

Zsebik Albin, Csata Zsolt

Negyedére csökkentettük az energiafelhasználást: a SOLANOVA¹ projekt²

Houses built by industrial technology in Central and Eastern Europe in the 60's and 80's were very good in satisfying the demand for apartments. By saving material and equipment, they were relatively cheap, but from point of view of thermal standards and energy consumption were very bad. The increase in energy prices and requirements for environmental protection raised an illustrative problem in Central and Eastern Europe. The bad physical quality was compounded by social problems. Those who could afford to leave the old apartment blocks were replaced by poorer classes of society. All this caused a poorer value of residential buildings.

In an EU pilot project called "SOLANOVA,"³ a 42-apartment building was renovated and converted to a low energy consumption building in Dunaújváros, Hungary in year 2005. The energy consumption of the building in the last four heating seasons was less than a quarter of the baseline consumption before the renovation.

This paper:

- introduces the building and its energy consumption before the renovation;
- shows the aim, preparation and main steps of the renovation;
- takes a look at the building and its heat consumption after the renovation.

Magyarországon az első iparosított technológiájú lakóépületet az ötvenes években Budapesten a Fogarasi úton építették. Ezt követően mintegy négy évtizeden keresztül ez a technológia határozta meg az építőipart, amely sok embernek munkát, majd eredményeképpen lakást adott. Magyarországon összesen 726 000, évente átlagosan 19 000 lakást létesítettek iparosított technológiával. Ebből 508 000 lakás épült panelos technológiával. Jelenleg a lakosság közel 14%-a él ilyen lakásokban.

Feltételezzük, hogy mérnök elődeink a lakóépületeket – az akkori műszaki és gazdasági lehetőségek kihasználásával, – igyekeztek lelkiismeretesen megépíteni, az energiaellátásukat gazdaságosan megoldani. Az új, összkomfortos lakásba költözés sok embernek okozott örömet.

Ha most, akár minőségi, akár energiateljesítési szempontból értékeljük az épületeket, megállapíthatjuk, hogy

nem felelnek meg napjaink elvárásainak. Ha nem felel meg, felvetődik a kérdés, bontsunk, vagy felújítsunk? Az elemzések alapján a válasz, újítsuk fel korszerűsítéssel. A válasz újabb kérdést eredményez, milyen mértékű korszerűsítéssel? A mai, vagy egy jövőbeli igények és gazdasági környezet szerinti korszerűsítéssel? Erre kerestük a választ a SOLANOVA projekt keretében, amely eredményeképpen negyedére csökkentettük egy hét emeletes, két lépcsőházas, 42 lakásos panelépület energiateljesítését.

Jelen cikkben a projekt megvalósítási és négy éves üzemviteli tapasztalatai alapján vonunk le következtetéseket és teszünk javaslatokat. Tesszük ezt annak érdekében, hogy tanuljunk a múlt, s ha lehet mások hibájából, s felhívjuk a gazdaságpolitikánk irányítóinak figyelmét, hogy az épületek korszerűsítésével jelentős mértékben lehet csökkenteni az energiateljesítést, ezzel párhuzamosan a környezet szennyezését, az import-energiafüggőséget. *Ésszerű és körültekintő gazdaságpolitikával a korszerűsítéshez jelentős mennyiségű hazai terméket lehetne felhasználni, s ezen termékek előállításához és a korszerűsítési munkákhoz sok embert lehetne foglalkoztatni.*

I. Miért Magyarországon, miért Dunaújvárosban?

Ahhoz, hogy kihasználjuk az EU támogatási forrásait, kell az ötlet, kell a csapat, aki megvalósítja, s mintaprojekt esetében kell a támogatási és fogadókészség.

Egy Sopronban tartott Nemzetközi konferencián német kollégákkal beszélgetve született az ötlet. Kézenfekvő volt, hogy itthon valósítsuk meg. Elkezdtük szervezni a nemzetközi csapatot, s ismerve a dunaújvárosi eredményes fűtéskorszerűsítési programot, a Hőszolgáltató és az Önkormányzat hozzáállását a hasonló programokhoz, velük kezdtük a tárgyalásokat.

Az ötletet az *a tanulságos megállapítás* adta, hogy Kelet-Németország iparosított technológiával létesített épületállományának korszerűsítése során nem használták ki azt az energia-megtakarítási lehetőséget, melyet a technikai színvonal lehetővé tett volna.

Ezzel mintegy harminc évre konzerváltak egy nem teljesen hatékony közbeeső szintet. Ezen

felújított épületek jó része már a felújításuk idején sem felelt volna meg nemcsak a jövő elvárásainak, de a tervezett Uniók épületenergetikai szabályozásnak sem.

1 Európai Unió 5. Kutatásfejlesztési és Demonstrációs Keretprogram keretében megvalósított, NNE5-2001-923 szerződés számú projekt

2 A cikk a MTA Energetikai Bizottsága által 2009. november 25-én szervezett konferencián elhangzott előadás alapján készült

3 Solar-supported integrated eco-efficient renovation of large residential buildings and heat supply systems

Történt ez annak ellenére, hogy a felújításhoz a korszerű elemek és technológia Németországban már akkor elérhető volt, hiszen 1987 óta épülnek alacsony energiafelhasználású házak. Az első alacsony energiafelhasználású épületekre vonatkozó előírások már a nyolcvanas években érvénybe léptek Kanadában és a skandináv országokban, majd más országok is követték őket (Németországban 2002-ben). (Csak zárójelben kérdezem meg, tanulunk-e mi az eddigi különböző korszerűsítési programjainkból? Tapasztalatom alapján mondom, hogy nem vagyunk jeles tanulók.)

A pályázatban megfogalmazott célkitűzés az volt, hogy magyar, német és osztrák partnerekkel együttműködve egy panelépületet újítsunk fel energiatudatos, passzívház technikákkal. Ennek eredményeképpen csökkentjük az épület fűtési energiafelhasználását több mint 80%-kal, javítsuk a téli és a nyári komfortot, ezzel is növeljük a lakások értékét. A projekt célkitűzése volt továbbá, hogy tudományos előkészítettségével, műszaki megalapozottságával példával szolgáljon és adatokat szolgáltatson az itthon és külföldön, az iparosított technológiával létesített épületek felújításához.

A nemzetközi konzorcium tagjai: a Kasseli Egyetem (Universität GhK Kassel), a BME

Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszéke, és az Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszéke, a Dunaújvárosi Víz-Csatorna- és Hőszolgáltató Kft., Internorm Fenster AG (Ausztria), a Passivhaus Institut (Németország), Fiorentini Hungary Kft., Energiaközpont Kht., Innovatec (Németország) valamint Dunaújváros önkormányzatának Sziget Alapítványa.

A projekt megvalósítását az EU-n kívül támogatta a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Dunaújváros önkormányzata, a Dunaújvárosi Víz-Csatorna- és Hőszolgáltató Kft., s a megvalósításhoz anyagilag is hozzájárultak az épület lakói.

II. A panelépületek műszaki állapota és a felújítása

Iparosított technológiájú épületeink tartószerkezeteinek várható élettartama meghaladhatja a száz évet. Az ablakszerkezeteket, az épületgépészeti rendszerek, szerelvények nagy részét azonban harminc évre méretezték, ezért mindennaposak a meghibásodások, illetve a karbantartási igény. Az épületek rossz hővédelme a szerkezetek károsodását, korrózióját is gyorsítja. Bár a szendvicsszerkezetek elvileg hőszigeteltek, a hőhidak csatlakozások és a rossz légzárás miatt magas a hőfelhasználás, a fenntartási költség. Az épületekben mind nyáron, mind télen gyakoriak a hőérzeti problémák.

Az iparosított technológiával készült épületek felújítása komplex, műszaki, gazdasági és szociális feladat, amelyet megfelelő körültekintéssel kell megtervezni és végrehajtani. Szakmailag megalapozatlan, részleges felújítások komoly károkat okozhatnak. Erre a hazai gyakorlatban is sok példát találunk. Gyakori jelenség például a szellőzte-

tés nélkül felújított épületekben a penészképződés, a fűtési rendszerek felújítása nélkül a túlfűtés, hiányos tetőszigetelés esetén a legfelső emeleti lakások alul fűtése a többi lakások túlfűtése mellett.

Mivel a panelprobléma számos európai országot érint, az Európai Unió kiemelten kezeli. A Solanova projekt az Unió prioritásait szem előtt tartva olyan komplex demonstrációs épület-felújítást valósított meg, mely műszaki megalapozottságra épül, környezettudatosságra nevel. Rajtunk múlik, hogy eredményeiből és hibáiból (mert ez is van) tanulunk-e.

II/1 A lakószinti homlokzati falak hőszigetelése, és az ablakok cseréje

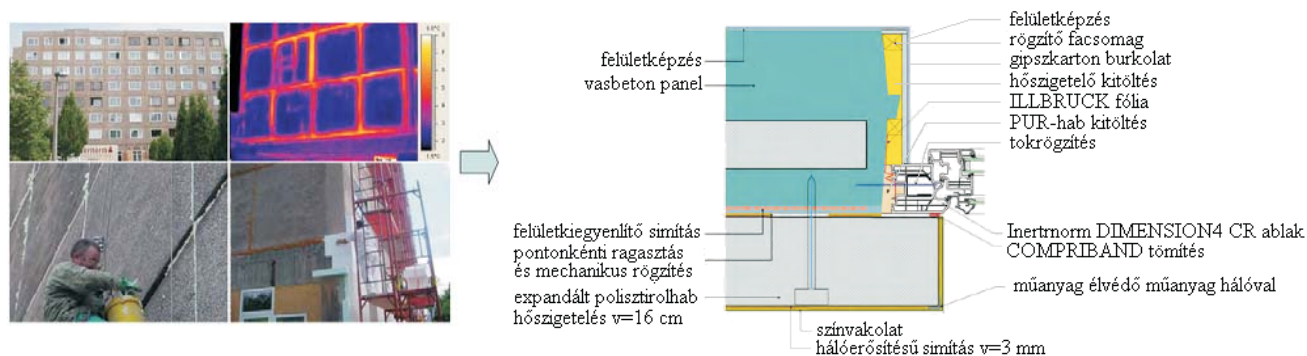
A célul kitűzött energia-megtakarítás elérése érdekében az épület minden lehűlő felületét szigetelni kellett és az ablakokat hőszigetelő üvegezésű ablakokra kellett cserélni. A panelos épületek szendvicsszerkezetéből adódó következmény a hőhidak szerkezeti csomópontok magas hővesztesége: a homlokzati panelek hőveszteségének nagyobb része a hőszigetetlen panelek sávjára és a panelelcsatlakozások vonalára esik és csak kisebb része a megszigetelt mezőkre, amit jól szemléltet az 1. ábrán a termovíziós kép is. Mindez azt is jelenti, hogy a külső oldali hőszigetelés nagyobb hatást gyakorol a csomóponti veszteségekre, mint a rétegtrend alapján meghatározott hőátbocsátási tényezőre, (U-értékre).

Mivel az eredeti falpanelek a széleiken hőszigetetlenek, a veszteségért főleg a hőhidak és az átkötő vasalatok okolhatók. A számítások szerint a hazai viszonyokra elegendőnek bizonyult 16 cm hőszigetelést alkalmazni. (Ez vékonyabb, mint ami az alacsony energiafelhasználású épületeknél általában szokásos/szükséges.) Rendkívüli figyelmet és szakértelmet kívánt az eredeti homlokzatsík fogasságainak „eltüntetése” kiegyenlítő simítással, illetve kiegészítő hőszigetelő lapokkal.

A kivitelezés során a hőszigetelő lapok csatlakozásainál esetenként keletkező hézagokat utólag kiinjektálták. A hőszigetelő réteg külső felületének csiszolása után hálórögzítésű alapvakolat és színvakolat került a felületre a STO rendszer anyagaiból és kiegészítő szerkezeteiből, a rendszergazda irányításával. A felújított falszerkezet névleges hőátbocsátási tényezője $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ lett. Az 1. ábra az északi és keleti homlokzatot mutatja a felújítás előtt. Itt látható a végfal már hivatkozott termovíziós képének része. A homlokzati falak hőszigetelése a lakószinten ragasztással és mechanikai rögzítéssel felerősített AUSTROTHERM AT-H80 márkajelű expandált polisztirolhab lapokkal történt a panelhézagok PUR-hab kitöltését követően.

A panelhézagok kitöltése alpin technikával, míg a falak szigetelését az épület köré teljes magasságban állított állványzatról végezték a szakemberek.

Az északi homlokzaton kettős üvegezésű ablakokat építettek be (a teljes ablakra vonatkozó átlagos hőátbocsátási tényező: $U_w = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$). A déli oldalon a nyá-



1. ábra. A falak hőszigetelése és a homlokzati falak rétegfelépítése [3]



2. ábra. Régi ablakok állapota és az új ablakok

ri hővédelem érdekében egy hármas üvegezésű ablak bizonyult optimálisnak, melynél a mozgatható lamellás árnyékoló a külső üvegréteg mögött van (a teljes ablakra vonatkozó hőátbocsátási tényező: $U_w = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$). A rossz hőszigetelésű hőátadó felületek csökkentése érdekében a konyhákban, a szükséges megvilágítási szintre tekintettel csökkentettük az ablakok méretét, a természetes fényt nem igénylő, kis ideig használt helyiségekben elhagytuk az ablakokat.

Az új ablakok beépítésekor a kivitelező nagy figyelmet fordított az ablakok hőhíd-mentes elhelyezésére, a pára és légzáró kialakításra. A beépítés után a belső oldalon az ediginél nagyobb párkány felületek jöttek létre, ami használati tárgyak, vagy virágok elhelyezésére lett alkalmas.

II/2 A földszint homlokzati falainak hőszigetelése, és a nyílászárók cseréje

A földszinten az avult, károsodott ajtók, kapuk és portálok elbontása után a falnyílásokba zártszelvényekből hegesztett acél vázszerkezet került, a vázelemek közeinek közetgyapot lemez kitöltésével. A vázszerkezet belső oldalára hatékony párazáró fóliát és gipszkarton burkolatot, külső oldalára pedig műfa lemezburkolatot szereltek a 12 cm vastag, különleges minőségű expandált polisztirolhab lemez hőszigetelés fogadására.

A hőhíd mentesítés érdekében, ugyancsak ilyen hőszigetelő lapokkal burkolták körül a földszinti vasbeton pillérek homlokzatsíkból kinyúló részeit és a véghomlokzatok földszinti szakaszait is. A hőszigetelés fölé mindenhol hálórögzítésű alapvakolat és kerámialapka burkolat került. A hőszigetelt külső fal névleges hőátbocsátási tényezője itt



3. ábra. A földszinti burkolások kialakítása

is $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ lett. A földszinti előtetők el lettek bontva, és a déli oldalon a napkollektor mező úgy lett kialakítva, hogy a panelek közötti hézagok tömítésével az előtetőként is funkcionál.

Az építészeti terveknek megfelelően a földszinten téglaburkolattal azonos megjelenésű burkolólapkák lettek elhelyezve.

A földszinti nyílászárók a lakószintekhez hasonlóan INTERNORM termékeiből készültek: a kirakatablakok és az ajtók PVC, a kapuk pedig alumínium szerkezetekből.

II/3 Extenzív zöldtető kialakítása a régi lapostető teljes felújításával

Az átalakítás során az eredetileg egyhéjú, egyenes rétegendű, nem járható, alulhőszigetelt lapos tető szigetelő rétegeit elbontották, az előregyártott vasbeton födémpanelek felső síkjáig.

A tetőfelületen részben extenzív zöldtető (179 m^2), részben terasztető (110 m^2) került kialakításra. Az attikafalak mentén tűzvédelmi szempontból, illetve a tetőszervezet szellőztetése céljából 40 cm szélességben kavicssterítés (46 m^2) készült. A tetőszigetelés elbontása után új párazáró réteg, hő-, és csapadékvíz szigetelés készült. Az épület felújításakor a lakók folyamatosan figyelemmel



4. ábra. A tető a felújítás előtt



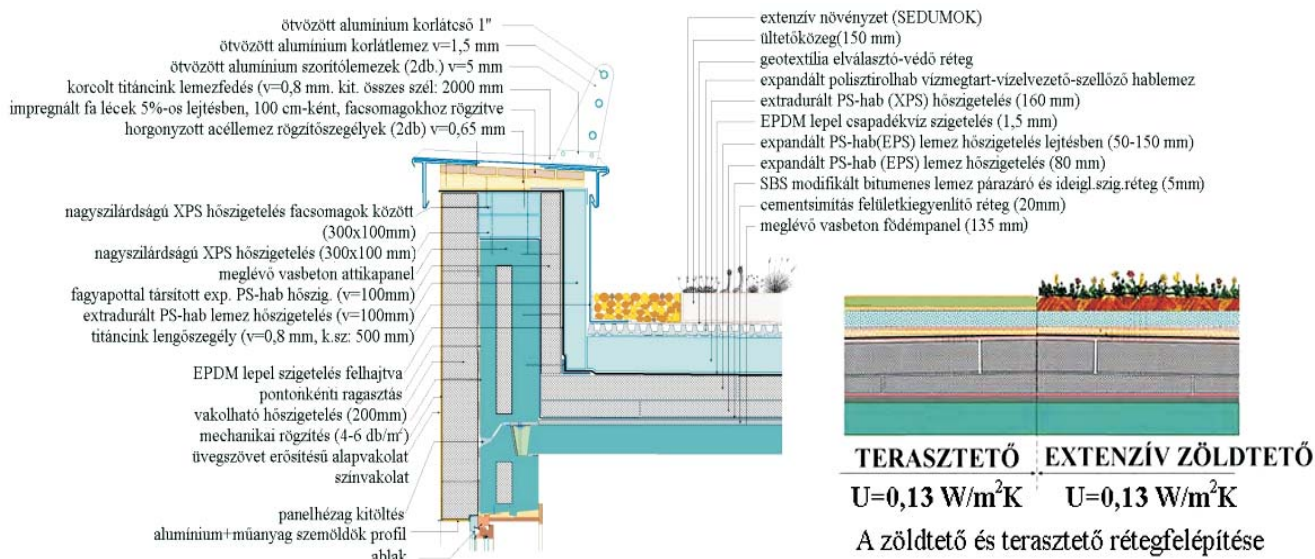
A csapadékvíz szigetelés próbája elárasztással



A felújított tető részlete



A felújított tető képe a liftgépházak között



5. ábra. A lapos-tető a felújítás után [3]

kövezték az egyes munkafázisokat, sőt akadt, aki némelyiket ki is próbálta.

A rétegtervnek megfelelően a hőszigetelő réteg felett készült el a lágy PVC lemez csapadékvíz-szigetelés, amelyet a tető teljes elárasztásával ellenőriztek. Ezután kerülhetett kialakításra a legfelső réteget képező pihenő terület, és a palánták elhelyezése.

II/4 Az épület fűtési rendszerének átalakítása, egyedi kompakt hőközpont beépítése

A lakásokban „DV” típusjelű 600 mm magas tagos, valamint a fürdőszobákban lemeziadiátorok, a földszinti bérleményekben „Tisza” típusú öntött-vas tagos hőleadók szolgáltatták a hőt. A szemétdobó helyiségek fűtését hegesztett acélcső radiátorok látták el. Az eredeti terveken a hőigényszámítást még 95/65°C-os hőlépcsőre végezték el, de a gyakorlatban – a hőszolgáltató tapasztalatai szerint – 90/70°C-os értékekkel lehetett számolni.

Felhasználás szempontjából a felújításkor a fűtendő helyiségek két csoportra lettek osztva úgy, mint emeleti lakó és közös használatú helyiségek, valamint a földszinti bérlemények.

Az épület hőellátását – két másik épülettel együtt – a szomszédos épületben elhelyezett változó tömegáramú hőközpont biztosította, ahonnan a Közmű alagúton (KAF) keresztül jutott el az épületbe fűtési-, illetve a használati melegvíz. A szekunder rendszerben csak a földszinti helyiségekben volt megoldható a mennyiségi szabályozás, mivel itt a hőleadók elé tolózárakat építettek be, azonban a lakásokban erre az egycsőves kialakítás miatt nem volt lehetőség. A lakók gyakran panaszkodtak túlfűtésre, illetve a szél-ső lakásokban előfordult alulfűtöttség is, és általános jelenség volt a belső hőmérséklet szabályozása az ablakok nyitásával. A jelentős túlfűtés és az egyedi szabályozhatóság hiánya energiapiazarló működtetést eredményezett, ami már önmagában is indokoltá tette a rendszer átalakítását.

Több változat vizsgálata után olyan kétcsőves fűtési rendszer tervei lettek kidolgozva, amiben szét lett választva a földszinti helyiségek és a lakószintek fűtése, és az épületben saját hőközpont lett kialakítva. A tervezett fűtési rendszerben a lakások és a földszinti helyiségek névle-

ges hőlépcsője eltérő értékűre lett választva – földszint 74/65°C, lakások 65/40°C – elkerülendő a túlzottan nagyra adódó radiátorok alkalmazását. Az új hőleadók Dunafer LUX-uNi típusú acéllemez radiátorok E, EK és DK jelöléssel. A belső hőmérsékleti zavarok kompenzálására, és az egyéni szabályozás biztosítására, minden hőleadó elé kettős beállítású termosztatikus radiátorszelepek kerültek.

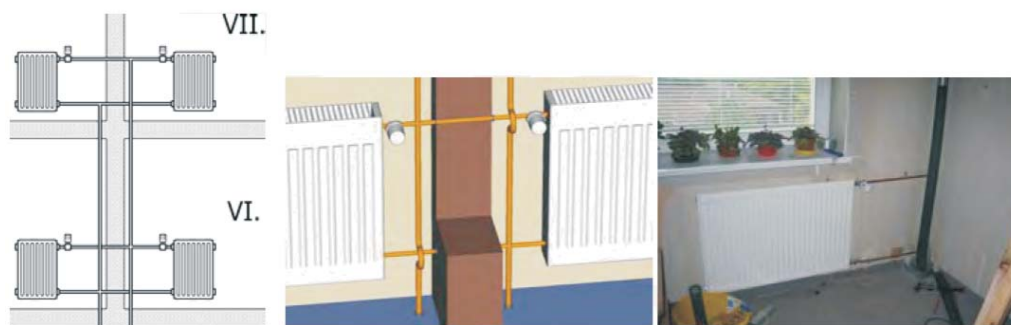
A vastag hőszigetelés miatt a belső falakon létrejövő hőáramok szerepe megnőtt, ezért a költségosztás módszere helyett a fűtési költségek továbbra is fűtött légköbméter alapon kerülnek felosztásra, elkerülve ezzel a lakók közti esetleges vitát. A pinceszinten futó alapvezetékek és a felszálló vezetékek egyaránt csőhéj szigetelést kaptak ($\lambda=0,04 \text{ W/mK}$), ami teljességgel szokatlan a hazai tervezési gyakorlatban. Ez azonban nagyon fontos része az energiatakarékos üzemeltetésnek, mert a lakóhelyiségek hőigénye a vastag szigetelésnek és a légtömör ablakoknak köszönhetően néhány száz Watt körül alakult. Szigetelés nélkül ezeket az alacsony hőigényeket a felszálló vezetékek hővesztése is fedezni tudná, ráadásul szabályozatlanul. Ennek elkerülésére elengedhetetlenné vált a legalább 15 mm vastagságú csőhéj alkalmazása. A csőhéj szigetelés védelmére, és esztétikai okokból a lakásokban haladó felszálló vezetékek gipszkarton dobozolás mögé kerültek.

A felszálló vezetékeken a szabályozatlan hőleadás csökkentését szolgálta az is, hogy az előremenő és visszaterő vezetékek külön-külön helyiségben lettek vezetve, s a hőleadók a függőleges falakon átvezetett a csövekkel lettek bekötve. Ahol lehetett, statikai okokból kerültük az új földemáttöréseket. Az új felszálló vezetékek a régi helyén haladnak, védőcsőként használva a földemekben bennmaradt acélcső darabokat.

A projekt kutatási jellegéből adódóan olyan hőközponti kapcsolás került kidolgozásra, amely egyszerű módon lehetővé teszi a földszinti, illetve a lakószint fűtési rendszerek párhuzamos, vagy soros kapcsolását. Mindezt azzal a céllal, hogy mérésekkel lehessen megvizsgálni, hogy a különböző feltételek mellett, melyik megoldás, kedvezőbb a távhőellátás szempontjából. A hőközpont további feladata a használati melegvíz előállítás is a napenergia hasznosító rendszer segítségével.



6. ábra. A hőleadók és elhelyezése a felújítás előtt

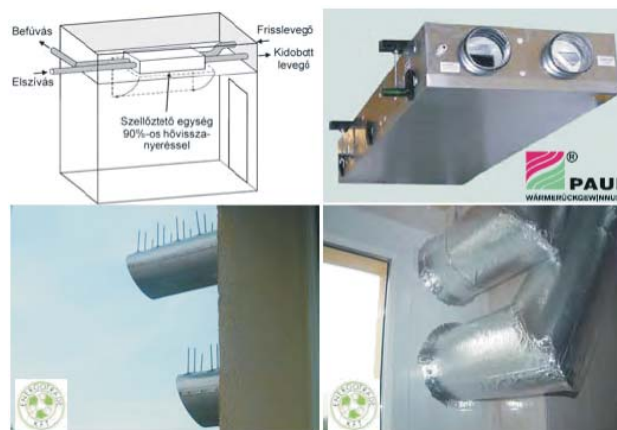


7. ábra. A fűtőtestek elhelyezése és csatlakoztatása

II/5 Gépi szellőző rendszer kialakítása

Az energiatakarékos épületüzemeltetés fontos eleme a szabályozott szellőztetés. A SOLANOVA épület nyílászáróinak cseréje megteremtette ennek lehetőségét és igényét, mivel az ablakok résein átáramló levegő az új, jó minőségű, légtömör zárású nyílászárók hatására minimálisra csökkent. A mesterséges szellőztetés alkalmazása többcélú, mert nem csak a lakók frisslevegő igényét elégíti ki, illetve az épületszerkezet állagmegóvásában játszik szerepet, hanem az elszívott levegő hőtartalmának visszanyerésével energia-megtakarítási lehetőséget kínál. Az épületben a megfelelő mértékű légcserre ellátását lakásonkénti szellőztető rendszer valósítja meg. A szellőztetéshez a friss levegőt a homlokzati falon átvezetett légbeszívó elemén át alacsony fordulatszámú centrifugál ventilátor szívja be. A külső, poros levegő a szobákba szűrést követően, a hővisszanyerőn áthaladva a mennyezet alatt, álmennyezettel takart légcatorna hálózaton kerül bevezetésre. A légbevezető elemek, – melyek alkalmasak arra, hogy a friss levegőt a helyiség távoli pontjaira is eljuttassák, – az ablakokkal szemben helyezkednek el. A friss levegő a helyiségekben keveredik, és a beltéri ajtók alatti réseken át a folyosó irányába halad az elszívási pontok felé. A levegő elszívása a fürdőszobából, a mellékhelyiségből és a konyhából, szűrővel ellátott szabályozható légszelepeken keresztül történik. Az áporodott, páradús elszívott levegő szállítása szintén a mennyezet alatt, álmennyezettel takart légcatornákon történik. A szellőzőgépben az elszívott levegő, a második szűrést követően, hőtartalmát a beépített hővisszanyerő felületén a friss levegőnek adja át, előmelegítve azt. A lehűtött, elhasznált levegőt ventilátor juttatja a szabadba a homlokzaton elhelyezett légkidobó idomon keresztül.

A szellőző berendezés a konyha és a folyosó mennyezetén került elhelyezésre. A légbeszívó és légkifúvó idomok madárvédő hálóval ellátott, rozsdamentes acélból készült csővezetékek tetejükön tüskézéssel. A frisslevegős és befúvó légcatorna hálózat spirálkorcolt horganyzott lemez csővezeték, ahol a megfelelő akusztikai követelményeket kaucsuk alapú ásványi szál mentes hangcsillapítók biztosítják. Ennek a speciális típusú hangcsillapítónak köszönhetően elkerülhető, hogy egészségre káros ásványi szál kerülhessen a lakótérbe. A befúvási pontok minden esetben a lakószobák, melyek száma lakástípusonként



8. ábra. A szellőztető rendszer

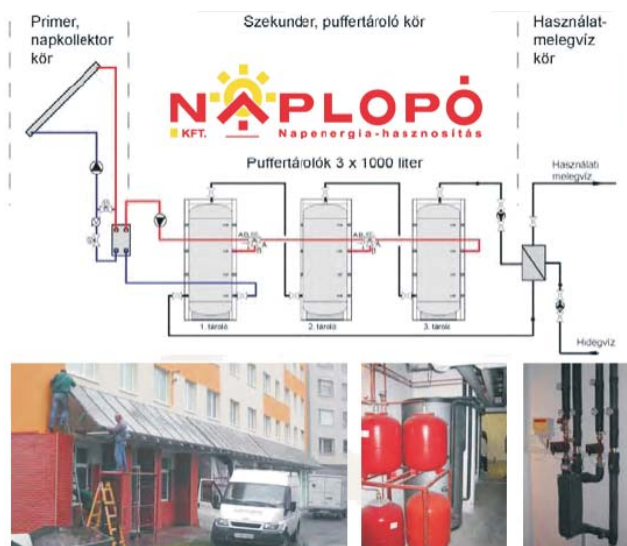
változó. Az elszívó légcatorna hálózat flexibilis ásványgyapot töltetű hangcsillapító csővezeték. Az elszívó légszelepek G4 osztályú szűrőszövetet tartalmaznak. A kondenzátum elvezetés a meglévő szennyvízelvezető hálózatba került bekötésre bűzelzáró közbeiktatásával.

A szellőzőrendszer szereléséhez a lakások belső panel szerkezetű falain faláttöréseket kellett készíteni, vizes technológiájú, gyémántkoronás magfúró berendezéssel. A fúrások helyzetét úgy kellett meghatározni, hogy statikailag fontos acélmerevítések ne sérüljenek. Az alkalmazott technológia révén a feladat lakott, bútorozott lakásban is elvégezhető volt.

Annak érdekében, hogy a ventilátor üzeme folytán keletkező nem kívánt rezgések ne terjedjenek át az épület szerkezetére, a berendezés rögzítése rezgéscsillapított felüggesztésekkel, a légcatornák tartózása gumibetétes légtechnikai csőbilincsekkel történt. A szellőző berendezés szállítása összeszerelten történt, elektromos és vezérlő kábelezése még a gyárban megtörtént. Elektromos táplálása az egyes lakások biztosító szekrényeiből került megvalósításra. Az elektromos vezérlődoboz a mennyezet alatt a közlekedő oldalfalán, a kezelő egység a padlótól 1,5 méter magasságban került elhelyezésre. A képződő kondenzvíz ragasztott KPE vezetéken át, száraz golyós búzzáron keresztül csatlakozik szennyvíz felszálló vezetékre. A befúvó és elszívó légcatornák homlokzati fal és szellőzőgép közötti szakaszai 50 mm vastag alukasírozott ásványgyapot szigeteléssel lettek ellátva, jelentősen csökkentve a hőveszteségeket.

II/6 Az napenergia hasznosítása a használati melegvíz melegítésére

A napkollektorok elhelyezésére különböző helyek kerültek megvizsgálásra. Az elemzések végül a kettős feladat egyidejű ellátása érdekében előtetőként az épület déli oldalára kerültek elhelyezésre. A rendszer kialakítása háromkörös, a hálózati vizet puffertárolók közbeiktatásával fűtik (9. ábra). Így higiénikusabb, a legionella baktériu-



9. ábra. A napkollektorok és a tároló rendszer

mok által okozott fertőzés elkerülése szempontjából lényegesen kedvezőbb rendszer valósult meg. A hőhasznosítás 36 db – egyenként 2 m²-es – napkollektorból, (teljes napkollektor felület 72 m², az abszorber-felület 63,4 m²). 3 db 1000 literes, a napkollektorokkal külső hőcserélőn keresztül fűtött puffertárolókból, a szükséges egyéb működtető, mérő, ellenőrző, biztonsági szerelvényekből, valamint a csővezeték rendszerből áll.

A rendszer automatikus, felügyelet nélküli üzemre alkalmas. A kollektorok a napsütés erősségétől és a külső hőmérséklettől függő intenzitással felfűtik a puffertárolókat, ezek megfelelő hőfoka esetén pedig elindul a használati-melegvíz felfűtése a puffertárolókból. A rendszer három körös, a primer (kollektor) kör –25°C-ig fagyálló hűtőadó folyadékkal, a szekunder (puffertároló) kör lágyított vízzel került feltöltésre. A harmadik kör maga a használati-melegvíz rendszer.

A napkollektorok az épület déli homlokzatán, a földszinti üzletsor fölött 45°-os dőlésszöggel, helyezkednek el. A kollektorok egyben előtetőként is szolgálnak. A puffertárolók és az egyéb gépészeti szerelvények az

A fűtés idényenkénti hőfelhasználása

Idény	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009
t _k , °C	4,45	6,30	4,24	3,88	5,03	3,36	6,80	5,07	4,28
Q, GJ	2312	2103	2007	2044	2156	477	205,4	308	331
Q _k , GJ	2379	2456	2038	2029	2304	459	249	330	337

épület alagsorában kerültek elhelyezésre. A kollektorokat a tárolókkal 2 db hőszigetelt vörösréz csővezeték köti össze. A napkollektorok külső hőcserélőn keresztül, elsősorban a napsütés erősségétől, valamint a hőmérsékletektől függően az 1-es, 2-es és 3-as puffertárolót fűtik.

III. Az energiafelhasználás a felújítás előtt és után

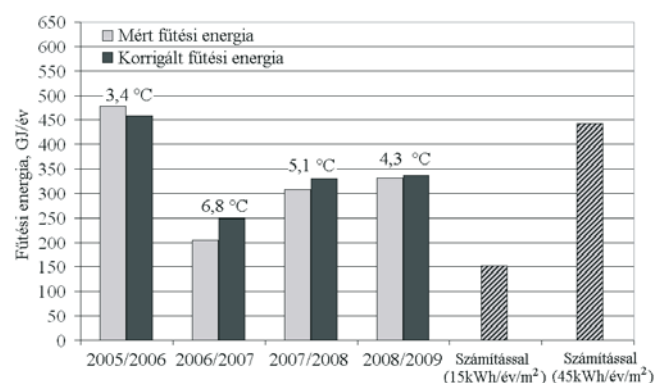
Az épület energiafelhasználását hőmennyiségmérőkkel rögzítettük a felújítás előtt és után. A hőközpontban mértük az üzemviteli paramétereket, a kiválasztott lakásokban a levegő hőmérsékletét és nedvességtartalmát.

A felújítás előtt, az összehasonlítás alapját képező, ún. bázis hőfelhasználást többféleképpen határoztuk meg, végül bázisként a fűtésnek 2150 GJ/év, a használati melegvíznek 465 GJ/év hőfelhasználást fogadtunk el. Az együttes bázisértéknek 2615 GJ/év hőfelhasználást tekintünk.

A felújítás 2005. év őszére valósult meg.

Az 1. táblázat a fűtés idényenkénti hőfelhasználását tartalmazza. Az első sor a fűtési idényben a külső átlaghőmérsékletet, t_k, a második sor a mért hőfelhasználást, Q, a harmadik sor a mért hőfelhasználás +4°C külső és +20°C belső átlaghőmérsékletre korrigált értékét mutatja, Q_k.

A 10. ábra a felújítást követő négy fűtési időszakban oszlopdiagramon mutatja a fűtési hőfelhasználást. Az ábra

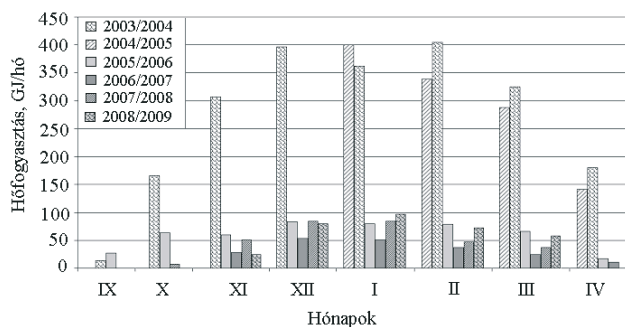


10. ábra. A fűtési hőfelhasználás a felújítást követő négy fűtési időszakban

utolsó két oszlopa az összehasonlításhoz készült, s azt mutatja, hogy a hőfelhasználás, az oszlopok alatt megadott, alacsony hőszükségletű épületek alsó és felső határértéké-
ként elfogadott tartományba (15–45 kWh/év/m²) esik.

A 11. ábra havi bontásban mutatja a fűtési hőfelhasználást. Jelentős különbség adódik a 2005/2006 évi hőfelhasználástól, miszerint a felújítást követően októberben és áprilisban már alig, vagy nem kellett fűteni.

1. táblázat

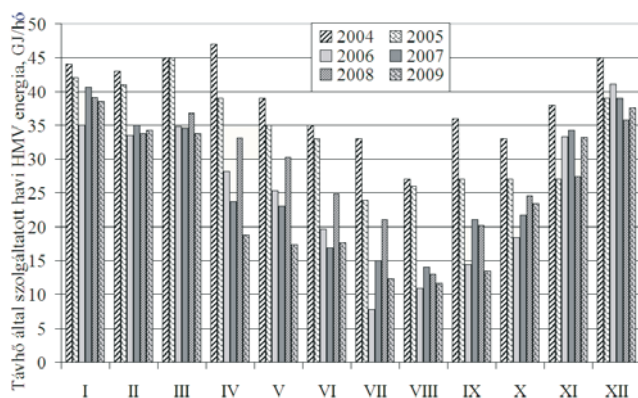


11. ábra. A fűtési hőfelhasználás havi bontásában

A 10. és 11. ábrák alapján megállapítható, hogy a felújítást követő négy év fűtési időszakában, fűtési időszakonként annyi fűtési energiát használt fel a ház, mint amennyit a felújítás előtt a téli hónapokban egy hónap alatt (december, január, vagy február hónapban) felhasználott.

A 2. táblázat a használati melegvíz melegítéséhez szükséges hőt mutatja havi bontásban. Miközben a 2004. évben a HMV hőfelhasználását teljes mértékben a távhőrendszer fedezte, 2005. év szeptemberében már a besegített a napenergia hasznosítás.

A 12. ábra oszlopdiagramon havi bontásban mutatja a használati melegvíz melegítéséhez a távhőfelhasználást.



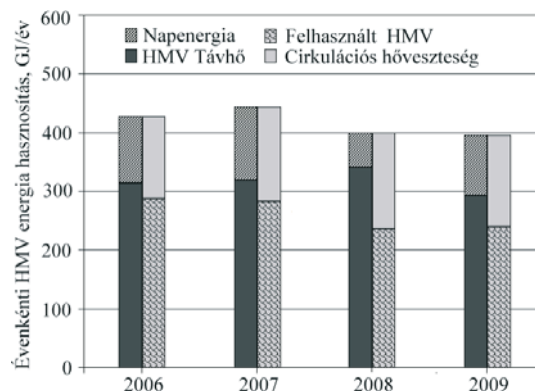
12. ábra. A HMV hőfelhasználás havi bontásában

Megfigyelhető, hogy a nyári hónapokban a felújítás előtt is alacsonyabb volt a hőfelhasználás, s ez a napkollektorok üzembehelyezését követően jelentős mértékben megváltozott.

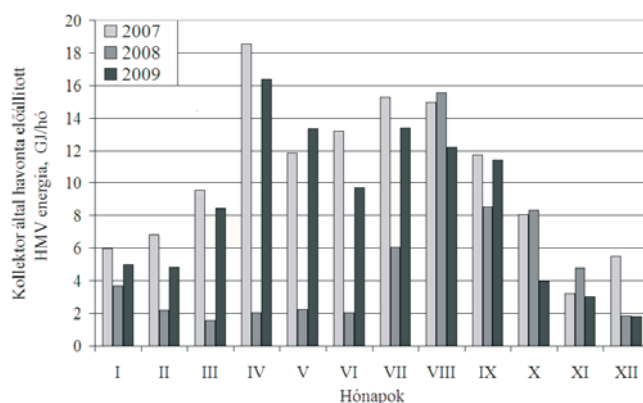
A 3. táblázat a használati melegvíz melegítéséhez a távhőből és a napkollektorokból felhasznált hőt mutatja havi bontásban. A 13. ábra ugyanezt éves bontásban

A használati melegvíz távfűtési hőfelhasználása

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Sum, GJ
2004	44	43	45	47	39	35	33	27	36	33	38	45	465
2005	42	41	45	39	35	33	24	26	27	27	27	39	405
2006	35,0	33,5	34,8	28,2	25,3	19,7	7,8	10,9	14,4	18,7	33,3	41,1	303
2007	40,7	35,0	34,6	23,8	23,1	16,9	15	14	21,1	21,8	34,3	39	319
2008	39,1	33,8	36,8	33,1	30,3	24,9	21,1	13	20,2	24,6	27,4	35,8	340
2009	38,6	34,3	33,8	18,81	17,4	17,7	12,3	11,6	13,5	23,5	33,2	37,6	292



13. ábra. A HMV és energiafelhasználása



14. ábra. Napkollektorokkal havonta előállított HMV

szemlélteti, a 14. ábra a napkollektorokkal termelt hőt mutatja ismét havi bontásban. Összességében megállapítható, hogy évenként a HMV energiaszükséglete több volt, mint amennyit fűtésre kellett fordítani.

A mért adatok alapján a HMV termelésről a következő hasznos tapasztalatok vonhatók le:

- Összességében a HMV felhasználás a 2004-es évhez képest mérséklődött, ez részben annak köszönhető, hogy a lakók tudatosabbakká váltak a HMV használatával kapcsolatban, jobban odafigyelnek a vízfogyasztásra. Segített az is, hogy a kifolyókra ún. takarékos (levegő bekeverő) fejeket raktunk.
- Télen több hőt kell a HMV előállításra fordítani, mivel megnő a lakók igénye. Nyáron a szabadságolás és telek gazdálkodás miatt kevesebb időt tartózkodnak otthon, s a felmelegítendő víz hőmérsékletében is jelentős eltérés tapasztalható.

2. táblázat

A használati melegvíz hőfelhasználása

3. táblázat

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Q, GJ/év
2007	Távhő HMV, GJ	40,7	35,0	34,6	23,8	23,1	16,9	15	14	21,1	21,8	34,3	39	319
	Kollektor HMV, GJ	6	6,8	9,6	18,6	11,9	13,2	15,3	15	11,7	8,1	3,2	5,5	124,7
	Összes HMV, GJ	46,7	41,8	44,2	42,4	35	30,1	30,3	29	32,8	29,9	37,5	44,5	443,7
2008	Távhő HMV, GJ	39,1	33,8	36,8	33,1	30,3	24,9	21,1	13	20,2	24,6	27,4	35,8	340
	Kollektor HMV, GJ	3,7	2,1	1,6	2	2,2	2,1	6	15,5	8,5	8,3	4,8	1,8	58,8
	Összes, GJ	42,8	35,9	38,4	35,1	32,5	27	27,1	28,5	28,7	32,9	32,2	37,6	398,8
2009	Távhő HMV, GJ	38,6	34,3	33,8	18,8	17,4	17,7	12,3	11,6	13,5	23,5	33,2	37,6	292
	Kollektor HMV, GJ	5	4,8	8,4	16,4	13,3	9,7	13,4	12,2	11,4	3,9	3	1,8	103,4
	Összes, GJ	43,6	39,1	42,2	35,2	30,7	27,4	25,7	23,8	24,9	27,4	36,2	39,4	395,4

- A napkollektorok hasznos felületére (63,4 m²) vetített megtermelt HMV energia 2007-ben 546 kWh/m²/év, 2008-ban 258 kWh/m²/év, míg 2009-ben 453 kWh/m²/év volt. A projekt elején a tervezett érték, hasznos felületre vetítve 686 kWh/m²/év volt.
- Éves szinten 2007-ben 28%, 2008-ban 15%, míg 2009-ben 26%-ot tett ki a napenergia részesedése a össz- HMV melegítésből (távhő HMV+napenergia). Nyáron a napenergia részesedése jóval nagyobb, eléri, sőt esetenként meg is haladhatja az 50%-ot.
- A használati melegvíz napenergiával történő melegítésénél különösen fontos a rendszer beszabályozása és a hasznosítás folyamatos követése. A 2008. év alacsony energiahasznosításának az oka, hogy a rendszer beszabályozása elállítódott, s ezt a folyamatos követés elmaradása miatt csak egy évvel később vettük észre. Tanulsgként kell levonni, hogy nem elég támogatással megépíteni a napenergia hasznosító rendszert, a beruházás hasznát élvező lakók mellett a hőszolgáltató érdekeltségét is meg kell teremteni a gazdaságos üzemeltetéshez.
- Amint a 12. ábrán látható, a cirkulációs veszteség 2007-ben 162 GJ/év, 2008-ban 163 GJ/év, míg 2009-ben 156 GJ/év. Ez meghaladja a hasznosított napenergia mennyiséget. Látszik, hogy a HMV energiára felhasznált energiát jelentősen lehetne csökkenteni a napi cirkuláltatás idő lakók igényeihez igazított csökkentésével.
- A felújítások során fontos lenne a fűtési rendszerrel együtt a HMV rendszer felújítása is. Ez a SOLANOVA projekt keretében nem történt meg.

IV. Az energia-megtakarítás

A fűtési energia-megtakarítást a bázisérték és a felújítást követő években mért hőfelhasználás külső hőmérséklet szerinti korrigált értékének különbségeként határoztuk meg. Az összehasonlítás alapjául tekintett 2150GJ/év fűtési hőfelhasználáshoz képest a megtakarítás a 2005/2006 fűtési idényt követő években rendre 1691 GJ, 1901 GJ, 1820 GJ és 1813 GJ volt, ami 78,7%, 88,4%, 84,6% és 84,3% fűtési hőfelhasználás megtakarításnak felel meg.

A 4. táblázat a fűtés és a HMV melegítés éves energiaigényét mutatja a felújítás után. Ez alapján az állapítható meg, hogy negyedére csökkentettük az épület fűtési és használati melegvíz energiaigényét.

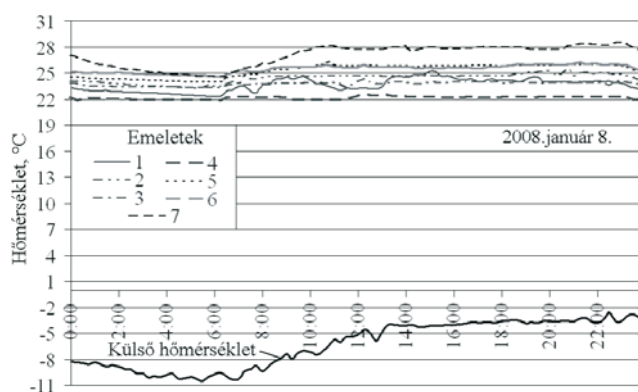
A fűtés és a HMV melegítés éves energiaigénye a felújítás után

4. táblázat

Év	2006	2007	2008	2009
Fűtés, GJ/év	329,6	257	269	270
HMV, GJ/év	302,7	314	340	292
Összesen, GJ/év	632,3	571	609	562
Együttes megtakarítás %	76	78	77	79

V. Az energiahatékonyság növelő intézkedés visszahatása (a „rebound” effektus)

A 15. ábra egy kiválasztott téli napon mutatja a külső, és emeletenként véletlenszerűen kiválasztott lakásokban a belső hőmérséklet változását. Megállapítható, hogy a lakók nem használták ki a felújított rendszer adta helyi sza-

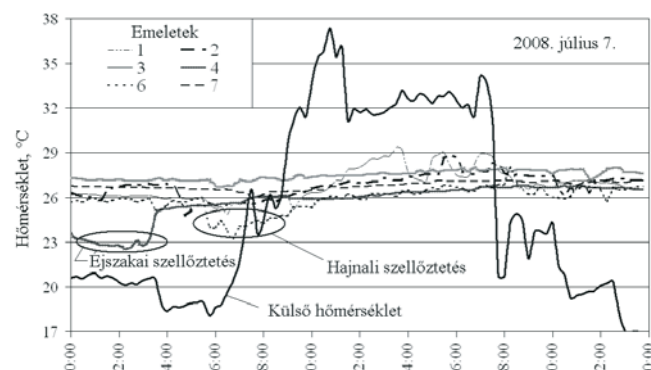


15. ábra. A hőmérséklet változása a lakásokban

bályozás lehetőségét. Hiába hangsúlyoztuk, hogy a lakóhelyiségek belső hőmérsékletére javasolt 20 °C hőmérséklethez képest 1°C eltérés ~6% energia-megtakarítást ill. többlet felhasználást jelent, a korábban megszokott hőmérsékletet tartották. El kellett fogadnunk, hogy a hőmérséklet csökkentéssel a felújított épületben elérhető megtakarítás olyan csekély, hogy a lakókat nem ösztönzi szoká-

saik megváltoztatására. Ez az energiahatékonyság növelő intézkedés visszahatásának („rebound” effektus) tipikus jelensége.

A 16. ábra egy kiválasztott nyári napon mutatja a külső, és emeletenként véletlenszerűen kiválasztott lakások-



16. ábra. A hőmérséklet változása a lakásokban

ban a belső hőmérséklet változását. A felújítás keretében nem terveztük a nyári gépi hűtés alkalmazását. Arra kértük a lakókat, hogy éjszakánként nyitott ablakokkal szellőztessék át a lakásokat, s napközben a gépi szellőzéssel csak a friss levegő igény kielégítésére törekedjenek. A téli és a nyári belső hőmérsékletet összehasonlítva nincs jelentős eltérés.

A lakók ennek ellenére magasnak tartják a belső hőmérsékletet, s a nyári hőkomfortot nem tartják elégségesnek. Az ábrából az is megállapítható, hogy a kiválasztott lakások közül csak egyben szellőztettek a javasoltak szerint éjszaka, és egyben hajnalban.

Összefoglalás

A projekt megvalósítási és üzemeltetési tapasztalatai, továbbá a panelfelújítás hazai tapasztalatai alapján összefoglalásként a következőkre hívom fel a figyelmet:

- Már az épület-felújítási pályázatok kiírásánál fontos a rendszer szemlélet, a teljességre törekvés. Nem elég csak szigetelni, fontos a nyílászárók cseréje, hozzá a hővisszanyerős gépi szellőzés megvalósítása, s természetesen a fűtési és a HMV rendszer átalakítása az új igényekhez igazítva.
- A támogatott felújításoknál gondot, vagy költségnövekedést okozhat az utófinanszírozás, ezért a költségtervezést jól át kell gondolni, az elő és utófinanszírozás arányát körültekintően kell meghatározni.
- A nyílászárók méretét célszerű a szükséges, és nap-pali fényvel elérhető megvilágítási szinthez igazítani. A kis időtartamig használt helyiségekben a nyílászárókat a hővesztesség csökkentése érdekében célszerű megszüntetni.
- Különös figyelmet kell fordítani a szigetelésre. Hőhidak keletkeznek az ablakok rossz elhelyezésével, hidegek maradnak a terőtéri lakások az elégtelen tetőszigetelésnél.

- A fűtési rendszer átalakítása nélkül a szigetelt lakásokban nagy lesz a túlfűtés. Szigetetlen felszálló vezetékeken a szabályozatlan hőleadás még átalakított fűtési rendszereknél is túlfűtést fog okozni.
- A fűtési rendszer átalakításával együtt a HMV cirkulációs rendszert is célszerű felújítani.
- Olyan távfűtött épületekben, ahol a hőt villamos-energiával kapcsoltan, kommunális, vagy ipari hulladékból termelik, nem javasolt a napenergia hasznosítása, mert az a kedvező energiatermelési módot szorítja ki.
- A napenergia hasznosító rendszer építésénél az esetleges meghibásodás korai észlelése érdekében biztosítani kell az üzemvitel rendszeres ellenőrzését.
- A szellőzést hővisszanyerős rendszerrel kell biztosítani.

Zárszóként fontosnak tartom ismét felhívni a figyelmet arra, hogy az épületeink felújításához kapcsolódó termelő és építő tevékenység fejlesztése óriási lehetőséget kínál az ipar fejlesztésére, a foglalkoztatás növelésére.

Tanuljunk a múlt, s ha lehet mások hibájából. Használjuk ki az épületek felújításával elérhető energiafelhasználás csökkentését, amely jelentős mértékben csökkentheti a környezet szennyezését, az import-energiafüggőséget.

Köszönetnyilvánítás

Nyomatásban még nem fejeztem ki köszönetemet a projekt megvalósításában jelentős szerepet betöltő Kollégáknak. Ezt most, a projekt kezdeményezőjeként és egyik magyar témavezetőjeként a teljesség igénye nélkül, a hazai résztvevők tekintetében teszem meg.

Munkájukért, (zárójelben a szakterületük feltüntetésével) köszönetet mondok dr. Zöld András (társ-témavezető), dr. Csoknyai Tamás (modellezés, épületfizikai mérések és elemzések), Novák Ágnes (építészet), Osztrólczy Miklós (szigeteléstechika), Sümeghy Árpád (szellőzéstechnika), dr. Csoknyai István, dr. Balikó Sándor és Czinege Zoltán (fűtési rendszer), Varga Pál és Kaboldy Eszter (napenergia hasznosítás), Sztrancsik Csaba és Sztrancsik Zsolt (monitoring rendszer), Gerda Zsolt (honlap), Pikóné Perjési Irén és Koós János (kivitelezés) Kollégáknak, hogy a projekt megvalósítását kiváló szakmai ismereteik felhasználásával, lelkiismeretesen, s a szakmai vitákban türelmet tanúsítva segítették.

Nem volt egyszerű a lakókkal a kapcsolattartás a tervezés és a különösen a kivitelezés során. Ezt nem kis munkával és türelemmel szervezték Kanik Istvánné és Sári László közös képviselők. Köszönet munkájukért.

Köszönet illeti a fentebb bemutatott projekt partnereket és termékeik nevével hivatkozott beszállítókat, s nem utolsósorban a támogatókat.

Felhasznált irodalom

A projekt előkészítéséről, megvalósításáról és eredményeiről több szakmai cikkben beszámoltunk. Ezek közül most

a 2005. június 8 – 10. között Visegrádon rendezett IV. nemzetközi „Klímaváltozás – Energiatudatosság – Energiahatékonyság” c. konferencián tartott, a konferencia kiadványában nyomtatásban is megjelent alábbi előadásokra hivatkozom:

1. Hermelink A.: Ultra-efficient refurbishments of panel flats – introducing the SOLANOVA project.
 2. Csoknyai T.: Thermal bridges of buildings made with industrialized technology and energy saving opportunities.
 3. OsztróLuczky M.: Épületszerkezeti részletek – A zöldtető a hőkomfort növelésének eszköze.
 4. Csoknyai I.: Fokozott hőszigetelésű épületek fűtési kérdései.
 5. Menger O. – Zsebik A.: Analysis of thermal solar system parameters through dynamic simulation.
 6. Paul E.: Ventilation with heat recovery at refurbishment.
 7. Kaboldy E. – Varga P.: A napenergia hasznosítása épületek felújítása során.
 8. Zsebik A. – Balikó S.: Használati melegvíz termelésére szolgáló napenergia hasznosító rendszerek elemzése.
 9. Zsebik A. – Czinege Z.: Fűtési rendszerek kapcsolásának hatása a beruházási és üzemviteli költségekre.
 10. Hübner H.: Life-cycle-analysis of refurbishments.
 11. Hermelink A.: Do not forget the dwellers-Surprising insights from user surveys.
 12. Hermelink A. – Csoknyai T.: Apró változások-nagy hatások: a beruházási költségek, az energiafogyasztás, túlfűtés és az ökológiai károk lényeges csökkenése.
 13. Hübner H.: Sustainable buildings – the systems perspective.
-