



Solanova projekt

Környezetbarát energiatudatos panelépület–felújítási
mintaprojekt Dunaújvárosban

Dr. Osztroluczky Miklós
Dr. Csoknyai Tamás

**Európai Unió 5. Kutatásfejlesztési és Demonstrációs Keretprogram
Contract NNE5-2001-923**

A világon egyedülálló, magyar, német és osztrák és partnerekkel együttműködve megvalósított projekt célja egy panelépület komplex energiatudatos felújítása passzív ház technikákkal. Ennek eredményeképpen az épület fűtési energiafelhasználásának több mint 80%-os csökkenése, a téli és a nyári komfort javulása, a lakások értékének emelkedése várható. A projekt legfontosabb célkitűzése, hogy tudományos előkészítettségével, műszaki megalapozottságával példával szolgáljon és adatokat szolgáltatson az ország több mint 800 000 iparosított technológiával létesített épületének felújításához.

A panelos lakásállomány energetikai korszerűsítésére a fenntartható fejlődés alapelveinek megfelelő megoldást kínál a Solanova projekt. Ez a megoldás műszakilag jobb, mint a volt NDK lakótelepeknél alkalmazott módszerek. A volt Kelet-Németország iparosított technológiával létesített épületállományának korszerűsítése során ugyanis közel sem használták ki azt az energiamegtakarítási potenciált, melyet a technikai színvonal lehetővé tett volna. Ezzel mintegy harminc évre konzerváltak egy nem kellően hatékony közbeeső szintet. Ezen felújított épületek jó része nem felelne meg a 2006-ban életbe lépő magyar épületenergetikai szabályozásnak.

Történt ez annak ellenére, hogy Németországban 1987 óta épülnek alacsony energiafelhasználású házak, vagyis a technológia már akkor elérhető volt. Az első alacsony energiafelhasználású épületekre vonatkozó előírások már a nyolcvanas években érvénybe léptek Kanadában és a skandináv országokban, majd más országok is követték őket (Németország 2002-ben).



1. ábra
A SOLANOVA épület a felújítás előtt

Egy még ambíciózusabb koncepciót dolgoztak ki 1991-ben, amikor megépült Darmstadt, Kranichstein területén az első passzív ház. A passzív házak éves fűtési energiafelhasználása $15 \text{ kWh/m}^2\text{év}$ alatt, az alacsony-energiafelhasználású épületeké pedig $50 \text{ kWh/m}^2\text{év}$ alatt van.

Ma a passzív-ház koncepció odáig fejlődött, hogy nemzeti szabványokat dolgoztak ki rájuk Németországban és néhány más európai országban. A passzív házak száma ma Németországban több ezerre tehető. Passzív megoldásokat alkalmazó felújítási projektekre is vannak már példák (pl. egy

soklakásos társasház Nürnbergben), de panelfelújítás kategóriában a Solanova-ház lesz az első.

A demonstrációs épület a panelfelújításban élenjáró Dunaújvárosban található (6. és 7. ábrák). Az épület a 70-es végén épített 9 szintes (pince+földszint+7 lakószint), 42 lakásos, egyszerű tömegformálású, lapostetős ház.

A nemzetközi konzorcium tagjai: a Kasseli Egyetem (Universität GhK Kassel), a BME Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszéke, az Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, a Dunaújvárosi Víz-Csatorna- és Hőszolgáltató Kft., Internorm Fenster AG (Ausztria), Passivhaus Institut (Németország), Fiorentini Hungary Kft., Energiaközpont Kht., Innovatec (Németország) valamint Dunaújváros önkormányzatának Sziget Alapítványa.

A projekt céljai

A projekt elsődleges célja, hogy egy demonstrációs épületen bizonyítsuk: a meglévő műszaki megoldások felhasználásával a panelépületek alacsony fenntartási költségű, kis környezetterhelésű, magas komfortszintű épületekké alakíthatók. A projekt alapvetően két fázisból áll: egy kutatási és demonstrációs, illetve egy épületfelújítási fázisból.

Diagnosztika és monitoring

Bár az iparosított technológiával létesített épületekről tervezésükkor részletes dokumentáció készült, ezek jelentős része mára már elveszett, hiányos, vagy nem felel a valóságnak. Ezen kívül a kivitelezési hanyagság miatt még a meglévő tervek is fenntartással kezelendők. Végül pedig az épületek létesítése óta több évtized telt el, ennek megfelelően változásokon estek át, illetve állapotuk romlott.

A projekt előkészítését és a felújítási minőség ellenőrzését célozza az épületdiagnosztikai kutatás, melyet egy részletes, számítógéppel segített monitoring támogat. Ennek során folyamatosan regisztráljuk az épület hőtechnikai mutatóit (helyiség-hőmérsékletek, bizonyos helyiségekben falfelületi hőmérsékletek, relatív nedvességtartalom), a környezet meteorológiai adatait (léghőmérséklet, páratartalom, szélirány, szélesség, globálisugárzás), az épület fogyasztási adatait (fűtés és használati melegvízfogyasztás külön, gáz-, víz-, elektromos áramfogyasztás). Az állandó mérések kiegészülnek felújítás előtt és után elvégzett termovíziós vizsgálatokkal, illetve légtömörégi ("fűvóajtó") mérésekkel.

A méréseken kívül a meglévő tervdokumentációk alapján számítógépes szimulációkat, veszteségszámításokat, hőhidvizsgálatokat végeztünk. Ezek segítették az optimális koncepció kidolgozását.

A vizsgálatok a hagyományos építésű épületekhez képest sokszor meglepő eredményeket hoztak, és kimutatták a fő veszteség-komponenseket. Az eredmények nagyon jól használhatók más panelos lakóépületek felújításának előkészítéséhez is.

Környezetvédelem

Az optimalizálás során a változatokat nem csak energetikailag, hanem környezetvédelmi szempontból is megvizsgáltuk. Mindig a teljes életciklusra végeztük a vizsgálatokat egy életciklus-analízis modell segítségével.

Az ökológiai optimalizálás két fő tanulságot hozott:

- Az épületek teljes életciklusát tekintve a fő környezetterhelést az üzemeltetés teszi ki, az építési, gyártási és bontási terhelések jelentősége mérsékelt. Ezért ha választani kell, hosszú távon célszerűbb olyan intézkedéseket tenni, melyek csökkentik az üzemeltetési energiafelhasználást.
- Teljes életciklusra nézve a legjobb megoldás a panelépületek felújítása alacsony energiafelhasználási szintre. Ezt követi az a változat, mely a meglévő panelházak bontását és új, alacsony energiafelhasználású ház építését jelenti. A legnagyobb környezetterhelést a harmadik változat okozza, mely a panelépületek szabvány szerinti felújítását célozza meg. Természetesen mindhárom változat lényegesen jobb, mint az épületet meghagyni eredeti állapotában.

Szociológiai vizsgálatok

A demonstrációs cél eléréséhez elengedhetetlen, hogy a lakók elégedettek legyenek a felújítással és ez az elégedettség mérhető legyen. Ezért kérdőíves vizsgálatokkal felmértük a lakói panaszokat és igényeket felújítás előtt, és később felmérjük azt is, hogy mennyiben változik a véleményük.

Elvárások a felújított épülettel szemben

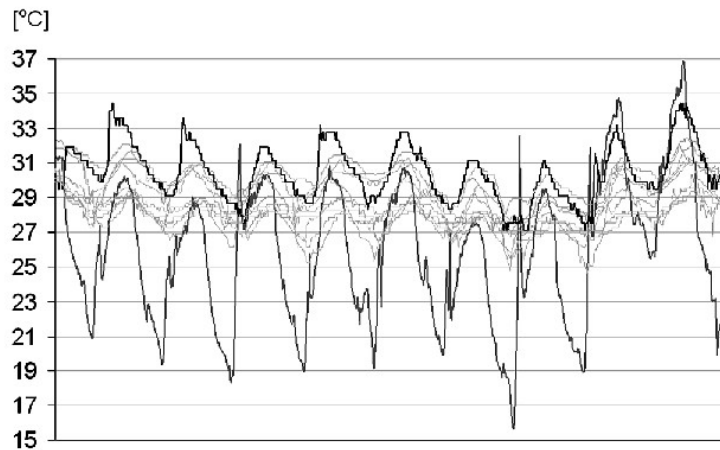
Fűtési energiafelhasználás

Az eredeti épület mért fűtési energiafelhasználása a hőfokhidas korrekció után $220 \text{ kWh/m}^2, \text{év}$ volt. A szerződésben vállalt célkitűzés az, hogy ezt $45 \text{ kWh/m}^2, \text{év}$ alá csökkentsük, de ha az eredmények kimutatják, hogy a tervezett műszaki megoldások csorbítatlanul megvalósultak, akkor $20\text{-}30 \text{ kWh/m}^2, \text{év}$ energiafelhasználás várható, vagyis a megtakarítás $80\text{-}90\%$ -ra prognosztizálható.

Nyári hőkomfort

A kutatás részét képező kérdőíves vizsgálatok – melynek során valamennyi lakót megkérdeztünk – eredményeként az derült ki, hogy a magas fenntartási költségek után a nyári rossz hőkomfortot kifogásolták legjobban.

Ezt a mérések is igazolták, melyet a 8. ábra szemléltet. Az itt bemutatott egyhetes meleg nyári időszakban a helyiséghőmérséklet gyakran túllépte a külső levegő hőmérsékletét. A legmagasabb hőmérséklet $34\text{-}35 \text{ }^\circ\text{C}$, a $30\text{-}33 \text{ }^\circ\text{C}$ pedig kifejezetten gyakori érték. A hőmérsékletek éjszaka is csak ritkán süllyedtek $27 \text{ }^\circ\text{C}$ alá. A legrosszabb hőkomfort a legfelső szintű déli fekvésű lakásokban volt mérhető. Ennek oka az alulhőszigetelt lapostető túlmelegedése, valamint az, hogy valamennyi ablak délre néz, ezért keresztuzatra nincs lehetőség.



2. ábra

A Solanova épület 11 különböző fekvésű helyiségében mért léghőmérsékletek egy meleg nyári hét során. A nagy amplitúdójú vastag szürke görbe a külső hőmérsékletet, a fekete görbe pedig a legrosszabb fekvésű helyiségben (déli oldal, leghaltsó szint) mért értékeket mutatja.

Ezen információk szükségessé tették, hogy a nyári hőkomfort javítását az elsődleges tervezési célok közé emeljük, mégpedig passzív építészeti eszközökkel, a mesterséges hűtés elkerülésével. A mesterséges hűtés ugyanis - magas villamos energiafelhasználása miatt - nem egyeztethető össze a projekt környezetvédelmi elveivel.

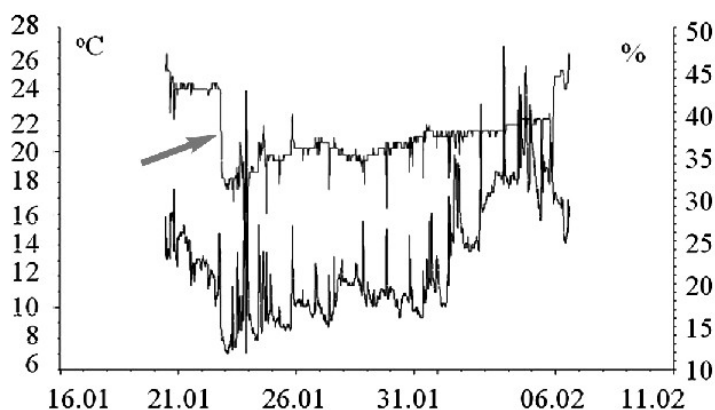
Téli komfort

Az épület eredeti fűtési rendszere egycsöves átfolyós, fordított U-csöves rendszerű. Ez a rendszer gyakorlatilag semmi szabályozási lehetőséget nem biztosít a lakók számára. Ezen kívül a felszállók is beszabályozatlanok voltak. Ennek megfelelően a télen mért hőmérsékletek nagy eltéréseket mutattak a különböző helyiségekben.

A végfalak menti, 2-3 lehűlő felülettel rendelkező helyiségekben a léghőmérséklet 5-6 °C-kal alacsonyabbnak bizonyult, mint a kedvezőbb fekvésű lakásokban. (2. ábra). Míg az épület egyik részében pulóvert viseltek a lakók, más részében rövidnadrágot, vagy egész nap nyitva tartották az ablakokat. A 3. ábra felső görbéjén nyíl jelzi azt a pillanatot, amikor átvittük a mérőműszert az egyik lakásból a másikba. Jól látható a hőfokesés.

Az alsó görbe a relatív nedvességtartalom alakulását mutatja, rávilágítva a téli komfort egy másik problémájára. A légtömörség ezen épületekben rendkívül alacsony, ezért a levegő nagyon száraz: nem ritka a 20 % alatti relatív nedvességtartalom. Bár az alacsony nedvességtartalom a lakók számára kellemetlen, megakadályozza azt, hogy a rossz minőségű, hűvös belső felületű csomópontok bepenészedjenek.

A felújítás eredményeképpen magas légtömörégi szint várható, de a külső hőszigetelés minimalizálja a hőhídhatást, megemelve ezáltal a felületi hőmérsékletet, ezért a magasabb nedvességtartalom várhatóan nem okoz problémát.



3. ábra

Felső görbe: léghőmérsékletek két különböző fekvésű helyiségben. Az érzékelőt a nyíl által jelölt pontban helyeztük át egyik helyiségből a másikba. Alsó görbe: relatív nedvességtartalom ugyanazon helyiségekben.

Használati melegvíz energiafelhasználásának csökkentése és megújuló energiaforrások hasznosítása

Ha a fűtési energiafelhasználás 80-85 %-kal csökken, a HMV szerepe meghatározóvá válik, mintegy kétszerese lesz a fűtési energiafelhasználásnak. A HMV-termelésben azonban további energiamegtakarítási lehetőség rejlik: víztakarékos szerelvényekkel csökkenthető a felhasznált vízmennyiség, illetve megújuló energiaforrások bevonásával jelentősen csökkenthető a fosszilis energiaráfordítás.

Az épület adottságai, fekvése leginkább a napenergia felhasználását teszi lehetővé: az egyik fő homlokzat délre néz és nincs semmilyen árnyékoló létesítmény a közelben. A szemközti egyszintes óvoda meglehetősen sokáig garantálja, hogy ez az adottság meg is maradjon.

A felújítás kivitelezése

Homlokzati falak és nyílászárók a lakószinteken

Az ismertett energiamegtakarítás elérése érdekében az épület minden lehűlő felületét szigetelni kellett és az ablakokat hőszigetelő üvegezésű ablakokra kellett cserélni. A panelos épületek szendvicsszerkezetéből adódó következmény a hőhidas szerkezeti csomópontok magas vesztesége: a homlokzati panelek hőveszteségének nagyobb része a hőszigetetlen panelszélek sávjára és a panelcsatlakozások vonalára esik és csak kisebb része a magszigetelt mezőkre. Ez azt is jelenti, hogy a külső oldali hőszigetelés nagyobb hatást gyakorol a csomóponti veszteségekre, mint a rétegtrendi U-értékre. Mivel az eredeti falpanelek a széleiken hőszigetetlenek, a veszteségért főleg a hőhidak és az átkötő vasalatok okolhatók, elegendő 16 cm hőszigetelést alkalmazni, ami vékonyabb, mint ami az alacsony energiafelhasználású épületeknél általában szükséges. Ez az érték soknak tűnik ugyan, de a homlokzat-rekonstrukciós munkák költségének csak töredékét teszi ki a vastagabb szigetelőanyag többletköltsége.

A homlokzati falak hőszigetelése a lakószinteken ragasztással és mechanikai rögzítéssel felerősített expandált polisztirolhab lapokkal történt a panelhézagok PUR-hab kitöltését követően (4. ábra).

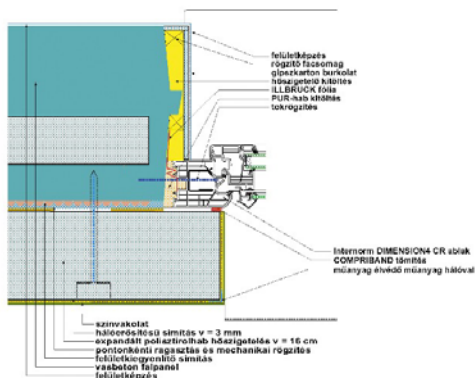


4. ábra
Homlokzat hőszigetelése

Renkívüli 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 hálóerősítésű alapvakolat és színvakolat került a felületre az egyik legjobb falszigetelő rendszer anyagaiból és kiegészítő szerkezeteiből, a rendszergazda irányításával. A felújított falszerkezet névleges hőátbocsátási tényezője $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{k}$.

Ami a lakószinti ablakokat illeti, a téli hőmérlegre vonatkozó számítások azt igazolták, hogy a déli oldalon a háromrétegű üveg csak 1 %-kal jobb, mint a kétrétegű, mert nem csak a transzmissziós veszteségeket csökkenti, hanem a szoláris nyereségeket is. Az északi oldalon a háromrétegű üveg egyértelműen jobbnak bizonyult.

Ennek ellenére a költségek mérséklése miatt az északi oldalra kettős üvegezésű ablakokat kellett tervezni (a teljes ablakra vonatkozó átlagos hőátbocsátási tényező: $U_w = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$). A déli oldalon a nyári hővédelem tekintetében egy hármas üvegezésű ablak (5. ábra) bizonyult optimálisnak, melynél a mozgatható lamellás árnyékoló a külső üvegréteg mögött van (a teljes ablakra vonatkozó hőátbocsátási tényező: $U_w = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$).

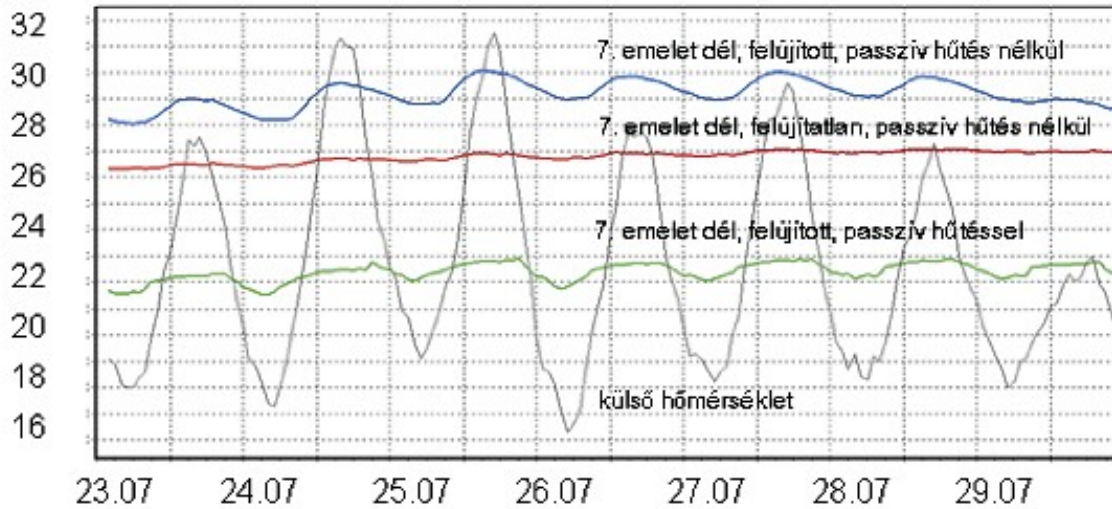


5. ábra
Részletrajz az ablakok beépítésével

Dinamikus szimulációs modellekkel igazoltuk, hogy a hatékony árnyékoló rendszerek és az éjszakai természetes szellőztetés együttes alkalmazása elegendő a belső hőmérséklet 24 °C alatt tartásához, ami szükségtelenné teszi légkondicionáló berendezés alkalmazását.

Megvizsgáltunk különböző árnyékoló rendszereket: a belső árnyékolás hatásfoka nem elegendő, illetve létezik jó hatásfokú rendszer, de annak ára rendkívül magas. A külső szigetelés hatásfoka már megfelelő, de a hőhídmentes kialakítás nehézségei és az épület környezetére jellemző erős széljárás miatt ezt is elvetettük.

Az optimálisnak ítélt beépítésre kerülő integrált árnyékoló hatásfoka megközelíti a külső árnyékolókét és kiküszöböli annak hátrányait (6. ábra).



6. ábra

*Belső levegő hőmérséklete egy meleg nyári hét alatt,
a passzív hűtés hatásvizsgálata
(hatékony árnyékolás nappal, átszellőztetés éjszaka)*

Az ablakok külső síkja az eredeti panel külső síkjával esik egybe, így a szigetelés ráta az ablaktokra, ami a hőhidmentes kialakítás előfeltétele.

A déli homlokzat felújítás előtti és utáni állapotát a 7. és 8. ábrákon mutatjuk be.



7. ábra

A déli homlokzat képe felújítás előtt



8. ábra

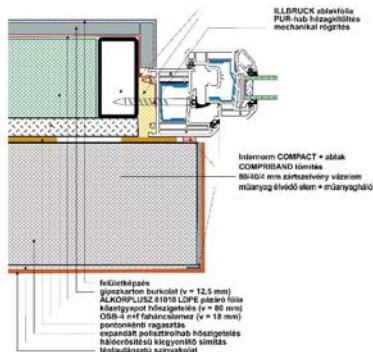
A déli homlokzat képe felújítás után

Homlokzati falak és nyílászárók a földszinten

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 foliát és gipszkarton burkolatot, külső oldalára pedig műfa lemezburkolatot szereltek a 12 cm vastag különleges minőségű expandált polisztirolhab lemez hőszigetelés fogadására (9., 10. és 11. ábrák). Ugyancsak ilyen

hőszigetelő lapokkal burkolták körül a földszinti vasbeton pillérek homlokzatsíkból kinyúló részeit és a véghomlokzatok földszinti szakaszait is. A hőszigetelés fölé mindenhol hálórősítésű alapvakolat és kerámialapka burkolat kerül. A hőszigetelt külső fal névleges hőátbocsátási tényezője $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{k}$.

A nyílászárók itt is a lakószinteken beépített márkájú termékekből készültek: a kirakatablakok és ajtók PVC, a kapuk alumínium szerkezetekből.



9. ábra

Földszinti szerelt fal részlete



10. ábra

Földszinti szerelt fal hőszigetelés előtt



11. ábra

Földszinti falak és vasbeton pillérek hőszigetelése

Lapostető felújítása

Mivel a lakásokban nincsenek erkélyek, a tetőn került kialakításra egy rekreációs zóna extenzív zöldtető és terasztető formájában. Ez az építészeti koncepció és a használati lehetőségen túl egyéb pozitív hatásokkal is jár: javítja a legfelső szint lakásainak hőkomfortját és a páraforgalmat.

A 454 m^2 alapterületű lapostető az építés idejére (1978) jellemző kialakítású, meglehetősen avult állapotú (12. és 13. ábrák) és mai szemmel alulhőszigetelt ($U = 1,05 \text{ W/m}^2\text{K}$), és elfogadhatatlan rétegfelépítésű volt a következők szerint:

- Bitumenes lemez szigetelés (felújítás során beépítve)
- Bitumenes lemez szigetelés (eredeti)
- Kavicsbeton aljzat (80 mm)
- Perlitadalékos beton hőszigetelő-lejtést adó réteg (100-250 mm, nedves)
- Előregyártott vasbeton födémpanel (135 mm)
- Felületképző réteg



12. ábra

A tető állapota a felújítás előtt



13. ábra

A tető állapota a felújítás előtt (részlet)



14. ábra
*Bontás a közös képviselő
közreműködésével*

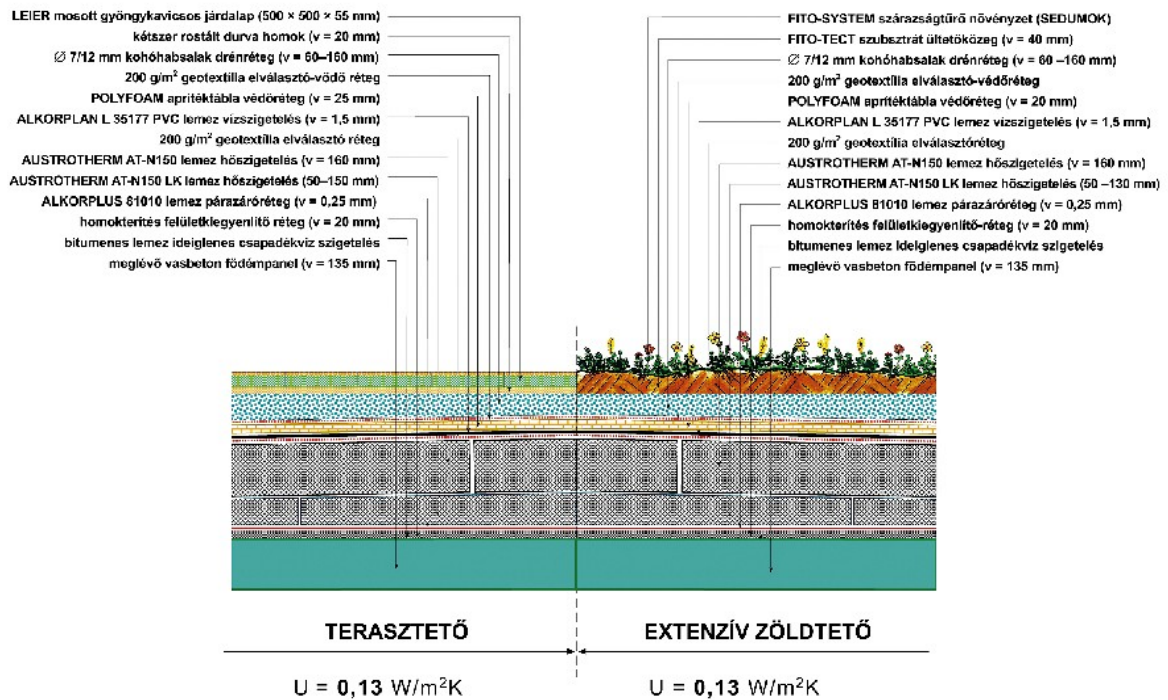
A tervezés során több felújítási alternatíva is szóba került, többek között beépített terű magastető létesítése is. Ezt, és a későbbiekben tervezett fordított rétegrendű, illetve DUO szerkezeteket pénzügyi okokból kellett elvetni. Ugyanilyen okból egy ideig veszélybe került a hasznosított tető létesítése is, de végül is ezt a megoldást sikerült megvédeni, hivatkozva arra, hogy az adott épület hasznosított külső tér (pl. loggiák) nélkül készült és persze arra is, hogy az extenzív zöldtető energetikai, téli-nyári hőérzeti és környezetvédelmi szempontból is előnyös szerkezet. Valamennyi változat a vasbeton panelfödém feletti szerkezeti rétegek teljes elbontásából indult ki.

A bontási munka (14. ábra) nem volt problémamentes, egyrészt a kavicsbeton réteg nagy szilárdsága miatt, másrészt pedig azért, mert – ahogyan az már lenni szokott – a bontási munkák másnapján hatalmas felhőszakadás érte a környéket, és ennek következtében két lakás be is ázott. Ráadásul Dunaújvárosban nemcsak az elbontott bitumeneslemez szigetelést, hanem az azzal „szennyezett” betontörmelékét is veszélyes hulladéknak minősítették, ami felborította az eredeti árkalkulációt.

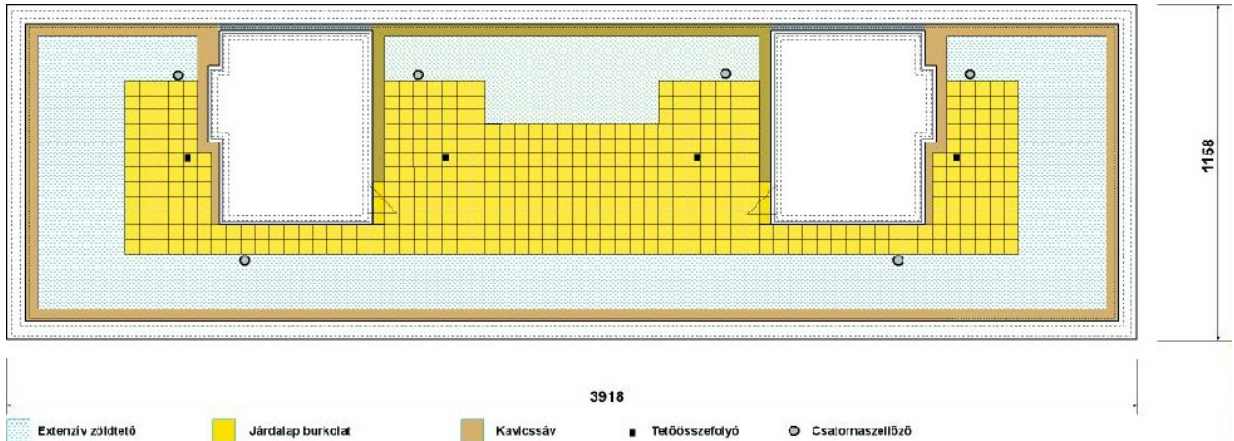
A tervezés fő szempontjai a következők voltak:

- A felújított szerkezet hőátbocsátási tényezője ne haladja meg az alacsony energiafelhasználású épületek tetőire jellemző $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ értéket,
- A felújítás során ne vigyünk nedvességet a szerkezetbe,
- Az új csapadékvíz-szigetelés legyen biztonságos, csekély lejtést igénylő és természetesen gyökérálló anyagú,
- A terasztető és zöldtető szakaszok lejtésmentes kivitelben készüljenek.

Ennek megfelelően alakultak ki a 15. ábrán látható rétegrendek és a minden tetőfelületen azonos hőátbocsátási tényezőjű ($U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$) tetőszerkezet, valamint a hasznosított tető elrendezése (16. ábra).



15. ábra
Rétegfelépítések



16. ábra
A hasznosított tető alaprajza

A felújítás során nyilvánvalóvá vált, hogy a meglévő rétegek meglehetősen időigényes elbontásával párhuzamosan ideiglenes vízszigetelés beépítése is szükséges, amire egy 3 mm vastag oxidált bitumenes lemez is alkalmasnak bizonyult. Ezt követően egy vékony, száraz homokréteg felhordásával sikerült a vasbeton födémpanelek csatlakozásainak fogasságát és a vízszintes síktól való eltérését kiegyenlíteni, hiszen a párazáró és hőszigetelő rétegekkel ezeket a hibákat már nem lehet „kozmetikázni”.

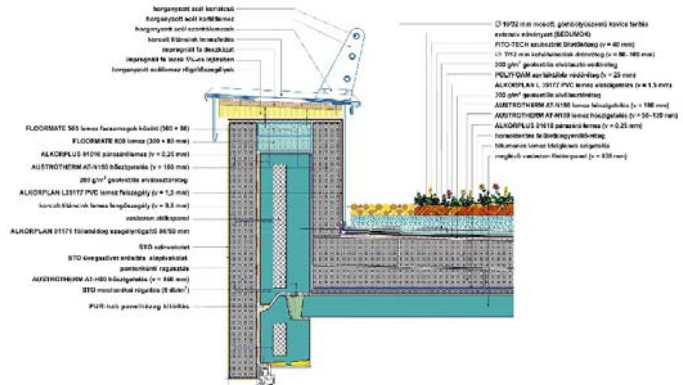
Párazáró réteggként a magas páradiffúziós ellenállású ($R_v = 660 \text{ m}^2 \text{ secMPa/g}$), 600 cm széles, öntapadós ragasztószalagokkal végteleníthető, biztonságosan és gyorsan beépíthető LDPE fóliát használtuk. Ezt követte az 5-13 cm vastag lejtést adó hőszigetelés, majd a 16

cm vastag felső hőszigetelő réteg fektetése, mindkettő polisztirolhab táblából (17. ábra). Fontos volt a hőszigetelő táblák „hézagmentes” elhelyezése, az esetenként keletkező csatlakozási hézagok kitöltése.



17. ábra

Hőszigetelő táblák fektetése



18. ábra

Homlokzati fal és lapostető csatlakozása (részletrajz)

Az új csapadékvíz-szigetelés 1,5 mm vastag, gyökérálló kalanderezett PVC-P lemezekből készült, az attikafalak és falszegélyek mentén fóliabádog szegélyrögzítő profilokhoz hegesztve.

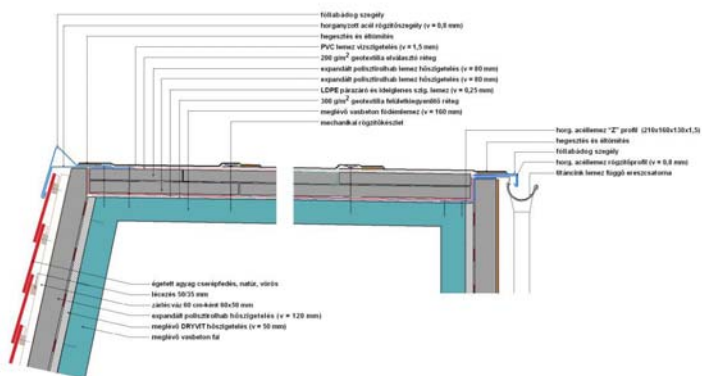
A jelentős hőhidat képező attikafalak hőszigetelése 16 cm vastag expandált és extrudált polisztirolhab lemezekkel történt, megszakítatlanul csatlakoztatva a külső fal azonos vastagságú hőszigetelő rétegéhez (18. ábra).

Az attikafalak lefedése és szegélyezése korcolt titáncink lemezből készült, korlátként a fémlemez tetőfedéseknél használatos, az állókorcokra szorított hófogók megoldását adaptáltuk (19. ábra).



19. ábra

Attikafal szegélyezése és lefedése



20. ábra

Liftgépházak szigetelése (részletrajz)

Az lejtésben kialakított tetőszerkezetű liftgépházak eredeti tetőszigetelésének elbontása után LDPE fólia párazáró réteget, 2x8 cm vastagságú expandált polisztirolhab lemez hőszigetelést, ezek felett pedig mechanikai rögzítésű PVC-P lemezszigetelést építettek be (20. és 21. ábrák). A tetők eresz- és párkányszegélyezése fóliabádog lemezből készült.



21. ábra

Liftgépházak mechanikai rögzítésű csapadékvíz-szigetelése



22. ábra

A csapadékvíz-szigetelés elárasztása



23. ábra

Palántázás

A szigetelő és bádogos munkák elkészülte után következett a vízpróba: a három napos árasztás (22. ábra) egy helyen hibát jelzett, aminek javítása után ezt a tetőszakaszt – most már színezett vízzel – újból elárasztottuk.

A csapadékvíz-szigetelés felett a szokványostól eltérő, de máshol már bevált rétegrendje épült fel: a csapadékvíz-szigetelést is védő aprítéktáblák felett geotextília terítés, majd finom szemszerkezetű, változó vastagságú kazánsalak drénréteg képezi a durva homokba ágyazott lapburkolat és az ültetőközeg aljzatát. A négyféle, gondozást nem igénylő növény palántázással került az ültetőközegbe (23. ábra).

Az átlagosan 26 cm vastagságú hőszigetelő réteggel kivitelezett hasznosított lapostető alighanem ritkaságszámba megy a hazai építésben és jó példa arra, hogy a hőszigetelő réteg vastagságának növelése csupán töredéke (ez esetben mintegy 8%-a) a tetőfelújítás összköltségének.

A lényeg azonban az, hogy a legfelső épületszinten, ahol a lakásokat határoló külső szerkezetek (mint lehűlő felületek) nagysága jelentős (az épületvégeken kialakított lakások esetében $0,87 \text{ m}^2/\text{fűtött légm}^3$), ezzel a tetőszigeteléssel minden bizonnyal sikerül a korábban a lakók által leginkább kifogásolt, néha alig elviselhetően rossz nyári hőkomfort jelentős mértékű javulása, nem is beszélve a fűtési energiaigény csökkenéséről. Hogy ez mennyire sikerült, az majd az ideai fűtési idény végére derül ki, de bizonyos jelek már most, november elején is eredményes felújításra utalnak.

A felújított tető részleteit szemléltetik a 24., 25., 26. és 27. ábrák.



24. ábra



25. ábra



26. ábra



27. ábra

Pincefödém hőszigetelése

A monolit vasbeton pincefödém eredeti hőszigetelését bennmaradó zsaluzatként elhelyezett gázbeton hőszigetelő lepek képezik. A felújítás során alsó oldali utólagos hőszigetelésként 10 cm vastag expandált polisztirolhab és hálórősítésű alapvakolat került beépítésre. A felújított pincefödém átlagos hőátbocsátási tényezője $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{k}$.

Szellőzési rendszer, légtömörség

Ha az épület hűlő felületeit jól leszigeteljük, további jelentős megtakarítás a szellőzési veszteségek csökkentésével érhető el. A Solanova épületben ezért kiegyenlített hővisszanyerős szellőző rendszer épül ki, melynek laboratóriumi hatásfoka 90 % feletti. Ez a magas érték egy világszabadalomnak köszönhető: a hőcserélő lemezek ultravékony műanyagból készülnek. Természetesen a laboratóriumi érték csak nagyon magas légtömörégi szint esetén érhető el. Ezért ír elő a német passzív ház szabvány $0,6 \text{ h}^{-1}$ értéket passzív épületekre. Ezzel szemben a Solanova ház lakásainak eredeti légtömörége rendkívül rossz, a fűvóajtó mérések $n_{50} = 7,1..12,0 \text{ h}^{-1}$ -t adtak az épület négy lakásában.

A magas légtömörség légzáró fóliák beépítésével érhető el, várhatóan ez a kivitelezés legkritikusabb pontja.

Az említett hővisszanyerős szellőzési rendszer lakásonkénti egységekből áll. Ezek a konyhák mennyezete alatt elhelyezett egységek, a légszűrők a legtöbb lakás esetében csak az előszobában és a vizesblokkokban jelennek meg. Mivel mindenki másképp rendezte be lakását, a légszűrők vezetését lakásonként külön-külön kellett megtervezni.

A levegő be- és kivezetése a csökkentett méretű konyhaablakok melletti homlokzatsávban történik (28. ábra). A lakók 100 és $180 \text{ m}^3/\text{h}$ között szabályozhatják a szállított frisslevegő mennyiségét. A légtechnikai rendszer tervezésének fő problémái a zajvédelem, a fagyvédelem, a beszívási és a kivezetési pont közötti rövidzár elkerülése, valamint a szükséges légmennyiség meghatározása voltak. Az ilyen típusú rendszer, bár Németországban már kiérleltnek számít, Magyarországon még gyakorlatilag ismeretlen, ezért ez volt a tervezés legtöbb vitára okot adó pontja.



28. ábra

A hővisszanyerő egység eltakarás előtt az előszobában



29. ábra

Lakásonkénti szellőzőcsövek a déli homlokzaton

A fűtési rendszer

A szellőző rendszer nem tartalmaz légfűtés elemet, ezért kiegészítésre szorul. Hosszas elemzés után a régi fűtési rendszer teljes elbontására és egy új, kis teljesítményű függőleges kétcsöves rendszerre esett a választás. A tervezés sarkalatos pontja volt a szabályozhatatlan csővezetéki veszteségek minimalizálása, ezért az előremenő és a visszatérő vezetékek külön helyiségekben futnak. Természetesen az új radiátorok termosztatikus szelepekkel ellátottak, biztosítva a helyi szabályozás lehetőségét.

Bár a fűtési költségosztás műszakilag nem indokolt, mert a belső hőáramok magas szerepe miatt igazságtalan eredményeket mutat, a lakókra pszichológiai hatást gyakorol és takarékosagra ösztönzi őket. Egy német passzív házban a költségosztókat kísérletképpen leszerelték, ami miatt 30 %-kal megnőtt a ház fogyasztása.

A fűtési rendszer fő tervezési kérdésének alacsony energiafelhasználású épületeknél a túlfűtés elkerülése bizonyult.

Napkollektorok és víztakarékos szerelvények

Külön takarékosági intézkedések nélkül a HMV energiafelhasználás mintegy kétszerese lenne a fűtési energiafelhasználásnak. Ezért víztakarékos zuhanyfejeket és csapkifolyó elemeket szereltünk fel valamennyi lakásban. A HMV-hez szükséges hőenergia mintegy felét 72 m² síkkollektor szolgáltatja. Mivel a kollektormező a földszinti előtetőre van szerelve, kettős funkciót lát el: az energiatermelés mellett biztosítja a földszinti üzletek nyári árnyékolását.



30. ábra
A napkollektoros előtető

ÖSSZEFOGLALÁS

A panelépületek két fő problémája a magas üzemeltetési költség és a rossz nyári komfort. Ezért az alacsony energiafelhasználású épület tervezése során különös figyelmet kellett fordítani a nyári hővédelemre és a téli túlfűtés elkerülésére.

Egy épület teljes életciklusra nézve akkor nyújt optimálisan alacsony környezetterhelést és energiafelhasználást, ha a hangsúlyt az üzemeltetési energiafelhasználás csökkentésére helyezik. A Solanova épület végleges koncepcióját ezen alapelvek szem előtt tartásával alakítottuk ki.

A projekt kutatási részét az EU. 5. Kutatási és Demonstrációs Keretprogramja támogatta. A konkrét beruházás támogatásában az Unión kívül részt vállalt a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Dunaújváros Önkormányzata, a Dunaújvárosi Víz-Csatorna- és Hőszolgáltató Kft., valamint a lakóközösség is. A magas színvonalú műszaki megoldások alkalmazhatóságának előfeltétele volt, hogy a gyártó cégek jóval a listaár alatt biztosították termékeiket.

A 2005. október 25.-i műszaki átadással befejezett épületfelújítás hatékonyságának konkrét, számszerű eredményeit a további, másfél évig tartó monitoring regisztrálja, de nyilván már az első fűtési idény után, 2006 tavaszán képet kaphatunk az eredményekről.