. Minden fontos paraméter megadása után a program kiszámolja a ház fogyasztását, táblázatokban, diagramokon tájékoztat minket a költségek, szennyezőanyag kibocsátási értékekről, valamint egy komplett energiamérleg kiértékelést is csinál, melyet hónapokra is lebont. E diagramból kiderül, hogy melyik időszakban mennyi energia ment be a rendszerbe, és ugyanakkor mennyi energia távozott belőle.

1.5.4 DVM szimulátor

Segítségével kiválaszthatjuk a nekünk leginkább megfelelő hűtő-fűtő berendezést, mely az épület fűtését, hűtését hivatott ellátni. Ez a program a Samsung cég által gyártott berendezések vizsgálatához készült. Kimutatásokat kaphatunk a használatával arról, hogy havi szinten mennyi energiába kerül a berendezés üzemeltetése. Beállíthatjuk az általunk elvárt légállapotokat, valamint épület egyéb paramétereit, és a program ezek függvényében készíti el az értékelést.

1.5.5 ERV szimulátor

Ez a program kimondottan a Samsung cég által gyártott hőcserélő berendezések beépítés előtti szimulálására van kitalálva. Használatával segítséget kapunk az általunk bevitt épület légcserélővel való felszerelésének kiválasztásához, majd miután kiválasztottuk az adott terméket, az megadott adataink alapján, melyek a használatból fakadnak, kielemez azokat, és diagramokat, táblázatokat ad eredményül, melyből világosan kitűnik a berendezés alkalmazásának minden előnye és hátránya.

1.5.6 Winwatt

A Winwatt egy közkezdelt program mind az építészek, mind a gépészek között. Segítségével hőátbocsátási tényezőket számolhatunk ki szerkezetekre, viszont a bonyolult rétegfelépítésű szerkezetekben adódó hőhidak hatásait nem tudjuk vele szimulálni. Ez alatt értjük például a fa gerendázatú falszerkezetet, melyben más lesz a hőátbocsátás a köztes mezőben, és más a pilléreknél. Ennek ellenére figyelembe lehet venni a más programok által meghatározott rontást. Miután a szerkezetekre kiszámoltuk az értékeket, a szerkezetekből helyiségeket építhetünk meg, a helyiségekből pedig épületet. Így az egész épületre vonatkoztatva kapunk egy jellemző értéket. Ez az érték a fajlagos hőveszteség tényező. Mi első lépésként az épület szerkezeteinek teljesítőképességét határoztuk meg.

2. FEJEZET: ENERGETIKA

Ebben a fejezetben mutatjuk be az általunk kiválasztott épületen, hogy milyen problémákba ütközik egy tervező, ha egy bérházat újít fel. Bemutatjuk az alkalmazott anyagokat, azok energetikai teljesítőképességét. Részletesen kitérünk a csatlakozások hőhídproblémáinak vizsgálatára, melyekhez részletes szimulációkat végeztünk.

2.1. ENERGETIKAI KÖVETELMÉNYEK

Az energetikai követelmények leírása előtt, a könnyebb és gyorsabb érthetőség érdekében felidéznénk pár, a témában fontos alapfogalmat.

2.1.1. Energetikával kapcsolatos alapfogalmak¹⁰

Az életben lezajló folyamatok időben változóak. Az energetikai méretezések során azonban időben állandósult mennyiségekkel számolunk. (Mai szimulációs programok, mint például az általunk használt Heat2, lehetővé teszik mindkét számítási módot. Mi az egyszerűség és a sok modell leképezéséhez szükséges idő rövidítése miatt, az időben állandósult értékekkel dolgoztunk)

2.1.1.1. Hővezetés

Egy rendszer által, a kölcsönhatások következtében felvett, vagy leadott energiamennyiség, a hő [kJ;J]. Ez a hőtechnikában vizsgálva extenzív mennyiségként jelenik meg. az intenzív mennyiség a hőmérséklet. Jellemzésére a Celsius-, vagy Kelvin-skálát használjuk. a hőmérsékletkülönbségeket mindig Kelvin fokban adjuk meg [K].

A hőáram mértékegysége a J/s, azaz Watt [W]. Hőáramsűrűségnek [W/m²] az egységnyi felületen áthaladó hőáramot nevezzük.

Az extenzív áram, az őt kiváltó intenzív mennyiségek különbségével, a határolás felületével, valamint egy vezetési tényezővel arányos. Ez a hővezetési tényező, ami azt fejezi ki, hogy mekkora hőáram halad át időegység alatt, egységnyi vastagságú, áramlásra merőlegesen egységnyi felülettel rendelkező anyagon, egységnyi hőmérséklet

¹⁰ Reis-Várfalvi- Zöld: Az épületfizika alapjai, 11-20. o.

különbség hatására. Jele: λ , mértékegysége W/mK. Hőszigetelő anyagok jellemző λ -ja 0,04W/mK (például a farost hőszigetelésé 0,035 W/mK értéket is elérheti). Az érték nagymértékben függ az anyag hőmérsékletétől, sűrűségétől és nedvességétől is. Ennek okán kell fokozott figyelemmel kialakítani a szerkezeti rétegrendeket, különös figyelemmel tekintve a hőszigetelő anyagokra, hogy azokat ne érhesse víz se páralecsapódás, se építési nedvesség formájában, illetve, hogy ne zsugorodjanak se roszakadás, se mechanikai terhelés miatt.

Egydimenziós hővezetésről beszélünk, ha hőáram egy irányban halad. Ez a helyzet fennáll például egy végtelen homlokfelületű sík fal egymással szembenező felületein. A Q hőáram [W] értéke egyenesen arányos a sík fal két felületének hőmérsékleti különbségével (t_1-t_2), a homlokfelülettel (A), a hővezetési tényezővel (λ) és fordítva arányos a falvastagsággal. Az egységnyi felületre vonatkoztatott hőáramsűrűség a q [W/m²].

Többdimenziós, forrásmentes hővezetés alakul ki a sarkok, csatlakozások, bonyolult geometriai formák, anyagváltások alkalmazásánál. Ezeken a helyeken a hőáramok is két- illetve háromdimenziósak.

Egy többdimenziós hőmérsékleteloszlást, az azonos hőmérsékletű pontokat összekötő egyenesekkel, izotermákkal szemléltethető. A hőmérsékletgradiens az izotermákra merőleges, vagyis az áramok útjai és az izotermák egymást mindenhol merőlegesen metsző görbéket alkotnak.

2.1.1.2. Hőátadás

Ha a folyadék, vagy a gáz szilárd test felületével érintkezik, közöttük hőáram alakul ki, amelynek nagysága egységnyi felületre vonatkoztatott. a hőáram nagysága egyenesen arányos a felületek hőmérsékletkülönbségével és a hőátadási tényező értékével. Az utóbbi jele, α [W/m²K], ami az egységnyi felületen egységnyi hőmérsékletkülönbség mellett átadott konvektív hőáramot jelenti. A hőátadási tényező reciproka hőátadási ellenállásként ($1/\alpha$) értelmezhető.

2.1.1.3. Hőátbocsátás

Egydimenziós hőátbocsátás során számolt hőátbocsátási tényező U értéke, a szerkezettel érintkező közegek hőmérsékleteinek egységnyi különbsége mellett egységnyi idő alatt, az egységnyi homlokfelületen áthaladó hőáram. Mértékegysége W/m^2K . Reciproka a szerkezet hőátbocsátási ellenállása.

Hőhidaknak nevezzük a szerkezetek azon helyeit, ahol többdimenziós hőáramlás és hőmérsékleteloszlás alakul ki. Kialakulásának oka lehet például a geometriai forma, különböző hővezetési tényezőjű anyagok alkalmazása (például vasbeton pillér és vázkitöltő falak kapcsolatánál), vagy akár egyenlőtlen felületi hőmérsékletű homogén szerkezeteknél is (kívülről árnyékolt felület, falhoz túl közel tolt szekrény), illetve ezek kombinációja. Hőhídmentes szerkezet kialakítása nem lehetséges, azonban a hőveszteségek és a hőnyereségek értékeinek alakításával kedvező szerkezetek alakíthatók ki.

A 2010-es EU-s épületenergetikai direktívának megfelelően (31/2010/EU) a magyarországi 2006-os rendelet (7/2006 TNM) a jövőben átdolgozásra kerül. Jelenleg a Magyar Mérnöki és Építész kamara közösen olyan irányelveket dolgoz ki, melyeket fokozatosan 2012-ben, 2015-ben, 2019-ben vezetnének be. Ennek a szabályozásnak az értelmét abban látják, hogy a fokozatosan szigorodó jogszabályok bevezetésével és betartásával az elkövetkező 10 év alatt az ország el tudja érni a 2019-ben életbe lépő új energetikai követelményeket. Dolgozatunk témájának kidolgozásakor úgy döntöttünk, hogy az energetikai felújítás során a 2019-es állapotot tekintjük iránymutatónak, ahhoz - a lehetőségekhez mérten - maximálisan igazodunk. Így az épület felújított állapotánál figyelembe veendő értékek a különböző épületszerkezeteknél a következők:

Épülethatároló szerkezetek	A hőátbocsátási tényező követelményértéke $U[W/m^2K]$	
	Jelenlegi érték	2019
Külső fal	0,45	0,22
Padlásfödém	0,30	0,15
Fűtött tetőteret határoló szerkezetek	0,25	0,15
Alsó zárófödém árkád felett	0,25	0,15
Alsó zárófödém fűtetlen pince felett	0,50	0,25
Homlokzati üvegezett nyílászáró (fa/ PVC keretszerkezet)	1,60	1,00
Tetőfelülvilágító	2,50	1,40
Homlokzati, vagy fűtött és fűtetlen terek közötti ajtó	1,80	1,30
Fűtött és fűtetlen terek közötti fal	0,50	0,25
Szomszédos fűtött épületek és épületrészek közötti fal	1,50	1,60

1. Táblázat Épületenergetikai szabályozás korszerűsítése¹¹

¹¹ OsztróLuczky Miklós diasora: Épületenergetikai szabályozás korszerűsítése

A jelentkező hőtechnikai problémákat nem elég csupán általános keresztmetszetekre vonatkoztatva vizsgálni. Az optimális eredmény eléréséhez az épületet egy rendszernek kell tekinteni. Minden meglevő geometriát meg kell vizsgálni. Egy geometriai probléma- például lakásválasztó fal és külső fal találkozása- több lakással hozható összefüggésbe. Ezért nem elég egy lakás külön felújítását vizsgálni és elvégezni. A szükséges javítások eredményességéhez szükséges a hőáramok legalább kétdimenziós vizsgálata. Az ilyen irányú szimulációkat, mi a Heat2 program segítségével végeztük el, majd ennek megfelelően összehasonlítottuk az általános rétegrendekből WinWatt programmal számolt eredményekkel, szükség esetén módosítva az általunk javasolt megoldást.

2.2. ÁLTALÁNOS MEGLÉVŐ ÁLLAPOT

Az épület alápincézett, 4 további szinttel és egy tetőtérrel rendelkezik. Tetőtere jelenleg nem beépített, ezt mi a számításainknál is így vesszük figyelembe. Az épületben 3 légudvar található, mind a három más és más helyzettel és geometriával. Az épület belső udvaros kialakítású, függőfolyosós és loggiás közlekedési rendszerrel. A kialakított lépcsőház fűtetlen. Jelenleg egy utólagosan, a belső udvarba beépített lift egészíti ki az épületet.

A ház funkciója szerint lakóház, alsó szintjén boltok és raktárak helyezkednek el.

2.3. ÁLTALÁNOS PROBLÉMA

A ház jelenlegi energetikai állapota nem megfelelő. Szerkezeteinek hőátbocsátása a ma használt 2006-os energetikai követelmények értékeinél is sokkal rosszabbak. Ez vonatkozik mind a falazatra, mind a zárófüdémre és a nyílászárókra. Ahhoz, hogy egy szakmailag korrekt felújítást végezhesünk, ezeket egytől egyig ellenőrizni kell, az alapozástól a tetőszerkezetig. A mi vizsgálataink a belső udvarral és a légudvarokkal kapcsolatban álló szerkezetekre lettek leszűkítve. Az utca felé néző falakat és nyílászárókat, a pincét nem vizsgáljuk, fentebb említett okokból kifolyólag (1.3.), energetikailag megoldottnak feltételezzük.

2.4. MEGOLDÁSI LEHETŐSÉGEK

A megoldási lehetőség az energetikai felújításra egyértelműnek tűnhet: utólagos hőszigetelés alkalmazása és nyílászárócsere szükséges. A tény megállapítása könnyen megy, hiszen minden médiából ezt hallhatjuk nap, mint nap. Általában nem is foglalkoznak mással, hiszen tény, hogy ez minden esetben szükségesnek és elengedhetetlennek bizonyul. A felújítás módját azonban gyakran maguk a lakók határozzák meg saját lakásuknál, nem törődve a szomszédokkal, a ház esztétikájával, szigorúan csak a saját fűtésszámlájuk költségcsökkentésével.

Mi a hőszigetelés kialakítása során nem csak az általános felületek vizsgáljuk, hanem a geometriákat, a szellőzést, a lakók szokásait (szellőztetés, főzés, fürdés) is, hiszen ezek együttesen alakítják a belső terek levegőjének állapotát. A rétegrendeket tehát ezen tényezők figyelembevételével alakítjuk.

Ha nem szűklátóan vizsgáljuk a témát és tovább gondolkozunk, más megoldások is szöveget ütnek a fejünkben. Az energiaveszteség minimalizálása mellett miért nem törekszünk szoláris nyereséget eredményező megoldásokra? Mi történik például, ha beüvegezzük a belső udvart vagy a légudvarokat? Mit nyerhetünk ezekkel? Mennyi energiát képes spórolni nekünk egy újonnan beépített gépészeti rendszer? Mi megvizsgáltuk ezt a kérdéssort is, melynek vonzataira a következő 4.2- es fejezetben térünk ki.

Jelen fejezetben az utólagos hőszigetelés és a nyílászáró felújítás lehetséges opcióit elemezzük. A felújítások alapjaként, fontosnak tartjuk a fenntarthatóság elveit alkalmazni.¹² Mivel már létező házról beszélünk, a felújítás során sajnos nem tudjuk érvényesíteni az összes elvet. Amelyek alkalmazására viszont törekedni tudunk, a következők:

- az energiaveszteségek csökkentése
- az ökológiai lábnyom csökkentése
- keletkező építési hulladék minimalizálása
- a hőszigetelő anyagok megválasztása:
- kis beépített energiatartalom
- határértéken belüli káros anyag tartalom
- újrahasznosíthatóság

¹² Dr. Lányi Erzsébet 2011-es Épületszerkezetan 7 előadásanyaga

- a szoláris energianyereség koncepciójának érvényesítése

A **hőszigetelő anyagok** ökológiai szempont szerinti összehasonlítását az alábbi 1982-ben készült táblázat tartalmazza (forrás: www.fenntarthato.hu):

Építőanyag / ökológiai szempontok	Káros- anyagok az előállításnál	Megújuló forrásból	Újra hasznosít hatóság	Belföldi forrás (NSZK)	Decentr. elállítás, felhaszn. lehetősé g	Egészségi, jó közérzet kihatás
Szalma	+	+	+	+	+	+
Tengerifű	+	+	+	o	+	+
Fagyapot	+	+	+	+	+	+
Kókusz,szizál	+	+	+	-	-	+
Duzz.,prés. parafa	+	+	+	-	-	+
Salakgyapot	-	-	o	o	o	o
Üveggyapot	-	-	o	o	o	+
Duzz. perlit	o	-	o	o	o	+
Préselt szalma	o	+	+	+	+	+
Habosított üveg	-	-	o	o	o	o
Könnyű fagyapot	o	+	+	+	+	+
Polisztirolhab	-	-	o	-	-	-

2. Táblázat: Anyagok ökológiai összehasonlítása¹³

Korszerűbb, szélesebb körű vizsgálati módszerek alkalmazásával készült egy másik táblázat, 2000-ben a Független Ökológiai központban. Ennek végeredménye a következő:

Anyag megnevezés	Hővezetési tényező [W/mK]	Ökológiai értékelés [kv_szám]
Nádpalló	0,055	2,63
Cellulóz	0,04	2,58
Len	0,038	2,75
Kender	0,04	n.a.
Kőzetgyapot	0,035	1,9
Üveggyapot	0,045	1,5
Expandált polisztirol	0,035	1,15
Fagyapot	0,1	1,67

3. Táblázat: Anyagok ökológiai összehasonlítása 2¹⁴

A környezeti értékelést kvalitatívan minősítő, sokszor szubjektív számot **kv_szám**-nak (kvalitatív, vagy "környezet védelemi" szám) nevezték el. Az egyes tényezők mértani átlagából képezték a kvalitatív jellegű összesítő kv_számot, így az elméleti egyszerűsítés a táblázatokat kidolgozók szerint nem vezet az értékelés torzulásához, hiszen az értékelés

¹³ Forrás: <http://fenntarthato.hu>

¹⁴ Forrás: <http://www.foek.hu/korkep/0-0-7-1-.html#hoszig>

során ügyeltek arra, hogy a lényegtelen aspektusok, "nem jellemző" besorolást kapjanak, így ezen tényezők nem módosítják az átlagot.

A kv számok alapján megállapított ajánlási fokozatok:

- 3: Kiemelten ajánlott
- 2: Kisebb hátrányai ellenére ajánlott
- 1: Jelentékeny hátrányai miatt nem ajánlott
- 0: Kerülendő
- n.j.: Nem jellemző paraméter
- n.a.: Közelítő információ sem ismert

A táblázatban szereplő anyagok összehasonlítása során választásunk a farost hőszigetelésre esett. Ennek oka a táblázatban szereplő pozitív értékein felül, legfőképp az épületen való felhasználásának módja. A szigetelés ugyanis utólagosan kerül a falszerkezetre, 4 szint magasságban. Ennek megfelelően rögzítésének könnyen kivitelezhetőnek kell lennie. Előnyös továbbá, ha a felújítás során egyfajta szigetelőanyagot alkalmazunk. A farost hőszigetelés utólagos belső hőszigetelésként is optimális megoldást nyújt, így a ház minden szerkezeténél használható. További pozitív tulajdonsága, hogy a hővezető képessége kiemelkedő, 0,038W/mK értékű.(Jó példák erre a Gutex termékei.)

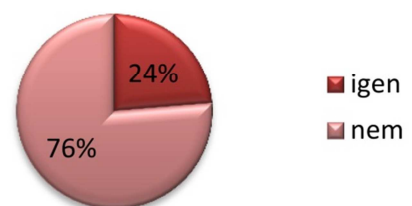
2.5. ÉRINTETT SZERKEZETEK

2.5.1. Falak

2.5.1.1. Jellemzés: A fő tartószerkezet nagyméretű tömör téglafalazat kívül-belül mészvakolattal, változó vastagságban építve, a szinteknek és a szerkezetnek megfelelően. Az épület teherhordó falai 59,44 és 29 cm-esek. Ez téglavastagságban nézve 1, 1.5, 2 téglavastagságot takar. A válaszfalak 1 illetve fél téglavastagan falazva szintén nagyméretű téglából készültek. Ez méreteiben 29 és 14 cm vastagságot jelent.

2.5.1.2. Problémák: Hőtechnikailag utólagos kiegészítő szigetelést igényelnek a külső falazatok, figyelembe kell venni a megfelelő páratechnikai méretezést is. Nagy gondot okoznak a fűtetlen lépcsőházak, a

Fűtött az épület lépcsőháza?



főbejárat szintén fűtetlen folyosója, illetve a légudvarok, mivel ezek falai nem teherhordó szereppel épültek, így szerkezeti vastagságuk kisebb. A lakásokban jellemzően ezeknél a falaknál a legmagasabb a hőátbocsátás értéke. A hőérzet télen a lehülő hideg felületek miatt kellemetlen. A felmérések alapján gyakori, hogy állandó tartózkodású helyiségek, nappalik, hálósobák kerülnek közvetlen kapcsolatba fűtetlen lépcsőházzal. A légudvarok esetében a helyzet szerencsésebb, hiszen ezek már tervezésükkor mellékhelyiség-, tároló-, konyhakapcsolatra lettek tervezve. Fontos, hogy ennek ellenére a mai energetikai követelményeknek sem képesek megfelelni a csekély 14 cm-es vastagságukkal.

2.5.1.3. *Megoldás:* Utólagos hőszigetelésként farost alkalmazása. A számításokhoz WinWattot használtunk. A legrosszabb esetet figyelembe véve, a vakolathibák miatt, a méretezést 1,5-1,5 cm-es külső, illetve belső mészvakolattal számoltuk. A falakat vastagságuknak megfelelően a következő táblázat szerint lehet hőszigetelni:

Nm téglafal vastagság [cm]	Hőátbocsátás értéke [W/m ² K]	Hőszigetelés vastagsága [cm]	Új hőátbocs. értéke [W/m ² K]
14	2,52	15	0,23
		20	0,18
29	1,65	15	0,22
		20	0,17
44	1,23	15	0,21
		20	0,16
59	0,98	15	0,20
		20	0,16

4. Táblázat: Falszerkezetek hőátbocsátásának összehasonlító értékelése¹⁵

A szükséges vastagságokat úgy határoztuk meg, hogy az új értékek nagyjából egymáshoz közeliak legyenek, illetve hogy a falazatok új külső síkjai között ne legyenek eltérések. Ezek a választások a táblázatban ki lettek emelve.

2.5.1.4. *Elért eredmény:* A falak hőátbocsátása ilyen hőszigetelés vastagságok alkalmazása mellett tartani tudja a kívánt 2019-es követelményeket, sőt, elvi szinten túl is szárnyalja az elvárásokat. A beépítés minősége, és a

¹⁵ WinWatt program eredményei alapján

szükséges mechanikai rögzítésekből adódó hőhidak miatt ez a túlméretezés egyértelműen szükséges és hasznos.

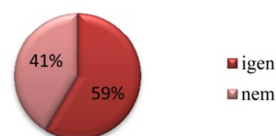
2.5.2. Födémek

2.5.2.1. Jellemzés: A pince és közbenső födémek acélgerendás poroszsüveg födémek. A külső oldali folyosók szerkezete konzolos acélgerendás, illetve a loggiáké acélgerendás poroszsüveg boltozat. A padlásfödém csapos gerendafödém.

2.5.2.2. Problémák:

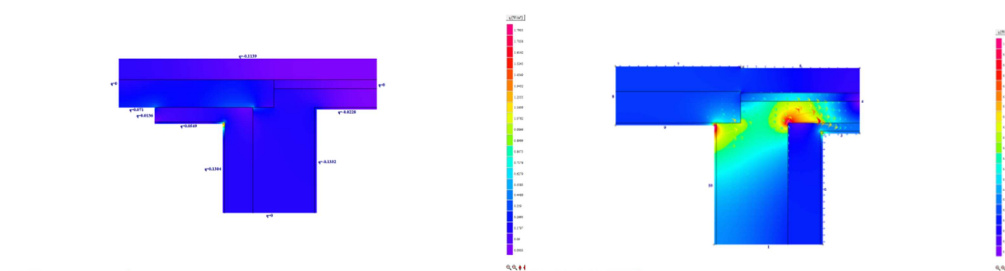
A bejáratától a belső udvarba vezető folyosó fűtetlen. A fölötté levő lakásnak egy hálósobája helyezkedik el itt. A lakók a helyszíni felmérésen kellemetlen

Fűtési szezon idején van valahol a lakásban hűvösebb helyiség rész?



hőérzetre panaszkodtak. A folyosók konzolos acélszerkezete is hőhidakat generál, ez a lakásokban lehűlő pontokként jelenik meg, néhol penészesedéssel. Szintén hőhidat okoz a loggia poroszsüveg födémével, hiszen ennek utólagos hőszigetelése geometriája miatt nehezen kezelhető. Fő problémát mégis a padlásfödém jelenti. A csapos gerendafödémén nincs kialakítva semmilyen járóréteg, csak földréteg. A tetőtér nem beépített, a ház szerkezete tulajdonképpen sapka nélkül várja a telet.

2.5.2.3. Megoldás: Minden fent említett esetben az utólagos hőszigetelés szolgálhat megoldásként. a padlásfödém hőátbocsátásának a 2019-es energetikai követelményeknek megfelelően kisebbnek kell lennie, mint 0,15. Ezt az értéket 20cm farost hőszigeteléssel a födém teljesíteni tudja. A függőfolyosók esetében külső oldalon megoldható a hőszigetelés, azonban a loggiánál a legfelső szinten a



számítások más eredményt hoztak. A fűtetlen padlástér, a szintén fűtetlen loggia és a fűtött lakás találkozási pontja érdekes eredményt hozott. Habár a poroszsüveg

födém geometriája is problémát okoz, kiderült, hogy még ha sík födém lenne, akkor sem lehetne egyszerű külső oldali körbeburkolással eredményesen hőszigetelni. Az optimális megoldást ezeken a helyeken a belső oldali hőszigetelés jelenti, a padlás szigetelésének túlfuttatásával.

2.5.2.4. *Elért eredmény:* Amennyiben a tetőszerkezet felújításra kerül, és a padlástérben a hőszigetelés védett az átnedvesedéstől, úgy a szerkezet megfelel az energetikai követelményeknek a táblázatban értékekkel:

Födém szerkezet	U érték [W/m ² K]	Hőszigetelés [cm]	új U érték [W/m ² K]
Csapos gerendafödém	0,80	10	0,26
		15	0,19
		20	0,15

5. Táblázat: Födémek összehasonlító elemzése¹⁶

2. 5. 3. Nyílászárók

2.5.3.1. Jellemzés

A házban található ajtók egyszerű pallótokos szerkezetek. Energetikai szempontból a bejárati és az erkély ajtók teljesítménye mérvadó. Az ablakok befelé nyíló kapcsolt gerébtokosak, jellemző hőátbocsátási értékük 3,0-3,5 W/m²K körüli értékkel rendelkeznek, ami energetikailag korszerűtlennek tekintett.

Napjainkban szerencsére egyre többen vallják azt, hogy értékeinket meg kell őrizni. Ennek megfelelően egyre többen kezdenek felelősségteljes lakásfelújításba. Több cégnek és internetes oldalnak köszönhetően, melyek a történelmi ablakszerkezetek felújításával foglalkoznak, az információk könnyen eljutnak a célközönséghez. Ahhoz, hogy mindenki megértse, miért jó ilyen módon felújítani nyílászáróinkat fontos ismerni ezen szerkezetek történetét:

”1855-től fokozatosan elterjed a kapcsolt gerébtokos befelé-befelé nyíló ablak. A historizmusban ezt a típust a technikai tökéletességig fejlesztették. A szecesszióban – a technikai tudás birtokában – pedig már jóformán nem is volt

¹⁶ WinWatt program eredményei alapján

határa a formai változatosságnak. A történeti ablakok tehát stílushordozók, azaz építészeti stílusokhoz köthetők. A használatos méretrend, osztásrend és formai kialakítások ismeretében az ablakok alapján 10-20 éves pontossággal meghatározható egy adott épület kora.

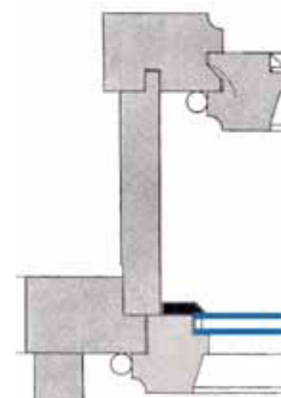
...A történeti ablakok, magas színvonalú műhelyekben, nagy szaktudással készültek... szinte kivétel nélkül nagyon jó minőségű gesztfából. A korabeli szigorú előírásoknak megfelelően az ablakok külső szárnya általában vörösfenyőből készült, csomómentes, válogatott és sűrű évgyűrűjű fából, így vetemedésre kevésbé hajlamos, és az időjárásnak is jól ellenáll. A történeti ablakok lecserélése a legtöbb esetben nem indokolt, kevésbé tartós ablakra való cseréjük pedig csökkenti az ingatlan értékét és károsítja az épület homlokzati megjelenését”.¹⁷

A legtöbb mindmáig fennmaradt ablakunk kapcsolt gerébtokos (befelé-befelé nyíló, kettős üvegezésű), maximum 150 -155 éves. Többségük csupán mázolást igényel, egyszerűen passzíthatók, javíthatók.

Az ablakok tömítésekor figyelembe kell venni, hogy mindig a belső tér felé kell jobban légzárónak lennie az ablakszerkezetnek, ugyanis a külső ablaküvegen az alacsony felületi hőmérséklet miatt nagyobb a páralecsapódás veszélye. A belső ablakszárnyat kell az ütközéseknél tömíteni, hogy a belső fűtött tér meleg párás levegője ne jusson a két ablak közé, ahol a benne lévő nedvesség lecsapódhat a külső hideg üvegen. A külső ütközést nem kell, sőt nem szabad filtráció ellen tömíteni.”

2.5.3.2. Problémák

A történelmi szerkezetek nagy hátránya, a fokozott hőátbocsátásuk. Egy teljes körű felújítás esetén jelentős változtatások szükségesek a szerkezeten. Ezek a változtatások lehetnek esztétikailag drasztikusak, vagy finomabb és szebb megoldások is. Például a teljes ablak



¹⁷ Forrás: http://ablakprofilok.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=3&Itemid=5

cseréje, az új vastagabb profilvastagságok elronthatják az egész ház homlokzatának összképét, míg párhuzamosan a bevilágító felületet is jelentősen csökkentik.

Így tehát a probléma kettős, szerkezeti és esztétikai.

2.5.3.3. Megoldás

Mi a finomabb megoldás hívei vagyunk. A kapcsolt gerébtokos ablakok megjelenése szerintünk nagyon kedvező. Éppen ezért a felújítás során úgy gondoljuk, hogy alkalmazva az általános tömítési alapelveket, a belső szárnyat újítanánk fel. Az üveghorony átlagos mérete 10-15mm. A legvékonyabb hőszigetelő üveget alkalmazva 3-4-3 (3mm üveg- 4mm levegő- 3 mm üveg) hőszigetelő üvegezést alkalmaznánk a belső helyzetű üveg külső felületén Low-E bevonattal, az üvegek között gáztöltéssel. Az új ablaküveg tömege nagyobb, így a pántok cseréje is javasolt. A belső szárny hőátbocsátási értéke így elérheti az 1,9 W/m²K értéket, mag a teljes ablakszerkezet, az összesen 3 réteg üvegével pedig az 1,1 W/m²K-t is.

Az ily módon kialakított, tömített ablakok beépítése esetén a légzárás magas foka miatt fokozott hangsúlyt kell kapnia a szellőztetésnek.

2.5.3.4. Elért eredmény

A homlokzaton megjelenő üvegfelületek aránya és esztétikája az eredetihez hű marad, belső oldalon minimális szerkezetvastagodás van, de ez még belső térből sem érzékelhető. Az új szerkezet hőátbocsátása nagyon közeli értéket ad a 2019-es követelményértékhez. Véleményünk szerint, mivel nem új épületről beszélünk, hanem épület felújításról, ez az érték a legmesszebbmenőkig elfogadható.

További előnye ennek a megoldásnak, az hogy a belső udvar felé tekintő nyílászárók is ugyanezzel az elvvel egységesen átalakíthatók.

3. FEJEZET: LÉGTECHNIKA

Az ember életéhez elengedhetetlen feltétel a tiszta, friss levegő. Egy helyiség levegője mindig tartalmaz valamennyi káros anyagot, melyet a bútorok, berendezési tárgyak, sőt maga a helyiség felületképzése, szerkezete bocsát ki magából. Ezért érthető, hogy a piszkos, elhasznált levegő friss levegővel való cseréje szükségszerű.

Maga a szellőzés folyamata természetes úton önmagától végbe tud menni, ha megvannak a megfelelő feltételek az áramlások beindulására. Szellőzés önmagától a levegő sűrűségkülönbségéből fakadó gravitációs felhajtó erő következtében indulhat be, vagy a szél torlónyomásából fakadóan, illetve ezek együttes hatásából.

Amennyiben nem állnak rendelkezésünkre a természetes megoldások, mesterséges szellőztetést kell alkalmaznunk. Erre abban az esetben van szükség, ha jól tömített, légmentesen záródó ablakokat építünk be a szerkezetekbe, melyek megakadályozzák a filtráció útján kialakuló légcserét. Az ablakok kinyitását ilyen esetben a gépészmérnökök nem javasolják, mivel szabályozhatatlan mennyiségű hőenergia veszhet így el.

Ebben a fejezetben betekintést nyújtunk a légtechnika világába, elemezzük az általunk vizsgált korszak szellőzési megoldásait, majd azok hatásait a mai kor elvárásainak függvényében. Megismerkedünk a légállapot és szellőzés követelményrendszerével, valamint javaslatokat teszünk az egészség, a környezettudatosság és az energia megtakarítás szemszögéből.

3.1 KÖVETELMÉNYEK

Mielőtt megismerkednénk a követelményekkel, szükséges megértenünk pár alapfogalmat. Ezáltal mindenki számára egyértelművé válhat mondanivalónk.

3.1.1 Levegővel kapcsolatos alapfogalmak

3.1.1.1 A levegő

Levegőnek nevezzük azt a szabad szemmel nem látható, színtelen, szagtalan, minden szennyeződéstől mentes gázkeveréket, melyet belélegzünk, és elengedhetetlen az emberi élethez. Fő alkotóelemei a nitrogén, oxigén, valamint mindig tartalmaz kis mennyiségben széndioxidot, hidrogént és nemesgázokat.¹⁸

A levegő lehet száraz, vagy nedves. Száraz és a nedves levegőtől annyiban tér el egymástól, hogy a nedves levegő vízgőzt tartalmaz a száraz levegőn kívül.

3.1.1.2 A levegő jellemzése

Ahhoz, hogy a különböző levegő keverékeket össze tudjuk hasonlítani egymással, és így értékelni tudjuk, a tudósok különböző állapotjellemzőket fogalmaztak meg. Ezek a következők:

Állapotjelző	Jele	Mértékegység
száraz hőmérséklet	t	°C; K
nyomás	p	Pa
abszolút nedvességtartalom	χ	g/kg; kg/kg
relatív nedvességtartalom	φ	%
hőtartalom/ enthalpia	i	kJ/kg
nedves hőmérséklet	t_n	°C; K

6. táblázat: Levegő állapotjellemzői, mértékegységük

Száraz hőmérsékletnek nevezzük azt a hőmérsékletet, mellyel a kiszáritott levegő bír. Nedves hőmérsékletnek nevezzük azt a hőmérsékletet, mellyel a nedves levegő bír. A kettőt azért fontos megkülönböztetnünk, mert a nedves

¹⁸ Braxatoris, Palócz: Légtechnika, 5. oldal

levegőben a párolgás hőt von el környezetétől, ezzel lehűtve azt. A nedves levegő hőmérséklete éppen ezért alacsonyabb a száraz levegőjénél.

A levegő nyomása változik a föld szintjétől távolodva, vagy éppen közeledve hozzá. A földfelszínen úgynevezett atmoszferikus nyomást határozzunk meg, melynek értéke $1,03 \times 10^5$ Pa. Az atmoszferikus nyomáshoz viszonyítunk minden légnyomást, az ettől nagyobb nyomásokat túlnyomásnak, míg az ettől kisebb légnyomásokat depresszióknak nevezzük.

Az abszolút nedvességtartalom nem más, mint a vízgőz tömegének és a száraz levegő tömegének hányadosa. A relatív nedvességtartalom pedig nem más, mint a t hőmérsékleten vett parciális vízgőznyomás és a t hőmérséklethez tartozó telítési nyomás hányadosa.

Minden anyag energiát hordoz magában. Így van ez a levegővel is. A levegő hőenergiát tárol részecskéiben. Az összes hőtartalmat meghatározhatjuk, ha összegezzük a vízgőz és a száraz levegő hőtartalmát. Megegyezés szerint a nulla Celsius fokos, nulla vízgőztartalmú levegő hőtartalma zéróval egyenlő.

3.1.2 Szellőzés alapfogalmai

3.1.2.1 Természetes szellőzés

Természetes szellőztetésről beszélünk, ha a helyiségben található levegő elektromos vagy más mesterséges energiát igénylő mód nélkül megy végbe. Alapvetően két fajtája van:

- Filtrációs levegőforgalom
- Természetes szellőztetés

Filtrációs levegőforgalomnak nevezzük azt a légmozgást, mely szándék nélkül, a nyílászárók résein, a falak pórusain, repedésein, szerkezetek illesztésein át megy végbe. A levegő mozgási irányát tekintve infiltrációról beszélünk, ha a levegő a helyiségbe, valamint exfiltrációról, ha a levegő a helyiségből ki áramlik.¹⁹ Ez a folyamat szabályozhatatlan, ezért az az elsődleges cél, hogy a filtrációt megszüntessük az épületben.

¹⁹ Braxatoris, Palócz: Légtechnika, 7. oldal

Természetes szellőzés alatt azt a folyamatot értjük, amikor szándékosan idézzük elő levegőáramlást a kül- és beltér között, mesterséges energia felhasználása nélkül. Ilyen természetes szellőzési mód például, ha kinyitunk egy ablakot, vagy egy felülvilágítót. Nagy hátránya viszont, hogy a folyamat kevésbé ellenőrizhető, kiszámíthatatlan, hogy milyen szennyezőanyagok jutnak be az épületbe, vagy jutnak ki belőle. A levegő áramlása a térben nem megoldott, nehezen szabályozható, mert több tényező befolyásolja azt, például a bútorozás, a külső és belső légnyomás különbsége, fűtőtestek, nyílások méretei, helye.

Természetes szellőzést is méretezzük, őseink is méretezték, bár akkoriban még ökölszabályokat alkalmaztak. Manapság a következő képletekkel írható le a folyamat:

$$\Delta p = \Delta p_g + \Delta p_{sz} \quad [\text{Pa}] \quad (\text{term. szellőzést alakító nyomáskülönbség})$$

$$\Delta p_g = h * g (\rho_e - \rho_i) \quad [\text{Pa}] \quad (\text{gravitációs felhajtóerő})$$

ahol: h helyiség magassága [m]

g nehézségi gyorsulás [m/s^2]

ρ_e levegő sűrűsége a külső térben [kg/m^3]

ρ_i levegő sűrűsége a belső térben [kg/m^3]

$$p_d = \rho * \omega^2 / 2 \quad [\text{Pa}] \quad (\text{szél okozta dinamikus nyomás})$$

$$\Delta p_{sz} = c * p_d = c * \rho * \omega^2 / 2 \quad [\text{Pa}] \quad (\text{határoló falakon létrejövő nyomásváltozás})$$

$$\Delta p_{sz} = 0,25 * p_d \quad [\text{Pa}] \quad (\text{helyiség egy homlokzatán van nyílászáró})$$

$$\Delta p_{sz} = 0,33 * p_d \quad [\text{Pa}] \quad (\text{sarokhelyiség homlokzatain vannak nyílászárók})$$

$$\Delta p_{sz} = 0,5 * p_d \quad [\text{Pa}] \quad (\text{helyiség átellenes homlokzatán van nyílászáró})$$

$$V = \mu * A (2 \Delta p / \rho)^{1/2} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (\text{résnyire nyitott ablakon kialakuló légáram})^{20}$$

ahol: μ nyílászáró átömlési, kontrakciós tényezője

A nyílászáró homlokfelülete [m^2]

²⁰ Braxatoris, Palócz: Légtechnika, 7-8. oldal

3.1.2.2 Mesterséges szellőzés

E szellőzési forma már könnyen irányítható és szabályozható. Mesterséges szellőztetésnek nevezzük azt a szellőzési metódust, melynek során mesterséges energia felhasználásával gépek működtetésével elszívjuk, vagy befújjuk a levegőt a helyiségekbe, ezáltal mesterségesen előidézve a légmozgást.

Mesterséges szellőzés alkalmazása esetén szabályozható a levegő szennyezőanyag koncentrációja, tisztasága, hőmérséklete, nedvességtartalma, zajszintje, valamint a helyiség légsebesség viszonyai is. Erre különböző gépeket alkalmazhatunk, melyeket a következő főbb csoportokba sorolhatjuk:²¹

- szellőztetés
- légfűtés
- léghűtés
- klimatizálás

Mindezen paramétereket bonyolult képletekkel levezették, számításuk programozott. Viszonylag egyszerű eszközökkel azonban mi is kiszámolhatjuk a szükséges szellőző légáramot:

$$V = m_i / (k_i - k_e) \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

ahol: m_i szennyezőanyag terhelés [kg/h]

k_i belső tér szennyezőanyag koncentrációja [kg/m³]

k_e külső tér szennyezőanyag koncentrációja [kg/m³]

Hőterhelés esetén a szükséges szellőző légáramot a következő összefüggéssel számíthatjuk ki:

$$V = Q / [(t_i - t_e) \cdot \rho \cdot c]$$

ahol: Q helyiség hőterhelése [W]

t_i helyiség belső hőmérséklete [°C]

t_e helyiség külső hőmérséklete [°C]

c fajhő [kJ/kgK]

²¹ Braxatoris, Palócz: Légtechnika, 9. oldal

Anyag megnevezése	Megengedhető koncentráció [mg/m ³]
Acetaldehid	50,0
Ammónia	20,0
Benzin	300,0
Dietil-éter	300,0
Etil alkohol	100,0
Fenol	5,0
Formaldehid	1,0
Higany	0,02
Kén-dioxid	10,0
Klór	1,0
Nitrogén oxidok	5,0
Sósav	5,0
Szénmonoxid	30,0

7. táblázat: Megengedhető szennyezőanyag koncentrációk²²

3.1.3 Szellőzéssel szemben támasztott követelmények

Miután átnéztük a legfontosabb fogalmakat, rátérhetünk a követelményrendszerekre. Elsődlegesen legfontosabb követelmény a szükséges légcsereszám, melyet a légcsere tényezővel jellemzünk:

$$n = V/V_h \quad [1/h]$$

ahol: V_h helyiség térfogata [m³]

Tehát az n tényező megmutatja, hogy óránként hányszor cserélődik ki a levegő a helyiségben. Erre a következő követelmények vonatkoznak a mi esetünkben:²³

²² Braxatoris, Palócz: Légtechnika, 1.1. táblázat

²³ Braxatoris, Palócz: Légtechnika, 27-28. oldal

Helyiség megnevezése	Légcsere tényező, n
Konyha	15-25
WC	3-5
Fürdő	4-5
Zuhanyzó	10-25
Nappali	1-2
Háló	1

8. táblázat: Légcsere tényező értékei²⁴

Továbbá szükséges megemlítenünk, hogy a levegő komfortérzetéhez tartozik a sebesség. Ezt mesterséges szellőztetés alkalmazásakor szabályozni tudjuk. Erre a méretezési kritériumra is találunk irányelveket, melyek a következők:

Elemek megnevezése	Ajánlott légsebesség v [m/s]
Frisslevegő beszívó rácsok	2,5
Légcsatorna fővezeték	3,5...4,5
Légcsatorna ágvezeték	3,0
Légcsatorna függőleges ágvezeték	2,5
Befúvónyílás	1...2
Elszívó nyílás	1,5...2,5

9. táblázat: Lakóépületekben ajánlott maximális légsebesség értékek²⁵

²⁴ Braxatoris, Palócz: Légtécnika, 1.6. ábra

²⁵ Braxatoris, Palócz: Légtécnika, 1.7. ábra

Elemek megnevezése	Ajánlott légsebesség v [m/s]
Frisslevegő beszívó rácsok	4,0
Légcsatorna fővezeték	4,0...6,0
Légcsatorna ágvezeték	3,5...5,0
Légcsatorna függőleges ágvezeték	3,25...4,0

10. táblázat: Lakóépületekben ajánlott maximális légsebesség értékek kis sebességű csatornáknak²⁶

Az előző pár pontban megismerkedtünk a szellőzést leíró fogalmakkal, valamint azok mérhetőségével. Bemutattuk a legfontosabb követelményeket, melyeket szem előtt tartva kell méreteznünk az épületeinket. Dolgozatunk következő részében bemutatjuk az általunk választott házon a korabeli szellőzési módszereket, kezdetleges megoldásokat.

²⁶ Braxatoris, Palócz: Légtécnika, 1.7. ábra

3.2 A KORSZAK SZELLŐZÉSI METÓDUSAINAK VIZSGÁLATA

3.2.1 Szellőzési koncepciók

A szóban forgó építési időszakban a szellőztetés természetes úton volt megoldva. Építészetiileg úgy alakították ki az épületet, hogy a lehető legjobban lehessen szellőztetni. Ezért, valamint megvilágítási szempontok miatt alkalmaztak olyan magas ablakokat.

Az ablakok olyan helyiségek szellőztetésére voltak megfelelőek, melyek utcára vagy belső udvarra nyíltak. Azonban az épület sarkainál, kisebb helyiségek csoportosulásainál kialakultak olyan helyiségek, zugok, melyek nem rendelkeztek ablakkal sem az utca felé, sem a belső udvar felé. Így szellőztetésük nem lett volna megoldott. Éppen ezért kialakítottak úgynevezett lichthofokat, magyarrá fordítva lég- és fényudvarokat. Szerepük egyszerű volt: a szabadba nyíló ablakok nélküli helyiségek fénnel és friss levegővel való ellátása.

A légudvarokra szintén magas, de keskeny ablakok nyíltak, az alsóbb helyiségek fénnel való ellátása azonban nem volt kellőképpen megoldva.

Középületeknél szokásos volt úgynevezett épített gépészet kialakítása. Ez nem mást jelentett, mint hogy a pince hűvös levegőjét kürtökon vezeték be a szellőztetni kívánt helyiségbe, majd egy másik kürtön át kivezették az elhasznált levegőt. Így nyáron hűtötte, télen meg fűtötte az épületet az áramló levegő.

3.2.2 Szellőztető „szerkezetek”, működésük

3.2.2.1 Ablakok

A régi kor tervezőjének fontos feladata volt a megfelelő ablak betervezése. Alapvetően egyen ablakokat alkalmaztak, melyekhez az asztalosok sablonokkal rendelkeztek. Az ablakokról általánosságban elmondható, hogy szélességük kevesebb, mint fele a magasságuknak. Azért használtak magas ablakokat, mert a természetes szellőzés gravitációs úton megy végbe, a különböző sűrűségű levegők mozgása útján. Minél nagyon a magasságkülönbség két légréteg között, annál intenzívebb lesz a szellőzés. Ha egy ablakot vizsgálunk, akkor az ablak alsó zónájában a helyiségbe beáramlik a hideg friss levegő, míg kiszorítja a piszkos meleg levegőt, mely a felső zónában található. Így egy körfolyamatot előidézve.

3.2.2.2 Légudivarok

Hasonló elven működnek, mint az ablakok. Minél magasabbak, annál nagyobb a benne található levegő rétegeinek sűrűség különbsége, és annál nagyobb a gravitációs légáram. A légudivar működési elve egyszerű. A lichthof vékony falán távozó hő felmelegíti a levegőt, ami felfelé áramlik, ezáltal lecsökken a nyomás az alsó zónában, és a pincéből, ahol nagyobb a nyomás, beáramlik a hideg levegő, ami az előzőleg leírtak alapján viselkedik. E folyamat eredményeként állandó légáram lesz megfigyelhető. Fűtési szezonon kívül is van légáram a lichthofban, ilyenkor a kémények elvét használja csupán. Teljesítménye lényegesen lecsökken. Akkor igazán hatásos a légudivaron át történő szellőztetés, ha a belső udvarról vagy az utcáról bejövő friss levegőt keresztüláramoltatjuk a helyiségen át a légudivarig, keresztvázatot létrehozva.

3.3 MAI KOR PROBLÉMÁI, MEGOLDÁSUK

Manapság a légszennyezés igen nagy értékeket ér el. Főleg a nagyvárosokban tapasztalható, hogy gyakran a benti elhasznált levegő tisztább, mint a kinti található. Ezt a tényt figyelembe véve elmondhatjuk, hogy nem célravezető a piszkos utcáról történő szellőztetés, de a belső és légudivarokon át sem sokkal kevesebb port és szennyeződést engedünk be.

A 20. század folyamán a nagy polgári lakásokat felszabdalták, így megszüntették a lehetőséget a keresztzellőzésre, a kis bérlakások pedig már azelőtt sem voltak képesek rá.

Az egyre dráguló energiaárak hatására nagy figyelmet kap az energia benttartása a házakban. Ennek egyik része a falak, és térhatároló szerkezetek, nyílászárók hőszigetelése, melyek megállítják a szerkezeteken át távozni akaró hőmennyiség nagy részét. Viszont a szellőzés útján ennél sokkal több energia veszik el. A természetes szellőztetés ellenőrizhetetlen, szabályozása nehézkes, a bejutó levegő iránya, sebessége nem állítható be. Ezen felül ott van a filtráció, mely zárt ablakok esetén is létrejön. A hőmennyiség legnagyobb része a filtráció útján veszik el.

A lakások felszabdálása folytán létrejöttek olyan helyiségek, melyek csupán a légudivarokra néznek. Nem mindegyik légudivar indul a pincéből, van,

amelyik csupán a földszint feletti födémtől indul. Ezen udvarok légutánpótlása csupán a lakások légteréből történhet, csakis akkor, ha az ablakok nyitva vannak.

Megoldásnak általánosságban elmondható, hogy az a cél, hogy az épület minél inkább légtömör legyen. Erre különböző megoldások vannak, a falak légtömörségét javító vakolattól kezdve a lég és párazáró tömítéseken keresztül az ablakok gumitömítéséig bezárólag, de ezeket most nem részleteznénk külön. A lényeg azonban az, hogy, ha légzáróvá tesszük a házunk szerkezeteit, akkor nem alakul ki a filtráció útján a légcserre, ezért nekünk magunknak kell gondoskodni a szellőzésről. Erre nagyon oda kell figyelni, mert, ha nem megfelelő a légcsereszám egy helyiségben, akkor feldúsulhatnak a szennyező anyagok a levegőben, valamint a pára koncentráció is megnőhet, ami penészképződéshez, vizesedéshez vezethet. Erre a mesterséges szellőztető berendezések adnak megoldást. Használatukkal a levegő szennyezőanyag koncentrációja, tisztasága, hőmérséklete, nedvességtartalma, zajszintje, valamint a helyiség légsebesség viszonyai szabályozhatóak. Ezen felül a távozó hő energiáját is visszanyerhetjük hőcserélő szerkezetek beépítésével.

3.4 SZELLŐZÉSBEN RÉSZTVEVŐ SZERKEZETEK

3.4.1 Falak

3.4.1.1 Jellemzésük

A fő tartószerkezet nagyméretű tömör téglafalazat kívül-belül mészvakolattal, változó vastagságban építve, a szinteknek és a szerkezetnek megfelelően, a 2.5.1. fejezetben leírt vastagságokkal.

3.4.1.2 Problémák, megoldásuk

Légtechnikailag a falak problémája a filtráció. A téglapórusain, a habarcs hézagain, esetleges hiányain, a vakolat laza szerkezetén keresztül és legfőképp a repedéseken át levegőáramlás alakulhat ki a belső és a külső tér között. A levegővel hő távozik az épületből, melyet nekünk kell fűtéssel pótolnunk. Hogy megspóroljuk a filtráció által elvesztett energiát, a falakat légzáróvá kell tennünk. A mi esetünkben kívülről és belülről egyaránt új, légtömörséges fokozó vakolatot hordunk fel a fal felületére, ezáltal fokozva a fal légtömörségét.

3.4.1.3 Elért eredmények

Szimulációs adatokra támaszkodva elmondhatjuk, hogy, ha a falszerkezeten keresztül végbemenő filtrációt lecsökkentjük a 10%-ára, akkor a kimutatásban az energiafogyasztás 1/10-edével csökkent. (8.6. fejezet) Ez az érték a födémek filtrációjának lecsökkentésével egyidejűleg érhető el.

3.4.2 Födémek

3.4.2.1 Jellemzésük

A pince és közbenső födémek acélgerendás poroszsüveg födémek. A külső oldali folyosók szerkezete konzolos acélgerendás, illetve a loggiáké acélgerendás poroszsüveg boltozat. A padlásfödém csapos gerendafödém.

3.4.2.2 Problémák, megoldásuk

Ugyanaz a probléma mondható el födémek esetén, mint a falak esetén. Vagyis, hogy a filtrációval energia távozik az épületből.

3.4.2.3 Elért eredmények

Szimulációs adatokra támaszkodva itt is elmondhatjuk, hogy, ha a födémeken keresztül végbemenő filtrációt lecsökkentjük a 10%-ára, akkor a kimutatásban az energiafogyasztás 1/10-edével csökkent. (8.6. fejezet) Ez az érték a falak filtrációjának lecsökkentésével egyidejűleg érhető el.

3.4.3 Nyílászárók

3.4.3.1 Jellemzésük

Az általunk kiválasztott házon két fajta nyílászáró van: ajtó és ablak. Az ajtók pallótokosak, az ablakok pedig kapcsolt gerébtokosak. Rövid jellemzésüket egy fejezetben már bemutattuk, ismét nem térünk ki rá.

3.4.3.2 Problémák, megoldásuk

Mint az előző szerkezeteknek, az ablakoknak is a legfőbb problémája légtechnika szempontjából a légzárás. A filtráció útján az ablakszerkezeten elvesztett hőmennyiség a szerkezet hőveszteségének 15-20%-a körül mozog, de

az ablak állapotának függvényében ettől jóval több is lehet, akár 50%.²⁷ Ezért érthető, hogy a filtrációt meg kell szüntetnünk. Az ablakok fejlődését tekintve nagy előrelépés volt a kettős ütköztetés feltalálása. Hatása abban nyilvánul meg, hogy a levegőnek nagyobb utat kell megtennie, mint az egyszeres és a tompa ütközések esetében, így csökken a légmozgás. Viszont soha nem volt légtömör a szerkezet. Szerencsére épp ezen ütközések teszik lehetővé, hogy tömítéseket helyezzünk el utólagosan a szerkezetben, kétszeres ütközés esetén kettőt is lehetőségünk van alkalmazni. Ezáltal elérhető, hogy az ablaktok és szárny kapcsolatánál filtráció szinte ne is lépjen fel.

Szükséges tömítenünk az üvegezés és a külső szárny közti kapcsolatot is. Erre lég és párazáró tömítést alkalmazunk, ami felveszi az ablakszárny egyenetlenségeit, és az üveghez is jól tapad. Végül, de nem utolsó sorban az ablaktok és a fogadó falszerkezet közti rést kell tömítenünk. Elődeinket is foglalkoztatta a légzárás kérdése, melyet úgy próbáltak megoldani, hogy a tok és fal közé kátrányba mártott kenderkócot helyeztek el. Viszont ezt csak a tehetősek által épített házak esetében alkalmazták, a bérlakásoknál kihagyták. Szerencsére így megspórolhatjuk a kenderkóc kikaparását, és amint már az előző fejezetben leírtuk, szigetelő habbal tudjuk kitölteni a rést, főleg hőszigetelés céljából. Hogy a légtömörséget is kielégítsük, fontos, hogy a kapcsolatot vagy valamilyen öntapadó szalaggal zárjuk le, vagy valamilyen tartósan rugalmas kitöltéssel lássuk el. Mindezt, amit leírtunk elmondhatjuk az ajtószervezetekre is, ezért azt külön nem részletezzük. Annyit említünk csak meg, hogy az ajtószervezet a küszöbnél mindig egy ütközéssel kevesebb, ezért az ajtó légzárása soha nem lesz akkora, mint az ablak légzárása. Azzal, hogy a légzárást fokoztuk, nem csupán energiát takarítunk meg, de az akusztikai teljesítőképességet is növelünk vele.

3.4.3.3 Elért eredmények

Az Eco Designer programmal végzett szimulációk alapján (8.6. fejezet) elmondható, hogy az ablakok légtömörségét fokozó szigetelésével, esetleg az ablakok cseréjével a filtráció útján távozó hőmennyiség az 1/5-ödére csökkent. Ez elég jelentős mennyiség, azért nem tudjuk a nullára csökkenteni, mivel az ablakszerkezeteink vasalatait nem cseréltük ki, így nem áll módunkban több

²⁷ <http://www.hohangszigeteles.hu/>

ponton zárni őket, így a szél torlónyomása által az ablak meggörbülhet, így valamennyi levegő bejuthat a lakásba, ezzel hűtve a benti teret. Viszont kifelé ugyanez nem játszódhat le, mert az csak jobban rányomja az ablakot a tokra, így az jobban tömít. A másik ok, hogy nem tudjuk lecsökkenteni nullára a filtrációt az, hogy az ajtószerkezetek a küszöböknél mindig csupán egyszeres ütközést tesznek lehetővé, így ott nincs módunkban kétszeres tömítést kialakítani.

4. FEJEZET: LÉGUDVAROK

4.1 ÁLTALÁNOS LEÍRÁS

Dolgozatunkban előzőleg leírtuk a légudvarok kialakulásának szükségszerűségét. Most hadd térjünk ki részletesen a geometriai méreteire, szerkezeteire. A légudvar alapvetően négy szituációban fordulhat elő:

- épület belsejében, 4 oldalról határolva
- épület szélén, telekhatárig építve, a 4. oldalról szomszéd által határolva
- épület szélén, telekhatárig építve, a 4. oldalról másik légudvarhoz csatlakozva
- épület szélén, telekhatárig építve, a 4. oldalról semmit sem csatlakoztatva hozzá- üres telek, alacsonyabb ház esete.

Alaprajzi méreteit tekintve változó, az 1,5 méter szélességtől a 3 méterig. Alaprajzi keresztmetszete lehet négyzet vagy téglalap, esetleg, mint a mintaépületünknel is látható, ötszög. Ablakok általában 3 irányból nyílnak rá, szintenként, egy-egy ablak általános mérete 60/250. Magassági mérete a földszintes házaktól elkezdve a többszintes házakig bezárólag változik a 6 métertől a 25 méterig. A légudvar indulhat a pincefödémről, vagy a földszinti födémről, esetleg már közbenső födémről.

Felső lezárása nincs, ezért mindenféle szennyeződés és nedvesség bejut. A csapadékot egy gyűjtőcsövön vezetik el, a szennyeződést senki nem takarítja. A galambok okozzák a legnagyobb károkat, beköltöznek a légudvarokba, ürülékükkel telítve annak alját. Így a légudvarok általában mocskos, szennyezett levegőjű részek. Amennyiben a pincéből kapja a levegő utánpótlást, és a pince dohos, akkor a légudvar is dogos levegőt szállít a lakásokba.

Fontos kérdés a tűzvédelem. Amennyiben utólagosan leszigeteljük őket, fontos, hogy fokozottan ügyeljünk a tűzállóságra, mivel a huzat segíti a tűz terjedését. A hőszigetelést alkalmazásakor tűzálló kasírozással kell ellátni.

Ezen felül fontos a madárvédelem a légudvarok felső kivezetésénél. Madárhálókat és tüskéket kell elhelyezni, hogy a kártékony szárnyasok ne tudjanak még a közelébe se jönni. Fontos még a légudvar alján található

vízszigetelés karbantartása, esetleg új szigetelés kialakítása hőszigeteléssel egyidejűleg.

4.1.1 Hőtechnika

Hőtechnikai szempontból a légudvarok nagyon gyenge pontjai a háznak. szerkezetüket tekintve falaik általában 14 cm + vakolat vastagsággal épültek. Előnyös tulajdonsága a kialakításuknak, hogy javarészt konyha, fürdő, WC és kamra helyiségekkel van közvetlen kapcsolatban. Gyakran előfordul azonban, hogy a lakások utólagos leválasztása során új funkcióként lakó funkció kerül ezekbe a helyiségekbe, vagy már eredetileg is cselédszobába tervezték a lichthofot. Felmérésünk során is talákoztunk ilyen helyzetű helyiségekkel.

Ritkán mondható el, hogy a légudvarok keresztmetszete olyan kicsi, hogy a közel lévő falai egymásnak sugározzák a belső szobák hőjét, így ezzel csak minimális hőveszteség keletkezik. Éppen emiatt nagyon fontos ezeknek a falaknak az utólagos hőszigetelése, hiszen a mai energetikai követelményeket nem lehet más módon teljesíteni. ezekre a falazatokra elegendőnek bizonyult egy 20 cm-es farost hőszigetelő réteg utólagos alkalmazása.

4.1.2 Légtechnika

Hasonló elven működnek, mint az ablakok. Minél magasabbak, annál nagyobb a bennük található levegő rétegeinek sűrűség különbsége, és annál nagyobb a gravitációs légáram. A légudvar működési elve egyszerű, ennek leírása a 3.2.2.2 fejezetben megtalálható. Szimulációink eredménye az, hogy az eredeti kialakítás, a rosszul záró ablakok hatására a légáram folyamatos volt, felfelé áramló és konstans. Ha egy ablakot kinyitottunk, akkor a légáram hirtelen felgyorsult, és felfelé kiszellőztette a lakást. Ez az állandó légáram akkor is működött, ha a légudvar a földszint feletti födémről indult, és nem volt közvetlen levegő utánpótlása. Ekkor az áramlás lassabb volt, de az ablakok kinyitásakor beindult.

Amennyiben kicseréltük az ablakokat jó légzáródó ablakokra, a légáram leállt. Akkor indult be az áramlás, ha az ablakokat kinyitottuk. Viszont ekkor is csak abban az esetben, ha a lakás belső, udvar felé nyíló, jól záródó ablakát is kinyitottuk és keresztuzatot hoztunk létre.

A légudvarok falának vastag hőszigeteléssel való ellátása a huzathatást csekély mértékben befolyásolta, minimálisan javított a huzat mértékén. Mint azt korábban kifejtettük, a légudvarokon keresztül történő szellőzés nem megengedhető, mivel ellenőrizhetetlen, és szabályozhatatlan a szellőzés során távozó hőmennyiség. Éppen ezért a szellőztetést hőcserélőkön keresztül javasoljuk végezni, viszont a hőcserélő a friss levegőt a légudvarból nyerhetné, mivel a pincében télen melegebb a levegő, mint a kinti térben, ezáltal, valamint a falak fűtésének köszönhetően a légudvarokban melegebb lesz a levegő, mint a külső térben.

4.2 EGYEDI MEGOLDÁSOK

4.2.1 Légudvar lefedése

Több megoldást találtunk ki a légudvarok problémáinak megoldására. Először tárgyaljuk ki a légudvarokat. Ha nem akarjuk, vagy nem tudjuk hőszigetelni őket, akkor le lehet fedni egy fényt beengedő, hőszigetelt üvegezésű kupolával, ezáltal a légudvar zárt levegőt kap. Mégis tudunk rajta keresztül szellőztetni úgy, hogy egy hőcserélő berendezést szerelünk fel lakásonként a légudvar falára, mely a friss levegőt a légudvarból nyeri, míg az elhasznált levegőt elvezethetik a tetőtérbe, vagy külső térbe. A légudvarban előmelegített levegő található, melynek hőmennyisége nem távozik el köszönhetően a lefedésnek, friss levegő utánpótlás pedig a pincén keresztül oldható meg abban az esetben, ha a pince tiszta. Ha nem lenne tiszta, akkor egy földvezetéken keresztül pótolhatjuk a légudvar levegőjét, így a levegő előmelegedik a föld hőjétől, majd a hőcserélő tovább melegíti, így keveset kell fűteni, hogy elérjük a kívánt hőmérsékletet. Ugyanígy eljátszhatunk a gondolattal, ha a belső udvart fedjük le. Annak levegő utánpótlását szintén földcsatornán keresztül oldhatjuk meg, vagy a pincén keresztül. Fontos, hogy ha ilyen megoldáson gondolkodunk, akkor a belső és légudvarok levegőjét is cserélni kell, melyet szintén hőcserélővel oldhatunk meg. A hőcserélő hatásfokának szimulálását a mellékletben megtalálják (8.5. fejezet)

4.2.2 Független folyosó beüvegezése

Abban az esetben, ha az egész belső udvart nem szeretnék lefedni, szóba jöhet a független folyosók beüvegezése is. Ezzel ugyanazt a hatást érjük el, mint a

lefedéssel, viszont a fűtött alapterület/fűtött térfogat arány megnő a lefedéshez képest. Ez azt jelenti, hogy nem tudunk annyi energiát megspórolni, mint a teljes lefedés esetében. Ezen felül nyomasztó érzés egy 4 oldalról határolt szűk folyosón közlekedni. A beüvegezésnek vannak tűzvédelmi vonatkozásai is, ilyenkor a folyosó menekülő útvonallá válik, melyre szigorú tűzvédelmi előírások vonatkoznak, ezzel újabb probléma elé állítva a tervezőket.

5. KUTATÁS FOLYTATÁSA, FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI

Véleményünk szerint az épület általunk feldolgozott problémái, azok megoldása csak az első lépéseket jelentik. Jelen fejezetet azért tarjuk fontosnak külön kiemelni, mert bár munkánk most csak egy tanulmánynak minősülhet, a jövőben ténylegesen hasznos része lehet egy teljes felújítási tervnek.

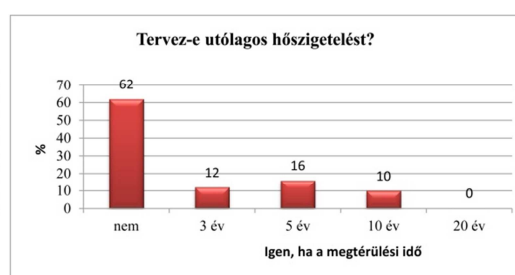
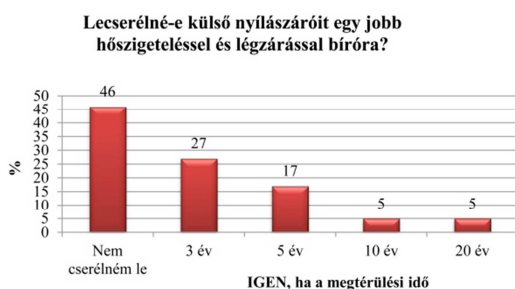
5.1. KUTATÁSOK EREDMÉNYEINEK HASZNOSÍTÁSA

Úgy gondoljuk, ma Budapesten hiányzik egy olyan általános felújítási terv, ami előre tekintve foglalkozik a belvárosi társasházak jövőjével. Egy általános tematika felállításával el lehetne érni, hogy egyre több társasház lássa be és alkalmazza az energiatudatosság elvét. A mi dolgozatunk, tervezési szakaszként része lehetne egy ilyen programnak.

5.2. A TÉMA FOLYTATÁSÁNAK LEHETŐSÉGE

Az épület teljes egészének energetikai és légtechnikai méretezése csak egy apró rész. A feladat kidolgozása során igyekeztünk végig úgy gondolkozni, mint ahogy egy valós felújítási terv készítésekor tennénk. Amikor mérlegeltük a megoldási lehetőségeket, figyelembe vettük a szociális és gazdasági tényezőket is.

Az általunk írt kérdőívbe több jövőbe mutató kérdést is feltettünk a lakóknak.



A felmérés során nagy nehézséget okozott, hogy a lakók a megszokás rabjává válva, kérésünkre sem tudtak teljesen elvonatkoztatni a gazdasági helyzetüktől. Így amikor az esetleges utólagos hőszigetelésre, illetve ablakcserére vonatkozó kérdéseinkre válaszoltak, sokszor határozott „nem újítanánk fel” választ kaptunk. A nemet mondók között olyan is akadt, akit nem az anyagi

helyzete aggasztott, hanem egyszerűen semmi áron nem vállalná fel lakása „felfordítását” a felújítás idejére. A hajlamosság másik módosító tényezője a lakók háttér ismerete. Nagyon sokan tudják úgy, hogy magas fűtésszámlát csak az ablakok rossz minősége okozza, és sajnos kevesen vannak azzal tisztában, hogy lakásuk falán át is „fűtik az utcát”. A szellőzés fontosságát, már ne is említsük. Az emberek nagy része csak a szagok és a meleg miatt nyit ablakot.

Ahhoz, hogy munkánk teljessé válhasson, szükségesnek tartjuk a kivitelezés költségeinek elemzését, a megtérülési idő számításával kiegészítve. Ez idáig egyezik az eddig megszokott elemzésekkel, de a gazdasági teendőknek csupán csak egy kis részét képezi. Például további grafikonokat kell rajzolni arról, hogy a lakók - különböző jövedelmük mellett – a felújítás milyen megtérülési idejével számolhatnak. A számok azonban csak számok maradnak, a tervezési munka esetleg fölöslegessé válik, ha a felújítást a lakók ellenzik.

Elengedhetetlen meggyőzni őket a változtatások szükségességéről. Ezért kiemelten fontosnak érezzük az emberek tájékoztatását, hogy pontosan értsék mi az, amiről döntést kell hozniuk. Ennek elérésére kevés egy tájékoztató füzet kiadása. Egyszerűen nem elég meggyőző. Az embereknek csak kis százalék az, aki ezeket a tájékoztatókat türelmesen és figyelemmel végigolvassa. Arra gondoltunk, hogy mivel egy ilyen felújítási program nagyon összetett és sok szakember együttes munkáját kívánja meg, érdemes bevonni szociálpszichológusokat is az emberek meggyőzésének szakaszában.

Manapság a marketing piacon számtalan, kísérletekkel is alátámasztott gyakorlatot alkalmaznak a meggyőzés terén.²⁸ Fontosnak tartjuk ezeket beépíteni a felújítási programok prezentálásában is, hiszen a lakók azok, akik miatt elkészül egy terv, így az ő érdeklődésük felkeltésére, majd meggyőzésükre is pontos tervet kell készíteni.

Ha mindezen lépéseket kidolgozzuk és alkalmazzuk, a lakók felújítási hajlandósága nagymértékben megnőhet, a program pedig egyre szélesebb körben tud majd elterjedni.

²⁸ Elliot Aronson-Anthony R. Pratkanis: A rábeszélőgép

6. IRODALOMJEGYZÉK

6.1 NYOMTATOTT SZAKIRODALOM

AZ ÉPÜLETFIZIKA ALAPJAI

Reis Frigyes- Várfalvi János- Zöld András

Műegyetemi Kiadó

Budapest

LÉGTECHNIKA

Braxatoris Ákos, Palócz Miklós

Műegyetemi Kiadó

Budapest, 2000

A HATÓSÁGI KISLAKÁS-ÉPÍTÉS TÖRTÉNETE BUDAPESTEN

Umbrai Laura

Doktori Disszertáció

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Bölcsészettudományi Kar

Budapest, 2007

ÖT KÖNYV A RÉGI ÉPÍTÉSZETRŐL

Déry Attila

Terc Kft.

Budapest, 2010

ÚTMUTATÓ ÉPÍTETT ÉS TÁRGYI ÖRÖKSÉGÜNK MEGÓVÁSÁHOZ

Káldi Gyula- Várallyay Réka

Kulturális Örökségvédelmi Hivatal: Teleki László Alapítvány

Budapest, 2004

6.2 INTERNETES FORRÁSOK

<http://www.hohangszigeteles.hu>

<http://www.baunetz.de/>

http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0600007.TNM

<http://fenntarthato.hu>

<http://www.foek.hu/korkep/0-0-7-1-.html#hoszig>

[http://ablakprofilok.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=3
&Itemid=5](http://ablakprofilok.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=3&Itemid=5)

6.3. ELŐADÁSANYAGOK

Dr. Lányi Erzsébet 2011-es Épületszerkezettan 7 előadásainak anyaga

Osztroluczky Miklós: Épületenergetikai szabályozás korszerűsítése

7. FÜGGELÉK

7.1. ÉPÜLET TERVEI

7.2. HŐHÍDKATALÓGUS (HEAT2)

7.3 ÁLTALÁNOS RÉTEGRENDEK ENERGETIKAI SZÁMÍTÁSA
(WINWATT)

7.4. SZELLŐZÉS SZIMULÁCIÓK

7.5. HŐVISSZANYERÉS ALKALMAZÁSÁNAK SZÁMÍTÁSAI

7.6. ÖKOLÓGIAI SZÁMÍTÁSOK (ECO DESIGNER AC)

7.7. KÉRDŐÍVEK DIAGRAMJAI

8. CD MELLÉKLET

A kutatás során elvégzett összes számításnak és szimulációk anyaga.