

A MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOKAT ALKALMAZÓ KÖZEL NULLA ENERGIAFOGYASZTÁSÚ ÉPÜLETEK KÖVETELMÉNYRENDSZERE

KÉSZÜLT A BELÜGYMINISZTERIUM MEGBÍZÁSÁBÓL

A DEBRECENI EGYETEM
MŰSZAKI KAR

ÉPÜLETGÉPÉSZETI ÉS LÉTESÍTMÉNYMÉRNÖKI TANSZÉKÉN

A tanulmány szerzői:

Csoknyai Tamás PhD
Kalmár Ferenc PhD
Szalay Zsuzsa PhD (BME)
Talamon Attila
Zöld András DSc

Debrecen, 2012. május 20.

1. BEVEZETÉS

A jelen tanulmány tárgya az EU 2010 -ben kiadott Épületenergetikai Irányelvében megfogalmazott „közel nulla” követelmény. Az Irányelvre a továbbiakban a rövidség kedvéért a szakzsargonban elterjedt „recast” kifejezéssel utalunk.

A cél a *műszakilag lehetséges és racionális* követelmény számszerű meghatározása a legfontosabb épületkategóriákra (utóbbiakat a „recast” felsorolja).

Hangsúlyozandó, hogy *követelményértékről* van szó, nem pedig a műszakilag lehetséges csúcsmínőség meghatározásáról. 2020 után is lesznek olyan épületek, amelyek éppen megfelelnek az akkori követelménynek és lesznek olyanok, amelyek annál jobbak – azaz a „közel nulla” szint felett még legalább két kategóriát kell fenntartani azoknak az épületeknek az energetikai minősítésére, amelyek az akkori követelménynél jobbak.

A leendő szabályozás hitelességének biztosítása végett olyan követelményeket kell megfogalmazni, amelyek a 2020-ban reális hőszigetelési és épületgépészeti elemi szintű előírásoknak megfelelő és egynél nem több megújuló forrást hasznosító épületek 95 %-a esetében szinte „automatikusan” teljesülnek. A maradék 5% esetében az elemi szintű követelményeknél jobb elemek alkalmazása és/vagy egynél több megújuló forrás hasznosítása és/vagy – szerencsés esetben – kis primer energiatartalmú hálózati energia vételezésének lehetősége vezethet a követelmény teljesítéséhez (bár az ilyen esetek kedvezőtlen adottságok esetén is helyes építészeti koncepcióval többnyire elkerülhetők).

A „racionális” jelző azért hangsúlyozandó, mert műszakilag semmi akadálya nem lenne „teljesen nulla”, autonóm vagy éppen „energia pozitív” épületek létesítésének, ezek életciklusra vetített energiamérlege és költségei azonban várhatóan kedvezőtlenebbek lennének, mint egy racionális megoldásé.

Uniós irányelvnek megfelelően, meghatározott módszert alkalmazva jelen tanulmánnyal párhuzamosan készül egy költség-optimalási tanulmány. A műszaki lehetőségek mellett annak eredményei is mérlegelendők a követelményértékek megfogalmazásakor. Megjegyzendő, hogy jogszabályba foglalás előtt a tagországok javasolt követelményértékei még uniós szintű egyeztetés tárgyát képezik.

A fajlagos primer energiafogyasztásban kifejezett „közel nulla” követelmény megfogalmazásának feltétele az elemek szintjén megfogalmazott követelmények léte (hőátbocsátási tényezők, kazánhatásfok, stb.). Számításaink során az MMK által 2011-ben javasolt, valamint a passzív ház építés gyakorlatában kialakult értékeket vettünk figyelembe.

Ajánlást teszünk egyes tervezési input adatok jövőbeni módosítására (használati melegvíz nettó energia igénye, világítás energiaigénye).

A tanulmányban kizárólag csak műszaki kérdésekkel foglalkozunk. Egyes tagországok terveiben a „közel nulla” követelmény teljesítésének olyan módszerei is szerepelnek (sőt már megvalósuló példák is ismertek), hogy az építető anyagilag hozzájárul ahhoz, hogy a saját épületétől teljesen függetlenül valahol egy megújuló energiát hasznosító rendszer létesüljön (például egy szélturbina) – az ott termelt „zöld” energiát a hozzájárulás arányában az épület mérlegében elszámolják („white certificate”). Ilyen típusú „megoldásokkal” nem foglalkozunk és illet az ellenőrzés, elszámolás nehézségei miatt nem is javasolunk.

2. AZ EPBD RECAST ÉRTELMEZÉSE

2.1. Az EPBD recastban megfogalmazott követelmény

Az eredeti meghatározás szerint a közel nulla energiaigényű épület

- *has a very high energy performance,*
- *the amount of energy required should be nearly zero or very low,*
- *the energy required should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources (including energy from renewable sources produced on-site or nearby)."*

A téves értelmezések elkerülése végett célszerű az eredeti szövegből kiindulni. A definíció (saját) fordítása értelmező megjegyzésekkel a következő

A közel nulla energiaigényű épület

- energetikai teljesítménye magas – a honi terminológia szerint ez azt jelenti, hogy az épület veszteségei kicsik, az épület a nyereségáramokat jól hasznosítja, az épület a túlzott nyári felmelegedés ellen jól védett; ide érthető még az, hogy az épületgépészeti rendszerek jó hatásfokúak, segédenergia igényük csekély;
- az energiaigény közel nulla vagy nagyon alacsony – ez részben következik az előző pontból, de az előző pont helyett e pont alatt (is) lehet gondolni az épületgépészeti rendszerekre, ugyanakkor a mondat értelme vitatható, mert bár a fűtés, hűtés energiaigénye az észszerűség határáig (sőt azon túl is) csökkenthető, a melegvízellátás nettó energiaigénye nem korlátozható: valamennyi térfogatú és valamilyen hőmérsékletű melegvízre szükség van;
- az energiaigényt (amely az előzőek szerint alacsony, de a melegvízellátás miatt egyáltalán nem lehet közel nulla) nagyon jelentős mértékben megújuló energiaforrásokból kell fedezni (beleértve a megújuló forrásokból helyben vagy közelben kinyert energiát) – azaz bármilyen megújuló energiát, hiszen amibe beleértendő a „helyben” vagy „közelben”, az legalább olyan tág köre a megújuló forrásoknak, mint a közelben.



1. A megújuló források szintjeinek értelmezéséhez

2.2. Az energiamérleg mely összetevőiről van szó?

Az idézett definícióból egyértelmű, hogy kizárólag az épület üzemeltetéséhez, használatához szükséges energiafogyasztásról van szó.

Mi tartozik ebbe a körbe?

Az az energiafogyasztás, amely a rendeltetésszerű használatnak megfelelő belső hőmérséklet és levegőminőség fenntartásához szükséges: fűtés, hűtés, szellőzés, klimatizálás.

Az az energiafogyasztás, amely a rendeltetésszerű használatnak megfelelő melegvízellátáshoz szükséges.

A fentieknek megfelelő épületgépészeti rendszerek általában az épületbe beépített, azok tartozékainak, szerves részének tekinthető készülékek és hálózatok. Ezt a megjegyzést a következő értelmezés indokolja:

A rendeltetésszerű használathoz tartozik a világítás is. A Concerted Action EPBD keretében 2005-ben megállapodás született arról, hogy a lakóépületek energiamérlegében a világítást nem vesszük figyelembe, azzal csak a „nem lakó” rendeltetésű épületek esetében számolunk, miután utóbbiakra jellemző, hogy nagyteljesítményű *beépített* (azaz az épület tartozékának tekinthető) világítási rendszerekkel van dolgunk.

Bár ez az indoklás nem teljesen meggyőző, javasoljuk, hogy a hazai szabályozásban ezt a felfogást érvényesítsük a továbbiakban is azért, mert a tagországok többsége így jár el és ha helyesnek is tartanók, hogy lakóépületek esetében a nemzeti szabályozásunk terjedjen ki a világítás energiaigényére, ebből eredően enyhébb követelményértékeket kellene előírni (hogy a világítás is „belefejtjen”), ami más nemzeti szabályozásokkal történő felületes összevetés esetén kedvezőtlen képet mutatna.

Hasonló a helyzet a háztartási eszközök, irodai berendezések energiafogyasztásával is. Nem vitás, hogy a főzés, a hűtő és fagyasztó készülékek, a mosás, mosogatás energiaigénye jelentős tétel (utóbbiak esetében a melegvíz előállítása is a készülékekben történhet). Bár egyes szakértők szerint helyes lenne a szabályozást e tételekre is kiterjeszteni (és ilyen a „passzívház” minősítés is), a tagországok többsége ezt nem támogatja.

Még furcsább a helyzet az épület egészének rendeltetésszerű használatához szükséges és az épületbe ténylegesen beépített fogyasztókkal: a felvonókkal, mozgólépcsőkkel – a folyamatban lévő Ecofys felmérés szerint azonban a tagországok többsége ezek energiaigényének figyelembevételét sem támogatja.

A fenti tények és indokok alapján javasoljuk, hogy a nemzeti szabályozás a következő tételekre terjedjen ki: fűtés, szellőzés, hűtés, klimatizálás, melegvízellátás és „nem lakó” funkcióesetén világítás.

Milyen elvi (és gyakorlati) problémát vet fel a definíció?

A definíció szerint csak az üzemeltetési energiafogyasztást kell vizsgálni. Ennek mérséklése azonban olyan épületgépészeti és épületszerkezeti megoldásokat tesz szükségessé, amelyeknek előállításához többlet energiát kell felhasználni. A beépített energia mellett említendő a karbantartás, a csere, a bontás és ártalmatlanítás energiaigénye. A valóban nulla energiás épületek esetében életciklus elemzés alapján ezeket is figyelembe kellene venni, a „recast” azonban ezekre nem terjed ki és az uniós szintű szabályozáson túlmutató, lényegesen összetettebb nemzeti szabályozást *nem célszerű javasolni*.

Valamelyest enyhít a helyzeten, hogy ugyancsak a „recast”-nak megfelelően a követelményértékek megállapítása során – előírt módszer szerint elvégzett – költségoptimalás eredményeit is figyelembe kell venni. Amennyiben az üzemeltetési energiaigényt közvetlenül befolyásoló épületszerkezeti elemek és épületgépészeti berendezések ára arányos ezek beépített energiatartalmával, úgy jó esetben ilyen közvetett módon az életciklusra vetített energiaigény szerepe is valamelyest érvényesül.

A beépített energia szerepét és a költségeket szem előtt tartva mértéktartóan kell válogatnunk azok közül az épületszerkezeti és épületgépészeti megoldások közül, amelyeknek figyelembe vételével a nulla – közel nulla üzemeltetési energiafogyasztású épületek műszakilag lehetséges változatait, a „közel nulla” mértékét vizsgáljuk. (Műszakilag semmi akadálya nincs autonóm házat építeni – létesült is ilyen -, de az életciklusra vetített energiamérleg és a költségek szempontjából ez még nem a közeljövő útja.)

Az életciklusra vetített energiamérleg és a költségek szempontjából elkerülhetetlenül fel fog merülni a „konzervatív öko-épületek” problémája, ami alatt a hagyományos

anyagokkal létesített épületek értendő (vályog, szalma, fa, nád). Az ilyenek csak ritka esetben felelnek meg az üzemeltetési energiafogyasztásra vonatkozó, vagy egyes elemszintű követelményeknek, ugyanakkor több esetben bizonyítható (lenne), hogy életciklusra vetített energiamérlegük nem rosszabb, sőt akár jobb is, mint egy korszerű eszközökkel épített épületé. A probléma formális „megoldása”: nevezetesen a tiltás egyszerűnek tűnhet, de gátja lenne hasznos megoldások alkalmazásának és esetleges innovációs folyamatoknak. A probléma valós megoldása az, ha néhány korszerű referenciaépületre elvégzett életciklus elemzés alapján fogalmazunk meg olyan életciklusra vonatkozó követelményértékeket, amelyekkel a „konzervatív öko-épület” életciklusra vetített energetikai jellemzőjét lehet összevetni és kedvező eredmény esetén a tervezett megoldást elfogadni.

2.3. Hány szintű szabályozásra van szükség?

A „recast”-ból idézett meghatározás első pontja szerint nagyon jó „energetikai teljesítményű” épületeket kell létesíteni. Ezalatt igen kis veszteségáramokat, a nyereségáramok hasznosítását és hatékony épületgépészeti rendszereket kell érteni.

Nyilvánvaló, hogy mielőtt az energiaforrásokról, a megújuló energiáról kezdünk beszélni, az első és legfontosabb kérdés az, hogy lehetőleg alacsony energiaigényt kelljen kielégíteni – csak ezután következik az a kérdés, hogy milyen forrásból.

Az idézett definíció második pontja egyrészt az első pontot ismétli, másrészt nincs értelme.

Egyrészt ugyanis értelmezhető úgy, hogy az első pont csak az épületekre magára vonatkozik és a második pont szól az épületgépészeti rendszerekről, azok hatásfokáról, veszteségeiről, segédenergia igényéről.

Másrészt a fűtés, hűtés, szellőzés tekintetében (és itt az *igényről* van szó, nem a forrásról!) az energiaigény ugyan lehet közel zéró (ezek az igények az észszerűség határáig, sőt azon túl is csökkenthetők), de nem igaz ez a használati melegvíz energiaigényére!

Mindazonáltal e két pontból egyenesen következik, hogy a hazai szabályozás három szintjét továbbra is fenn kell tartani, nevezetesen a „közel nulla” fajlagos évi primer energiában kifejezett követelménye ($\text{kWh/m}^2\text{a}$) mellett az épület egészének hőtechnikai minőségére vonatkozó fajlagos hőveszteségtényező ($\text{W/m}^3\text{K}$) korlátot és az egyes elemekre vonatkozó követelményeket – korszerűsítve – fenn kell tartani.

Ennek elsődleges indoka, hogy a definíció első és második pontjában megfogalmazott igénynek csak így lehet eleget tenni.

Az elemi szintű követelmények egyrészt a határoló- és nyílászáró szerkezetek hőátbocsátási tényezőivel adhatók meg (amelyekbe a hőhidak hatása is beleértendő). Ugyancsak hőszigetelésre vonatkozó követelményeket kell megadni a cső- és légcsatorna hálózatokra, melegvítárolókra, hőcserélőkre. Az elemi szintű követelmények körébe tartoznak a hőtermelő berendezések, hőcserélők és a ventilátorok, szivattyúk hatásfokai.

Az elemi szintű követelmények a „recast” definíciójának első és második pontjában megfogalmazott elvárást elégíti ki. Fontos megemlíteni, hogy amennyiben a szabályozásnak ez a szintje általános érvényű, akkor kisebb felújítások esetében is ezek érvényesíthetők.

Felvethető, hogy az elemi szintű követelmények mellett van-e szükség a fajlagos hőveszteségtényező ($\text{W/m}^3\text{K}$) formájában előírt követelményre? A válasz azért igenlő, mert továbbra is lesznek olyan összetett használatú épületek (kórház, wellness szálló, repülőtéri terminál...), amelyekre nem lehet „előregyártott” fajlagos primer energia követelményeket ($\text{kWh/m}^2\text{a}$) megfogalmazni - ezekben az esetekben a referencia érték számításának kiinduló adata a fajlagos hőveszteségtényező.

Az egyes szabályozási szintekre vonatkozó elemzésre későbbi fejezetben térünk ki.

2.4. A közel nulla energiafogyasztás értelmezése

Természetesen minden használatban lévő épületnek van energiafogyasztása. A „nulla” kétféleképpen értelmezhető:

- valamennyi igényt nulla primer energiatartalmú (szoláris, szél) energiával elégítünk ki (beleértve a rendszerek veszteségeit és segédenergia igényét);
- az energiaigény egy részét fosszilis forrásból elégítjük ki, de ezzel azonos mennyiségű primer energiát adunk át országos hálózatnak (elektromos áram) vagy közműhálózatnak (termikus energia).

Az első változat gyakorlatilag egy autonóm épületet feltételez, szezonális hőtárolással és egyéb nem szokványos megoldásokkal (vízbontás, tüzelőanyag cella). Ilyen létezik, de ez várhatóan nem a következő néhány évtized általános gyakorlata lesz. A második változat nem zárja ki a fosszilis energia felhasználását, de azt ellentételezni kell megújuló forrásból származó energiával. Utóbbi egy részét az aktuális igények kielégítésére hasznosítjuk vagy helyben tároljuk, a felesleget pedig külső hálózatnak adjuk át. A megítélés alapja az éves mérleg: a felhasznált energia és a külső hálózatnak átadott energia (primer energiában kifejezett) különbsége.

Ami a mérleg időbeli kiterjedését illeti, noha lehetne beszélni napi, havi, szezonális mérlegről a tagországok körében *általánosan elfogadott az éves időtartamra vonatkozó mérleg, a nemzeti szabályozásban is ezt célszerű alkalmazni.*

A „recast” definíciójának harmadik pontja szerint a jó energetikai minőségű épület alacsony energiaigényének nagyon jelentős részét megújuló forrásból kell fedezni.

Ez a megfogalmazás magában foglalja a „közel nulla” jelentését, hiszen nem arról van szó, hogy az alacsony energiaigényt teljes egészében kell megújuló forrásból fedezni, hanem csak annak jelentős részét. Hogy mennyi a „közel” és a „jelentős rész” mértéke, az egyrészt az észszerű műszaki megoldásoktól függ, másrészt a költségoptimalás eredményeinek mérlegelésével dönthető el. Nem kizárt a ténylegesen nulla igényű, sőt az energiát exportáló (plus-energy, energy active) épületek létesítése sem (létező példák vannak). Ismételten hangsúlyozandó, hogy primer energiában kifejezett éves mérlegről van minden esetben szó.

2.5. Hol van a megújuló energia forrása?

A „recast” definíciójának harmadik pontja szerint *bárhol*, hiszen azon megújuló források köre, amibe a „helyben” és a „közelben” beleértendő legalább annyira tág, hogy abba mind a „helyben”, mind a „közelben” belefér – kényelmi szempontból megismételve az ábrát a szintek értelmezése nyilvánvaló.



1. (ism.) A megújuló források szintjeinek értelmezése

Mi van „helyben”?

A lehetséges válaszok: azok a megújuló energiát gyűjtő – átalakító rendszerek, amelyek az épületen, az épületben vagy a telekhatáron belül helyezkednek el – vagyis a rendszer térbeli határait kell rögzíteni.

Javasoljuk, hogy a „helyben” rendszer térbeli határa a telekhatár legyen. A telekhatáron belül a megújuló források hasznosításának következő módjai lehetségesek.

- Aktív szoláris termikus rendszer, amelynek kollektorai ugyan jellemzően az épület tetején, esetleg homlokzatán helyezkednek el, de nem kizárt (példák is vannak rá), hogy kedvező terepadottságok esetén a lábazat előtt és alatt, vagy például gépkocsi beállók védőtetőjén helyezik el azokat. A rendszer tartozéka a tároló, amelyet ha hosszabb időtartamra méreteznek (például családi ház esetében akár többször tíz m³ feletti térfogattal), akkor azt az épületen kívül, de a telekhatáron belül (talajba süllyesztve) helyezik el (erre számos példa van). A rendszer működéséhez szükséges segédenergia (elektromos áram) érkezhét kívülről is.
- Fotovoltaikus rendszer, amelynek napelemeit ugyan jellemzően az épület tetején, esetleg homlokzatán helyezik el, de az előzőek szerint a telekhatáron belül máshol is elhelyezhetők.
- Talajhőt (ideértve a termálvizet és az ásott kutakban lévő vizet is) hasznosító rendszerek (hőszivattyúval fűtésre, hűtésre, melegvízellátásra, csak keringtető szivattyúval vagy ventilátorral „passzív” hűtésre, a szellőző levegő temperálására). Az e rendszerek részét képező szondák, talajkollektorok, földalatti légcsatornák elhelyezésére elsősorban az épület vetületi alapterületén kívül, de a telekhatáron belül van mód. A rendszer működéséhez szükséges segédenergia (elektromos áram) érkezhét kívülről is.
- A külső levegő hőtartalmát hasznosító hőszivattyús rendszerek, amelyek elpárologtatói az épületen magán és a telekhatáron belül egyaránt elhelyezhetők. A rendszer működéséhez szükséges segédenergia (elektromos áram) érkezhét kívülről is.
- A biomassza eltüzelésével működő rendszerek. A tüzelőanyagot *nem* kell telekhatáron belül megtermelni, az „kívülről” érkezik, ugyancsak érkezhét kívülről a rendszer működéséhez szükséges segédenergia (elektromos áram) is.
- Biogázzal vagy folyékony bio üzemanyaggal működő kapcsolt energiatermelés.
- Az épületen vagy a telken elhelyezett szélturbina.

Megjegyzendő, hogy a rendszerhatár ilyenén értelmezésének két oldala van: nevezetesen az épületen kívül, de a telekhatáron belüli energiafogyasztást is figyelembe kell venni. Ilyen lehet például a telken belüli parkolók, teraszok, kertek világítása, a díszkivilágítás, a szabadtéri vendéglátó hely világítása és sugárzó fűtése, szabadtéri zuhanyozók és medencék melegvíz igénye. Mindezek azonban olyan tételek, amelyekre az épület rendeltetése függvényében előírt „előregyártott” követelmények közvetlenül nem vonatkoztathatók, csak a vegyes rendeltetésű létesítmények miatt általában is szükséges speciális szabályok szerint kezelhetők.

Mi van a „közelben”?

Erre a kérdésre bárminemű olyan válasz, amely a „közel” mértékét távolságban, területben, az épületek számában vagy alapterületében próbálná meg meghatározni csak értelmezési zavarokhoz vezetne, ezért erre kár kísérletet tenni.

Funkcionális alapon a „közel” meghatározható oly módon, hogy „közeli” megújuló energiaforrásból vételezett energiát hasznosít egy épület, ha a telekhatárhoz *zárt hálózaton* érkező energia megújuló forrásból származik. A *zárt hálózat* egy épületcsoportot lát el (az épületek darabszáma, hasznos alapterülete nem korlátozott), a „zárt” minősítés arra vonatkozik, hogy az épületcsoport és a hálózat kiépítése után a hálózatra további épületek (kapacitáshiány és/vagy térbeli kialakítás okán) nem csatlakozhatnak.

A „közeli” megújuló források hasznosításának következő módjai lehetségesek:

- Olyan fűtőmű, amely biomassza tüzelőanyaggal (beleértve a biogázt és a hulladékot is) üzemel és/vagy a hőtermelés egy részét vagy egészét szoláris energiával vagy talajhővel fedezi.
- Olyan kapcsolt energiatermelés, amely termikus teljesítményét a zárt rendszer hasznosítja.
- Közös fotovoltaikus mező.
- Közös kollektormező közös használati melegvítárolással
- Közös szélturbina.

Látható, hogy a „közel” meghatározása funkcionálisan sem egyértelmű. Egy „közel” fűtési rendszer egy „közönséges” városi távfűtéstől csak annyiban különbözik, hogy utóbbi „nyitott”: arra a kapacitás határáig utólag is rá lehet csatlakozni, míg egy „zárt” rendszer kapacitását egy megadott épületcsoportra tervezik és hálózatát is földrajzi értelemben csak erre az épületcsoporthoz építik ki.

Van egy speciális eset, amikor a „közel” értelmezése jogszabályi tekintetben fontos. A tagországok egy részében az egy azonos „közeli” megújuló forrásból ellátott épületcsoport fogalmát olyan értelmezésben javasolják „hasznosítani” (és egyes esetekben ez már meg is történt), hogy az energetikai követelményeket az épületcsoport *egészére* kell értelmezni, vagyis a csoporton belül lehetnek olyan épületek, amelyek önmagukban nem felelnek meg a követelménynek, de ezt a tényt a jobb épületek ellentételezik. (Kizárólag a fajlagos primer energiafogyasztásról - kWh/m²a – van szó.) Ilyen eset adódik például akkor, ha az épületcsoport kedvező benapozottságú épületein helyezik el az épületcsoport összes fotovoltaiikus vagy aktív termikus energiagyűjtő felületét vagy az épületcsoporthoz egy szélturbina tartozik.

Az utóbbi esetben a kulcskérdés lényegében a tulajdonjog. Ha tulajdonjogi szempontból egyértelműen rögzíthető, hogy a közös rendszer és az abból származó energia kié (az egyes épületek között az utóbbi hogyan számolható el), akkor *lehet* a „közeli megújuló forrás” kérdését kezelni. Ha ezen túlmenően élni kívánunk azzal a lehetőséggel, hogy az egy azonos „közeli” forrásról ellátott épületcsoport esetén a fajlagos évi primer energiafogyasztásra - kWh/m²a – vonatkozó követelmény teljesülését az épületcsoport *egészére* követeljük meg (de az egyes épületekre nem), akkor *érdemes* a „közeli megújuló energiaforrás” kérdésével foglalkozni.

Ha az előző két feltétel (*lehet és érdemes*) egyidejűleg nem áll fent, akkor a kérdés irreleváns: elegendő a telekhatáron belüli és az azon kívüli megújuló energiaforrásokkal foglalkozni.

Kizárólag funkcionális szempontból a „közel” rendszerek kézenfekvő és reális változata egy megújuló forrást (biomassza, talajhő, szolár) (is) hasznosító tömbfűtőmű, esetleg kapcsolt energiatermeléssel. Ilyen esetben a (földrajzi értelemben vett) közelség mérsékeltebb szivattyúzási energiaigénnyel és hálózati hőveszteséggel jár (egy kiterjedtebb hálózattal összehasonlítva), a tüzelőanyag tárolása, a rendszer kiszolgálása és az égéstermék elvezetés kevesebb gondot okoz (mint okozna az egyes épületekben szétszórta telepített rendszerek esetében). Tovább javíthatja a helyzetet, ha kapcsolt energiatermelésből elektromos áram kerül átadásra az országos hálózatnak. Az épületek ezért alacsonyabb primer energiataralmú ellátást tudnak egy ilyen hálózatról vételezni, ami megkönnyíti a fajlagos primer energiafogyasztásra (kWh/m²a) vonatkozó követelmények teljesítését - minden egyes épület esetében külön-külön. Ez az eset azonban nem igényel különleges mérlegelést, ugyanúgy kezelendő, mint bármely külső forrásból vételezett energia.

„Külső” forrásból származó megújuló energia

„Külsőnek” tekintendő minden olyan megújuló energiaforrás, amely a telekhatáron kívül van. (Ennek egy speciális esete lehet a „közeli” forrás, amennyiben a tulajdonjogra vonatkozó egyértelmű szabályozás lehetséges és az épületcsoport *egészére* vonatkozó követelmény előírásának lehetőségével élni kívánunk – utóbbi kizárólag csak egy adott zárt rendszerhez tartozó épületcsoport esetében képzelhető el.)

A külső forrásból származó megújuló energia a következő módon érkezik a telekhatárhoz:

- Elektromos áram az országos hálózatról. Az országos hálózatról érkező elektromos energia többféle forrásból származó „keverék”, de a szolgáltatási szerződés és a tarifa alapján formálisan elkülöníthető a „zöld” energia, amelyet az általánostól eltérő primer energiataralommal lehet elszámolni. Ez azonban kockázatosnak mutatkozik, ugyanis nehezen garantálható, hogy az épület fennállása során nem módosítják-e a szolgáltatási szerződést. Ugyancsak kedvezőbb primer energiataralommal lehet számításba venni a csúcson kívül vételezett elektromos áramot – ennek a szolgáltató szempontjából

nem annyira műszaki alapjai vannak, inkább egy olyan ösztönző hatású megállapodásról van szó, amely az országos hálózat egyenletesebb terhelését, a kiemelkedő csúcsterhelések megelőzését szolgálja. Itt nem kell kockázattal számolni, hiszen a tartós műszaki feltételek, a tároló típusú fogyasztók adottak. Ezzel összefüggésben felvetődhet az a kérdés is, hogy miután a „helyben” termelt és az országos hálózatnak átadott elektromos energia mennyisége szezonális, napi és véletlenszerű ingadozásokat mutat (azaz nem feltétlenül akkor táplálunk az országos hálózatra, amikor arra leginkább igény lenne), ezért ez az áram kisebb primer energiatartalommal számolandó el, mint a bármikor rendelkezésre álló elektromos energia. Ilyen felvetés az országos hálózaton szolgáltatók részéről elképzelhető, de ez a követelmények szempontjából kevésbé meggyőző számokhoz vezetne.

- Termikus energia távhálózatról. Ennek primer energiatartalma kifejezi, hogy milyen mértékben származik megújuló forrásból. Amennyiben a források között szoláris energia (kollektor mezővel rásegített hőtermelés), talajhő (beleértve a termál- és természetes vizeket, sósvíztárolókat), bármilyen halmazállapotú bio vagy hulladék tüzelőanyag szerepel, úgy ez a primer energiatartalomban kifejezésre jut. Ugyancsak megjelenik a primer energiatartalomban az, ha a rendszer segédenergia igénye (elektromos áram) megújuló forrásból származik.

Vagyis az épület szempontjából nem kell vizsgálni, hogy milyen a hálózatról vételezett termikus energia forrása: a telekhatáron átvett „hideg” vagy „meleg” energia primer energiatartalma a „megújuló hányadot” önmagában kifejezi. Csúcson kívüli elektromos áram vételezése esetén pedig az épület tároló típusú rendszere garantálja a kisebb primer energiatartalommal elszámolt fogyasztást.

2.6. Az épület „magas energetikai teljesítménye”

A „recast” definíciójának első és második pontját összevonva ezt a kérdést az épületre magára és az épületgépészeti rendszerekre összevontan értelmezzük. (Az eredeti definícióban ez nem szerepel egyértelműen, de nyilvánvaló, hogy a közel nulla vagy alacsony energiaigény az épületgépészeti rendszerektől függetlenül nem értelmezhető. Az is nyilvánvaló, hogy itt a nettó és a bruttó igényekre egyaránt ki kell térni.)

A „magas energetikai teljesítmény” mértékét a szabályozás első és második szintjén megfogalmazott követelmények szabják meg.

Az elemek szintjén ez a következő formákban jelenik meg:

- Az egyes határoló- és nyílászáró szerkezetek megengedett legnagyobb hőátbocsátási tényezője. E tekintetben a jelenlegi „passzívház” gyakorlatot és a Magyar Mérnöki Kamara munkacsoportjából dr. OsztróLuczky Miklós által javasolt értékeket lehet (legfeljebb) megcélozni. Túlhajtott, szélsőségesen szigorú követelményeket nem célszerű előírni, mérlegelve egyrészt az életciklusra vonatkozó energiamérleget, másrészt a költségoptimalás előre becsülhető eredményeit. Szükség van továbbá bizonyos tartalékra is olyan épületekre számítva (ezek az általunk elvégzett elemzések szerint legfeljebb 5 %-os valószínűséggel fordulhatnak elő), amelyek kedvezőtlen adottságaik okán csak a követelményértéknél jobb hőátbocsátási tényezővel tudnak megfelelni az éves fajlagos primer energiaigény formájában megfogalmazott követelménynek.
- A nyári túlzott felmelegedés elleni védelem tekintetében csak *részbeni* megoldást jelenthetnek egyes egzakt előírások, amelyek a következőkre terjedhetnek ki:
 - a transzparens határolások a kritikus hónapok kritikus órákőzeiben ne legyenek benapozottak, vagy
 - az üvegezés össz-sugárzásátbocsátási tényezője ne haladjon meg egy előírt értéket (esetleg nyáron társított szerkezettel együtt értelmezve),
 - amennyiben a funkció és a környezet az éjszakai szellőzést lehetővé teszi, a nyílászárók mérete, pozíciója és működési módja feleljen meg néhány ökolyszabálynak.

Ezek a szabályok az épület rendeltetése, hőtároló tömege és a nyílászárók tájolása függvényében differenciáltan adhatók meg, de csak részleges – inkább csak figyelemfelhívó – megoldást jelentenének.

- Hőtermelő berendezések (kazán, kályha) hatásfokának (vagy teljesítménytényezőjének, ami az előző reciproka) előírása a tüzelőanyag függvényében.
- Cső- és légcsatorna hálózatok, tárolótartályok és készülékek hőszigetelésére vonatkozó követelmények.
- Hőcserélők, ventilátorok, szivattyúk, vezérlések és szabályozások minőségi követelményei.

Az épület szintjén a fajlagos hővesztésgtényező (W/m^3K) értékét továbbra is a felület/térfogat arány függvényében kell előírni. Ebben az eddigiek szerint csak olyan tényezők szerepelnek, amelyek az épülettől magától függenek és minden olyan tényező szerepel, amely az épület hőtechnikai minőségét jellemzi.

A fajlagos hővesztésgtényező követelményértéknek az épület geometriája (felület/térfogat arány) függvényében történő megadása azért szükséges, hogy ne támasszunk abszurd követelményeket a kedvezőtlen geometriájú (kis abszolút méretű vagy mozgalmas tömegű) épületekkel szemben. El kell utasítani azokat a szakszerűtlen (de előforduló) vélekedéseket, miszerint új épületek esetében kedvező geometriájúakat *kell* tervezni és egyetlen általános érvényű számmal kell kifejezni a követelményértéket. Nem is szólván az abszolút méret igen jelentős szerepéről a tömegalakítást számos tényező befolyásolja: a telek mérete, a beépítési előírások, a tájolás, az utcák vonalvezetése, funkcionális adottságok (bejárat, gépkocsi behajtás), tájolás, benapozás, környezeti terhelések (zaj, légszennyezés), kilátás.... a tömegformálásról csak mindezek (és az energetikai szempontok) együttes mérlegelésével lehet dönteni.

Felmerül a kérdés, hogy az épület egészére vonatkozó követelményértéket ki lehet egészíteni a légtömörségre vonatkozó követelménnyel. Ez elvileg indokolt lehet, azonban figyelembe kell vennünk azt a tényt, hogy a légtömörség érdekében ugyan a tervezés és kivitelezés során sokat lehet tenni, de számszerű értékének meghatározására nincsen módszer. Az elkészült épületek légtömörségének méréssel történő ellenőrzésére ugyan elvileg van eljárás (blower door), de a mérés elvégzésének vannak időjárási feltételei (hőmérsékletkülönbség, szél) és technikai korlátai (egy több tízezer köbméter térfogatú épületben nem könnyű létrehozni 50 Pa túlnyomást), ezért mindenre kiterjedő általános előírást nem javasolunk, legfeljebb a kiemelkedő (a követelményt meghaladó) minősítést lehet egyes esetekben ilyen ellenőrzéshez kötni.

Az épület szintű követelmény a „recast” definíciója első pontjában megfogalmazott elvárást elégíti ki. Az elem és az épületszintű követelmények együttesen a „recast” szerinti definíció első és második pontjában megfogalmazott elvárásokat elégítik ki, nemcsak abban a tekintetben hogy az épültre és az épületszerkezetekre vonatkozó követelmények alacsony nettó igényekhez vezetnek, hanem abban az értelmezésben is, hogy az épületgépészetre vonatkozó követelmények betartása alacsony bruttó igényeket is eredményez.

Egy fontos kérdés külön elemzést igényel, ez pedig a légtechnikai rendszerbe beépített hővisszanyerő ügye. Magától értetődőnek tekintendő, hogy amennyiben az épületben egyébként is van gépi befúvó és elszívó szellőzés, akkor abban a hővisszanyerő alkalmazása mintegy kötelező jellegű. Nem kizárható azonban, hogy a költségoptimalizációs elemzések szerint ezt a megoldást kisebb vagy lakóépületek esetében nem minden esetben célszerű alkalmazni. (A költségelemzések jelen tanulmány készítésével párhuzamosan folynak, eredményük csak később lesz ismert.) Ennek megfelelően néhány esetre elemzéseinket hővisszanyerős szellőztetésre és anélküli megoldásra is elvégezzük. A két szélsőséges változat között egyébként köztes esetek is léteznek: természetes szellőztetés falkollektoron vagy csatlakozó üvegházon át.

Végül visszautalunk a „konzervatív öko-épületek” már említett problémájára, ami alatt a hagyományos anyagokkal létesített épületek értendők (vályog, szalma, fa, nád). Az ilyenek csak ritka esetben felelnek meg az elem szintű és az üzemeltetési energiafogyasztásra vonatkozó követelményeknek, sőt a szabályozás alsóbb szintű követelményeit is sokszor nem teljesítik, ugyanakkor több esetben bizonyítható (lenne),

hogy életciklusra vetített energiamérlegük nem rosszabb, akár jobb is, mint egy korszerű eszközökkel épített épületé. Ismételjük, miszerint a probléma formális „megoldása”: nevezetesen a tiltás egyszerűnek tűnhet, de gátja lehet hasznos megoldások alkalmazásának és esetleges innovációs folyamatoknak. A probléma valós megoldása az, ha néhány korszerű referenciaépületre elvégzett életciklus elemzés alapján fogalmazunk meg olyan életciklusra vetített követelményértékeket, amelyekkel a „konzervatív öko-épület” életciklusra vetített energetikai jellemzőjét lehet összevetni és kedvező eredmény esetén a tervezett megoldást elfogadni.

2.7. A nagyon jelentős mértékben megújuló energiaforrásokból fedezett energiaigény

Mindenekelőtt leszögezhetjük, hogy konkrétumok híján a tagországokra van bízva, vajon 25 vagy 75 %-ot tekintenek-e „nagyon jelentős mértéknek”. Ugyancsak eldöntetlen az a még alapvetőbb kérdés is, hogy minek a százalékáról van szó!

Le kell szögeznünk továbbá, hogy a „recast” definíciójának harmadik pontját nem lehet és nem is szabad szó szerint venni.

A követelmény helyes értelmezése a következő:

Az épület „importált” primer energiában kifejezett fogyasztása és az épület „helyi” (telekhatáron belüli) megújuló forrás(ok)ból származó, külső hálózatnak átadott primer energia „exportja” közötti különbség közel nulla legyen.

Vagyis lehetséges, hogy például a fűtés és a használati melegvízellátás kizárólag földgáztüzeléssel (azaz fosszilis energiával) történjen, ami valamennyi „importált” primer energiafogyasztást jelent. Helyben nincs semmi olyan rendszer, amely megújuló forrásból termikus energiát szolgáltatna. Az épületen azonban van egy fotovoltaikus rendszer, amely a külső hálózatnak annyi villamos energiát ad át, amennyinek a primer energiatartalma közel megegyezik a felhasznált földgáz primer energiatartalmával (ez az elektromos áram magas primer energiatartalma okán adott esetben kedvezőbb megoldás lehet, mint a rendelkezésre álló benapozott felületen vagy annak egy részén kollektorok elhelyezése, tekintettel az így kiváltott földgáz alacsonyabb primer energiatartalmára. A „helyi” megújuló forrásból tehát nemcsak „fedezzük”, hanem *ellentételezzük* (is) a saját fogyasztást! Erre már csak azért is szükség van, mert a megújuló forrásból származó energia sokszor nem akkor áll rendelkezésre, amikor arra igény van.

A megújuló energiának az igényekhez viszonyított hányadát csak közvetett módon szabad „előírni”. A leghatározottabban el kell utasítani minden olyan próbálkozást, amely közvetlen előírások formájában rögzítené például azt, hogy hány m² kollektor- vagy fotovoltaikus mezőt kell elhelyezni egy adott hasznos alapterületű épületen vagy adott méretű telken! Minden ilyen kísérlet eleve kudarcra van ítélve!

Ennek igen egyszerű oka van. Megújuló forrás többféle is létezik, nem kevésbé többféle feltétele van hasznosításuknak is. Például sűrű városi szövetben egy alacsonyabb épület benapozottsága erősen korlátozott beleértve a tetőt is. Ebben az esetben oda kollektort vagy fotovoltaikus rendszert telepíteni teljesen értelmetlen. A magasabb épületek felső szintjei és teteje jó eséllyel benapozottak, oda azonban csak annyi kollektor vagy fotovoltaikus mezőt lehet telepíteni, amennyi elfér – ez alatt azonban sok szint nagy alapterületének nagy energiaigénye jelentkezik. Légszennyezésre és szmog veszélyre való tekintettel sűrű városi szövetben enyhén szólva célszerűtlen az épületekben biomassza tüzelésű kazánokat, kályhákat alkalmazni (ami nem zárja ki, hogy ilyeneket a topográfia és az uralkodó széljárás figyelembevételével telepített és kellően magas kéményekkel ellátott fűtőművekben alkalmazzunk.) A talajhő hasznosítási lehetősége a geológiai adottságokon túl a telekméret és a közművek szempontjából korlátozott. Nem nehéz kitalálni egy szélturbina alkalmazásának számos korlátozó tényezőjét.

A követelményértéket ezután is a fajlagos éves primer energiaigény formájában kell megfogalmazni. Ha ezt úgy írjuk elő, hogy teljesítése az elemi szintű követelményeknek megfelelő épület (U értékek, kondenzációs kazán, hővisszanyerő) esetében is csak akkor

teljesíthető, ha megújuló energiát is használunk, akkor a megújuló energia hasznosítása gyakorlatilag *elkerülhetetlen*.

Egy egyszerű példával szemlélítve: ha az elemi szintű követelményeknek megfelelő épület fajlagos éves primer energiaigénye kondenzációs kazánnal, hővisszanyerős szellőztetéssel 100, de a követelmény 75, akkor utóbbi csak abban az esetben teljesíthető, ha megújuló energiát is hasznosítunk. Azt már a tervezőnek kell az összes körülmény mérlegelésével eldönteni, hogy a fajlagos éves primer energiaigényben kifejezett követelményérték betartása végett milyen eszközökkel él, a megújuló energiaforrások hasznosításának milyen módját vagy módjait alkalmazza. Csak így kerülhetők el az értelmetlen vagy betarthatatlan közvetlen előírásokból származó problémák, egyedi elbírálást igénylő felmentési kérelmek. (Nem lenne célszerű alsófokú szakhatóságokra bízni egyes tetőidomok benapozás számítás elvégzésén alapuló egyedi felmentési kérelmek elbírálásának sokaságát.)

Egy épület esetében egyféle megújuló forráson alapuló rendszer alkalmazása várható el, a követelményérték megállapítása során tehát az utóbbiak közül a kedvezőtlenebbekből kell kiindulni. A számszerű eredmények meghatározása épületfajtánként többszáz, akár ezer minta méretezésének elvégzését és a számítás eredményeit tartalmazó halmaz statisztikai elemzését teszi szükségessé.

3. A KÖVETELMÉNYEK MEGHATÁROZÁSÁNAK MÓDSZERE – A REFERENCIAÉPÜLETEK

3.1. A módszer elve

A „recast” referenciaépületeken elvégzendő számítások eredményei alapján várja el a követelményértékek meghatározását.

Roppant egyszerű és egyben roppant kockázatos lenne épületkategóriánként (családi ház, lakóépület, iroda, iskola) kiválasztani félmarék olyan épületet, amelyeket valaki jellemzőnek tart, azokra rápakolni a kollektorokat, fotovoltikus elemeket, a fűtést biomasszával vagy hőszivattyúval megtámogatni és 50 %-ot meghaladó megújuló energia részesedét kimutatni. Csak éppen egy ilyen alapon meghatározott követelményértéknek nagyon sok leendő épület nem felelne meg, ami a szabályozás komolyságát megkérdőjelezné és számos jogi problémához vezetne.

Helytelen lenne az is, ha ilyen meggondolás alapján túlságosan mértéktartó megoldásokat vennénk figyelembe, ami túl enyhe és ezért az alapvető célt nem szolgáló követelményekhez vezetne.

A fajlagos primer energiafogyasztásként ($\text{kWh/m}^2\text{a}$) megfogalmazott követelményeket illetően azt tartjuk megfelelőnek, ha azok kellően szigorúak, de az estek túlnyomó többségében betarthatók. A „*túlnyomó többséget*” 95 %-ban javasoljuk rögzíteni. Feltételként rögzítjük, hogy ezek az épületek (vagyis a 95%-ot kitevő túlnyomó többség) a 2020-as standardnak megfelelő elvárható szintű megoldásokkal, az akkorra előírt elem szintű követelmények betartásával létesülnek, a megújuló forrásokat jellemzően vagy a városi szövetben elhelyezkedő épületek aktív szoláris rendszerei (kollektor, fotovoltikus), vagy biomassza tüzelés vagy hőszivattyú képviselik. A „városi szövet” említésének értelme az, hogy ilyen esetben a homlokzatok benapozottsága korlátozott. A hőszivattyúk hajtására és esetlegesen más villamos árammal működő hőfejlesztő készülékek üzemeltetésére csúcson kívüli elektromos áram („geotarifa”) is figyelembe vehető, mert a rendszer kiépítése műszaki garancia arra, hogy tárolós üzemmódban működőképes. A mondatban szereplő „vagy” szavak kizárólagos „vagy”-ként értelmezendők, azaz egy épület esetében a három kategória közül egynek az alkalmazását várjuk el.

Szerencsés esetben e mellett (vagy ritkábban e helyett) a hálózatról alacsony primer energiatartalmú szolgáltatás vehető igénybe. A primer energiatartalom önmagában kifejezi azt, hogy a hálózatba betáplált energia egy része vagy egésze milyen arányban származik megújuló forrásból (és kifejezi a hálózaton való szállítás veszteségeit, energiaigényét is). Ez azonban olyan körülmény, amire általános esetben nem lehet számítani – más kérdés, hogy az ilyen szolgáltatások fejlesztésére törekedni célszerű.

Az épületek fennmaradó 5 %-a esetében az előbb felsorolt módon a fajlagos primer energiában megfogalmazott követelményérték ($\text{kWh/m}^2\text{a}$) nem teljesül. Ebben az esetben a lehetőségek határain belül több megújuló forrás kombinált hasznosítására és/vagy az elemi szintű követelményeknél jobb elemek alkalmazására – tehát „extra” megoldásokra - van szükség.

Fontos hangsúlyozni, hogy a közel nulla követelményszint nem az elérhető legjobb szint!

A „közel nullaként” olyan követelményszintet kell meghatározni, amelyet a 2020-ban érvényes elem szintű követelmények betartásával és egyféle, megújuló energiát helyben hasznosító rendszerrel a leendő épületek 95%-a teljesít. (Ez a műszaki szempontok alapján meghatározott szint a költségoptimalizációs számítások alapján felülbírálható.) *A kedvezőbb adottságú és/vagy igényesebb épületek minősítésére a közel nulla követelményszint felett két további kategória határozható meg – ezek küszöbszámai és megnevezése megállapodás kérdése.*

A fentieknek megfelelő követelmény statisztikai alapon történő előállításához kategóriánként többszáz, akár ezer referenciaépületre van szükség. Nem kell azonban, sőt felesleges is lenne kategóriánként többszáz ténylegesen meglévő épület adatait

összegegyíteni, a referenciaépületek egy alapadat bázisból véletlenszerűen generálhatók [Szalay: Modelling building stock geometry for energy, emission and mass calculations, Building Research & Information 36 (6) 557-67.]. Az eljárás lényege a következő.

Egy adott épületkategóriára rögzítjük bizonyos geometriai adatok műszakilag lehetséges alsó és felső értékeit: hasznos alapterület, szintszám, kerület/terület arány, felület/térfogatarány, homlokzati üvegezési arány, belmagasság... - ezek között független és összefüggő adatok egyaránt vannak. Megadjuk az „alsó” és „felső” elem lehetséges változatait (fűtetlen pince, talajon fekvő padló, lapostető, magastető), a hőtárolóképességre jellemző szerkezeti adatot (könnyű, nehéz), a homlokzati üvegezési arányt, a homlokzatok tájolását, az elemeknek a leendő szabályozás szerint reális U és g értékeinek alsó és felső határait, benapozott vagy árnyékolt állapotát.

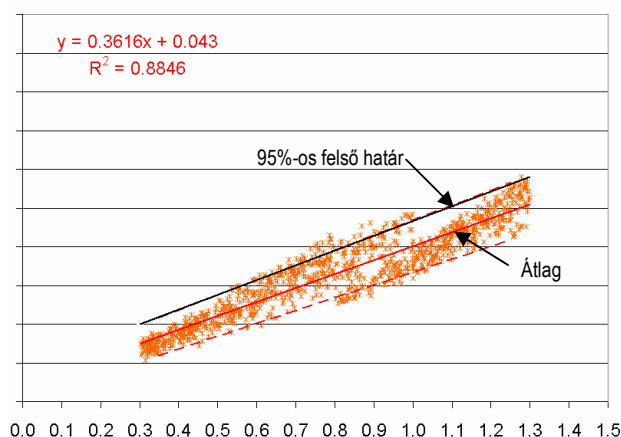
A felsorolt adathalmazból véletlenszerűen választunk adat-együtteseket (természetesen az összeférhetőség vagy kölcsönös összefüggések figyelembevételével), amelyek így egy-egy technikailag lehetséges épületet jellemeznek. Ezekre meghatározzuk a nettó energiaigényeket, majd ezt a leendő szabályozás épületgépészetre vonatkozó elem szintű követelményeinek megfelelő épületgépészeti rendszereket figyelembe véve „bruttósítjuk”.

Így olyan épületek fajlagos bruttó primer energiaigény adatait kapjuk meg, amelyek megfelelnek a „recast” definíció első és második pontjában megfogalmazott elvárásoknak: az épület energetikai teljesítménye magas, az igények (mind nettó, mind bruttó értelemben) alacsonyak.

Ugyanezeket a számításokat elvégezzük korszerű biomassza tüzelőberendezések feltételezésével is, ami közvetlenül mutatja az ezzel a megújuló energiával elérhető reális eredményeket.

Ezt követően az épület tetején (lapostető esetén a felépítmények miatt kieső hely és a mezők kölcsönös árnyékoló hatását is figyelembe véve) a melegvíz energiaigényének megfelelő felületű kollektormezőt és a fennmaradó helyen fotovoltaikus mezőt, illetve nem lakóépületek esetében csak fotovoltaikus mezőt helyezünk el és számítjuk az ezekből nyerhető megújuló energia értékét. Ily módon meghatározzuk az összes bruttó energiaigényből a szoláris rendszerekkel fedezhető részarányt.

Ezt az eljárást épületkategóriánként többszázszor megismételve olyan nagyszámú technikailag lehetséges épületet és épületgépészeti rendszert állítottunk elő véletlenszerűen, amelyek sokasága minden bizonnyal lefedi azokat a változatokat, amelyeket tíz vagy tizenöt év múlva fognak tervezni különféle telekadottságok és benapozási feltételek mellett.



2. A statisztikai eljárás illusztrációja

A végeredmények átlagértéke olyan szám, amelynél a sokaság egyik fele jobb, másik fele rosszabb eredménnyel jellemezhető. A végeredmények szórásának ismeretében

meghatározzuk azt a határértéket, amelyet a sokaság 95 %-a teljesít. Ez a „technikai alapon megállapított követelményérték”.

Az idézőjel indoka kettős. Egyrészt ellenőrző számításokat végzünk annak megállapítására, hogy szoláris rendszerek vagy biomassza tüzelés helyett hőszivattyút választva ugyanez a megújuló részarány elérhető-e, milyen eredményre jutunk hővisszanyerő nélkül, stb., másrészt a „technikailag lehetséges” követelményértékeket össze kell vetni a költségoptimalizációs számítások eredményeivel – a követelményérték megállapítására ezt követően kerülhet sor.

3.2. Épülettípusok

Lakóépületek

A számítások során a geometriailag racionális határok közé eső „technikailag lehetséges” épületeket vizsgáltuk reprezentatív mintán keresztül. Hat épülettípust vettünk figyelembe:

- egyszintes családi házak
- kétszintes családi házak,
- három szintes alacsony társasházak (egy lépcsőházi traktus),
- négy szintes alacsony társasházak (egy lépcsőházi traktus),
- hat szintes középmagas társasházak (egy lépcsőházi traktus)
- tíz szintes középmagas társasházak (egy lépcsőházi traktus).

A minta összesen 6000 épületből áll, típusonként 1000 épülettel. (Ez a megközelítés eltér a 2006-os követelmény megállapításához használt módszertől, amely a felület-térfogatarány szerint egyenletesen elosztott épületmintán alapult, de hasonló eredményeket ad.)

Az épületeket a következő paraméterek írják le: az épület fűtött hasznos alapterülete (egy szint területe), a szintek száma és belmagassága, az „egyenértékű téglalap” rövidebbik oldalhossza, az ablakok aránya, valamint a keretarány.

Az egyenértékű téglalap egy, az épülettel azonos kerületű és területű téglalap, ezzel jellemezhető az alaprajz tagoltsága. Ha az épület kompakt, nincsenek kiugró tagozatai, az egyenértékű téglalap rövidebbik oldala az alapterület négyzetgyökéhez közelít. Nyújtottabb, tagoltabb alaprajzok esetén a rövidebbik oldal minimális értékét a funkcionális kötöttségek korlátozzák.

Az ablakok területe az alapterület százalékában van megadva. Az üvegezés területe nem egyezik meg a nyílászáró területével, a kettő közötti viszonyt fejezi ki a keretarány, azaz a keret által takart terület és a nyílászáró névleges méretének hányadosa.

A technikailag lehetséges épületet leíró paraméterek pontos eloszlását a következő táblázat mutatja. A paraméterek a megadott tartományokban véletlenszerűen oszlanak el. A paraméterek alapján az épület felület-térfogatarányát (A/V) és az épülethatároló szerkezetek területét meg lehet határozni.

Irodaházak esetében az összes hasznos alapterületből indultunk ki. Itt a kisebb létesítményeket is figyelembe vettük, mivel kisebb települések esetében ilyenek létesítésére is számítani lehet.

Az oktatási épületeket illetően a tantermek száma volt a kiinduló pont, amelyekhez az oktatási alapfunkciók helyigényét vettük számításba (de nem foglalkoztunk olyan esetleges további kapcsolt funkciókkal, mint tanuszoda vagy főzőkonyha).

1. táblázat: Lakóépületek osztályozása és a fő paraméterek

	Alapterület A_{szint} (m ²)	Szintek száma, n	Egyenértékű téglalap rövidebbik oldala (m)	Belmagasság (m)	Ablakok területe az alapterület arányában (%)	Ablakkeret aránya (%)
Egyszintes családi házak	60 - 180	1	$6 - \sqrt{A_{\text{szint}}}$	2,7 - 3,0	20 - 30	20 - 30
Kétszintes családi házak	60 - 120	2	$6 - \sqrt{A_{\text{szint}}}$	2,7 - 3,0	20 - 30	20 - 30
Alacsony társasházak, 3 szint	120 - 400	3	$8 - \min(14; \sqrt{A_{\text{szint}}})$	2,7 - 3,0	20 - 30	20 - 30
Alacsony társasházak, 4 szint	120 - 400	4	$8 - \min(14; \sqrt{A_{\text{szint}}})$	2,7 - 3,0	20 - 30	20 - 30
Középmagas társasházak, 6 szint	120 - 400	6	$9 - \min(14; \sqrt{A_{\text{szint}}})$	2,7 - 3,0	20 - 30	20 - 30
Középmagas társasházak, 10 szint	120 - 400	10	$9 - \min(14; \sqrt{A_{\text{szint}}})$	2,7 - 3,0	20 - 30	20 - 30

2. táblázat: Irodaházak osztályozása és a fő paraméterek

	Összes nettó alapterület A_N (m ²)	Szintek száma, n	Egyenértékű téglalap rövidebbik oldala (m)	Belmagasság (m)	Ablakok területe az alapterület arányában (%)	Ablakkeret aránya (%)
Egyszintes kis iroda	200 - 1000	1	$8 - \min(18; \sqrt{A_{\text{szint}}})$	2,7 - 3,5	25 - 60	20 - 30
Kétszintes kis iroda	400 - 2000	2	$8 - \min(18; \sqrt{A_{\text{szint}}})$	2,7 - 3,5	25 - 60	20 - 30
Kétszintes nagy iroda	2000- 10000	2	$10 - \min(18; \sqrt{A_{\text{szint}}})$	2,7 - 3,5	25 - 60	20 - 30
Négy- szintes nagy iroda	2000- 10000	4	$10 - \min(18; \sqrt{A_{\text{szint}}})$	2,7 - 3,5	25 - 60	20 - 30
Nyolc- szintes nagy iroda	2000- 10000	8	$10 - \min(18; \sqrt{A_{\text{szint}}})$	2,7 - 3,5	25 - 60	20 - 30

3. táblázat: Oktatási épületek osztályozása és a fő paraméterek

	Összes nettó alapterület A_N (m ²)	Szintek száma, n	Egyenértékű téglalap rövidebbik oldala (m)	Belmagasság (m)	Ablakok területe az alapterület arányában (%)	Ablakkeret aránya (%)
Négy tanterem	400 - 600	1	8 - $\min(18; \sqrt{A_{szint}})$	3 - 3,5	35 - 60	20 - 30
Nyolc tanterem	800 - 1200	2-3	10 - $\min(18; \sqrt{A_{szint}})$	3 - 3,5	35 - 60	20 - 30
16 tanterem	1600- 2400	2-4	10 - $\min(18; \sqrt{A_{szint}})$	3 - 3,5	35 - 60	20 - 30

3.3. Épületszerkezetek

Feltételeztük, hogy a vizsgált épületek teljes területen alápincézettek és lapostetősek, illetve az egy- és kétszintes épületek padlással épülnek. Amennyiben az adott épületnek beépített tetőtere van, a követelményt várhatóan könnyebb kielégíteni, mivel ezen épületeknek kedvezőbb az A/V arányuk.

A hőátbocsátási tényezők szigorodása miatt a 2006-os szabályozásban a fűtetlen pincével határos alsó zárófödémre megadott módosító tényezők már nem érvényesek. Ugyanígy a talajon fekvő padlókra vonatkozó táblázat sem elég részletes a jó hőszigetelési tartományban. Ebben a tanulmányban az alsó zárófödémek hőveszteségét a hatályos EN ISO szabványok szerint számítottuk (EN ISO 13370:2007).

A számításokban a hőátbocsátási tényezőket az alábbi táblázat szerint vettük figyelembe.

4. táblázat: A határoló- és nyílászáró szerkezetek hőátbocsátási tényezői

Épületszerkezet	Hőátbocsátási tényező U [W/m ² K]
Külső fal	0,2
Lapostető	0,15
Padlásfödém	0,15
Alsó zárófödém fűtetlen pince felett	0,25
Homlokzati üvegezett nyílászáró (fa vagy PVC keretszerkezettel)	1,0
Homlokzati üvegezett nyílászáró (fém keretszerkezettel)	1,3
Homlokzati ajtó	1,3

3.4. Tájolás és benapozottság

A nyílászárókat a családi házakat kivéve az összes épülettípusnál kelet-nyugat tájolásúnak feltételeztük. Amennyiben az adott épület nagy északi üvegfelületekkel rendelkezik, kedvezőtlenebb fajlagos hőveszteségtényezőt kapnánk, amit jobb hőszigeteléssel lehet ellensúlyozni. A nagy déli üvegezések kedvezőbb irányba tolják az eredményeket (de ez csak akkor ajánlott, ha gondoskodtunk a nyári árnyékolásról).

Családi házak esetén szabadabb az épület telken belüli elhelyezése és az ablakok elosztása, így itt jellemző a kedvezőbb tájolás (a számításokban 40-60% déli tájolás, 20-

30% kelet-nyugat, többi észak). A számításokban részleges benapozottságot feltételeztünk (70-80%).

Össz-sugárzásátbocsátási tényező (g): 0,5 (télen), mobil társított szerkezettel 0,375 nyáron

3.5. Épületgépészeti rendszerek

A tervezési alapadatokat a TNM 7/2006 rendelet szerint vettük figyelembe (légcsereszám, belső hőnyereség, használati melegvíz nettó hőenergiaigénye). A világítás nettó energiaigényét az energiatakarékos izzók elterjedése és a rendkívül alacsony energiaigényű LED-es világítás rohamos fejlődése miatt csökkentettük.

Általában a TNM 7/2006 rendelet szerinti adatokat használtuk az épületgépészeti rendszerek hatásfokának, veszteségeinek (elosztási, tárolási, szabályozási stb.) és villamos segédenergia igényének számításához. Kivételt képeznek a biomassza tüzelésre szolgáló kazánok, ahol a legkorszerűbb készülékeket vettük figyelembe, amelyekről a TNM 7/2006 rendelet mellékletei még nem tartalmaztak adatokat.

A sugárzási nyereségek hasznosítási tényezőjét a vonatkozó ISO szabvány szerint számítottuk (az eredmények egyébként nem nagyon térnek el a rendelet szerinti egyszerűsített eljárással kapható eredményektől).

A fontosabb feltételezéseket a következő táblázat tartalmazza.

5. táblázat: fontosabb input adatok

	Lakóépület	Iroda	Oktatási épület
<i>Légtechnika</i>			
Hővisszanyerő	Folyamatos működésű	Szakaszos működésű	Szakaszos működésű
Hővisszanyerő hatásfoka	0,8	0,8	0,8
Légtechnikai rendszerbe épített léghevítő	nincs	nincs	nincs
Ventilátorok villamos energiaigénye	0,4 Wh/m ³ vagy	0,4 Wh/m ³	0,4 Wh/m ³
Légtechnikai rendszer működési ideje (10 ³ h) a fűtési időnyben - Z _{LT}	4,4	1,27 (127 munkanap* 10 óra/1000)	0,786 (4400*5 nap/7* 6 óra/24/1000)
Légtechnikai rendszer egész évi működési ideje (10 ³ h) - Z _{aLT}	4,4	2,51 (251 munkanap* 10 óra/1000)	1,2 (10 hónap*20 nap* 6 óra/1000)
<i>Világítás</i>			
Energiaigény	Nem vesszük figyelembe	12	8
Egyidejűség		0,7	0,6
<i>Hűtés</i>			
Rendszer	nincs	Mérettől függő	Nincs
COP		3	

Irodaépületeknél a hűtési energiaigény számításánál a TNM szerinti közelítő módszert alkalmaztuk. Feltételeztük, hogy az épület megfelel a nyári túlmelegedés kockázatára vonatkozó követelménynek és $\Delta t_{bnyar} < 3$ K. 24 °C-os maximális belső hőmérsékletet feltételezve ekkor a hűtési napok száma 38.

Napkollektor

A napkollektorokat használati melegvíz készítésre használjuk, szelektív síkkollektorokat feltételezünk.

A szükséges kollektorfelületet a Naplopó Kft. méretezési diagramja alapján számoltuk, azt feltételezve, hogy a szoláris részarány családi házak esetén 60-70%, társasházaknál 30-50%.

6. táblázat: Termikus szoláris rendszerek adatai

	Családi ház	Alacsony társasház	Magas társasház
Elhelyezés	Nyeregtető egyik oldalán	Lapostetőn sorolva, sorok között lévő távolság $b=1,75a$	
Tető nem kihasználható része (kémények, lift gépház stb.)	0,1-0,2	0,15-0,3	0,2-0,4
Kollektorfelület/ lakók száma, m^2	Max. 2	Max. 2	Max. 2
Tárolótérfogat/ napi melegvíz igény	1,2	0,8	0,8
Tájolás - a modul tájolásához és dőlésszögéhez tartozó éves napsugárzás/ ideális tájoláshoz tartozó napsugárzás	0,9-1	0,9-1	0,9-1
$Z_{kollektor}$ - a kollektor árnyékoltsága	0,7-0,9	0,7-0,9	0,7-0,9

Fotovoltaikus elemek

A fotovoltaikus elemek által termelt villamos energia mennyiségét egyszerűsített módszerrel számoltuk. Az éves energiahozam számításának alapja a PV névleges teljesítménye. A modul névleges teljesítménye a típustól és a modul területétől függ. Magyarországon 1 kWp csúcsteljesítményű kedvező hajlásszögű és tájolású, jól benapozott napelem által termelt éves villamos energia kb. 1094 kWh/kWp. Az éves energiahozam: $1094 * \text{tájolás} * \text{kWp} * Z_{PV}$

Az egyes adatokat a az alábbiakban foglaltuk össze

7. táblázat: fotovoltaikus rendszerek bemenő adatai

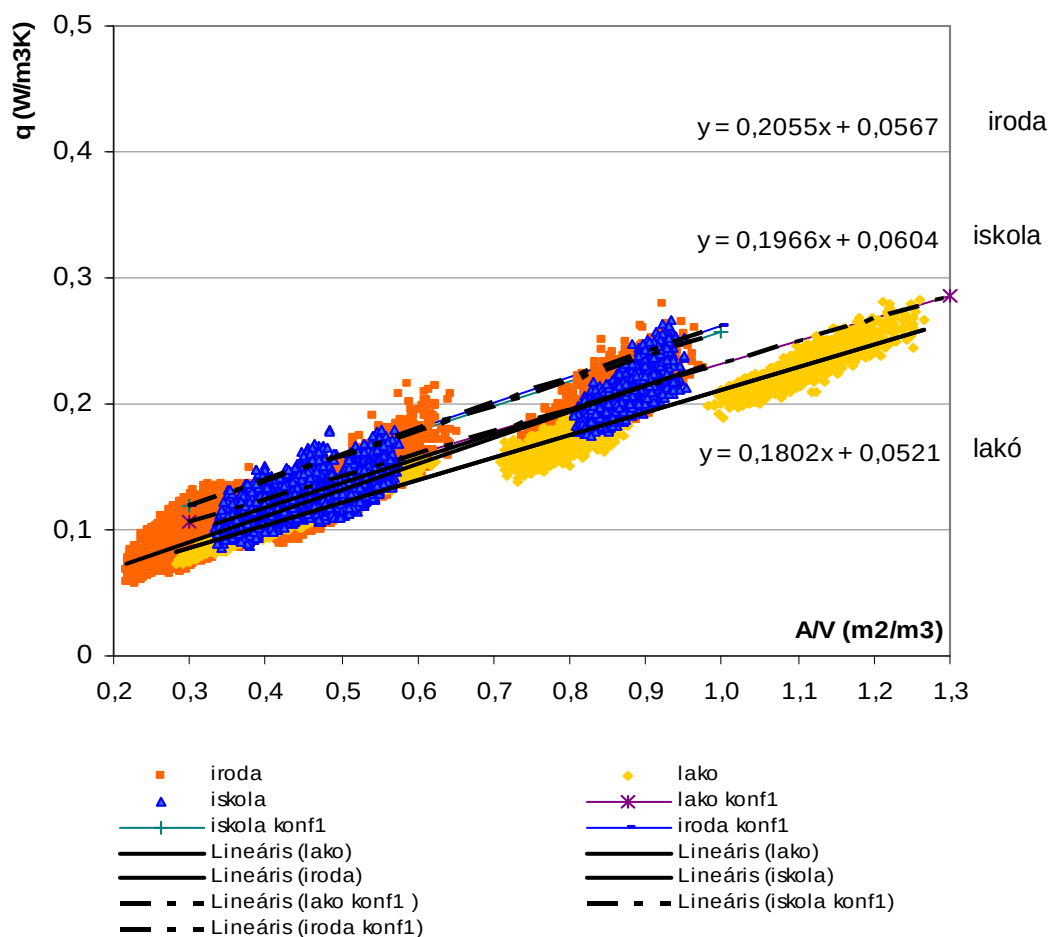
jel	jelmagyarázat	érték
1094	1 kWp névleges teljesítményű 40°-os dőlésszögű és déli tájolású napelem által megtermelt éves villamos energia mennyisége (kWh)	
tájolás	a modul tájolásához és dőlésszögéhez tartozó éves napsugárzás/ ideális tájoláshoz tartozó napsugárzás	0,9-1
kWp	a modul névleges teljesítménye polikristályos modulokat feltételezve	
Z_{PV}	a napelem árnyékoltsága	0,7-0,9

A napelem elektromos áramot vált ki, ezért primer energiában kifejezve a kiváltott energia a napelem éves energiahozamának 2,5-szerese.

3.6. Számítási eredmények

Fajlagos hőveszteségtényező q

A 14 000 mintaépületre elvégzett számítás eredményeit a 3. ábrán mutatjuk be.



3. A fajlagos hővesztésgtényező számított értékei

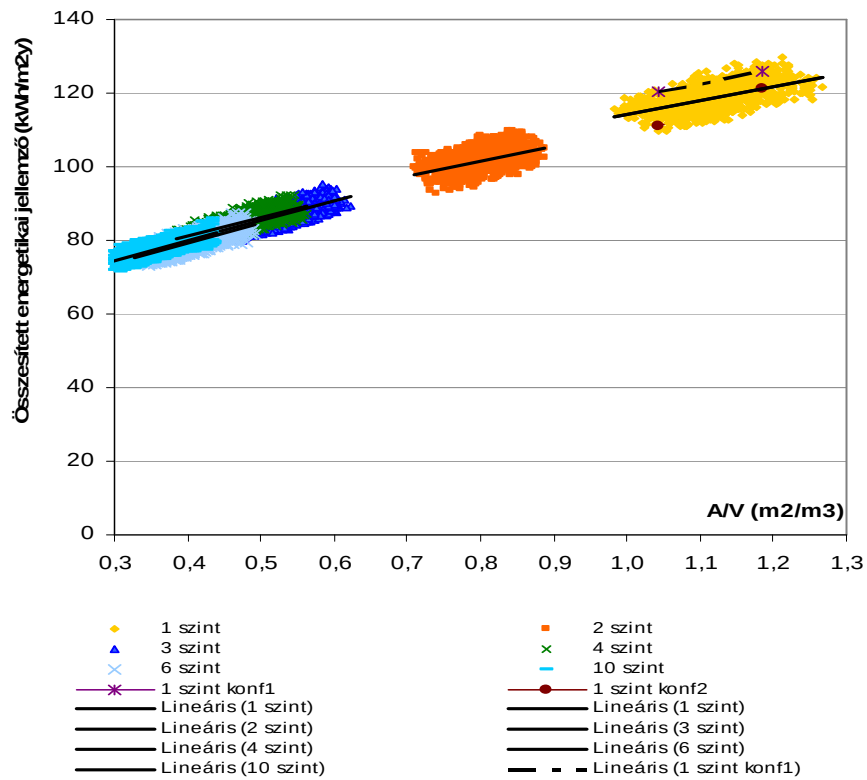
Összesített energetikai jellemző

Lakóépületek

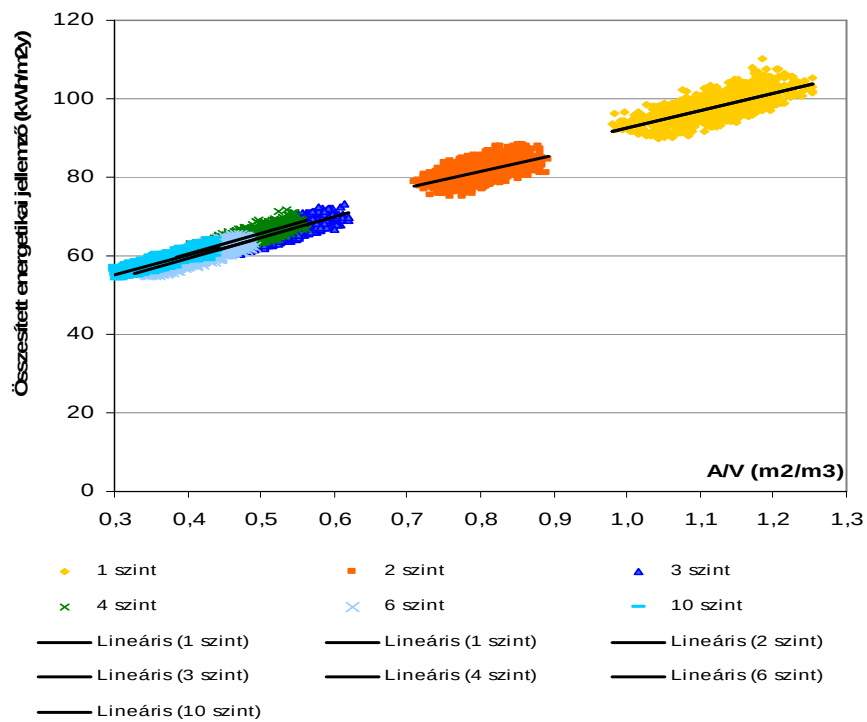
A minta összesen 6000 épületből áll, típusonként 1000 épülettel. Ezek fajlagos éves primer energiaigényeit többféle változatra határoztuk meg

- kondenzációs kazán, légtechnika nincs
- kondenzációs kazán, hővisszanyerős gépi szellőzés
- kondenzációs kazán, légtechnika nincs, napkollektor HMV rásegítésre, fennmaradó tetőfelületen napelem
- kondenzációs kazán, hővisszanyerős gépi szellőzés, napkollektor HMV rásegítésre, fennmaradó tetőfelületen napelem
- pelletkazán, hővisszanyerős gépi szellőzés

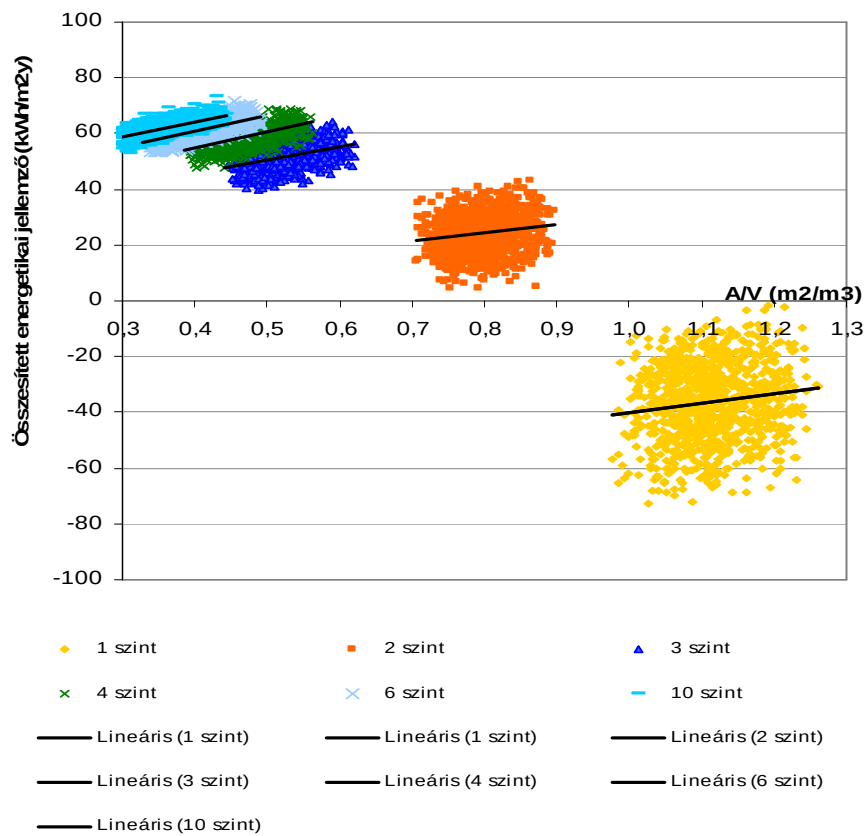
A további változatok (hőszivattyú, kondenzációs kazán, napkollektor HMV rásegítésre, fennmaradó tetőfelületen napelem, de hővisszanyerő nélkül) a fentiekből eredeztethetők.



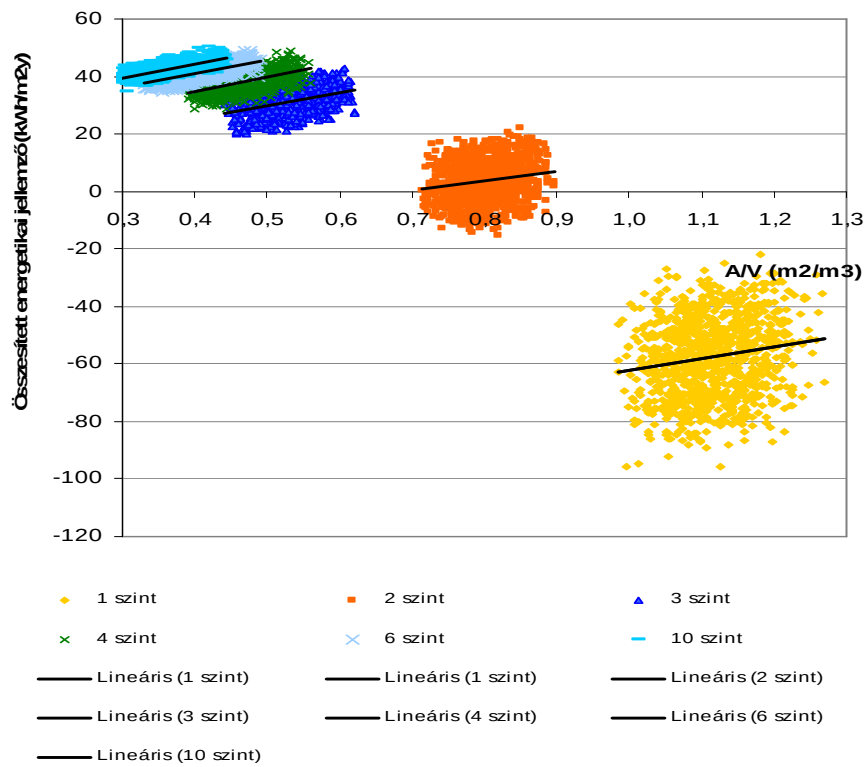
4. Kondenzációs kazán, légtechnika nincs



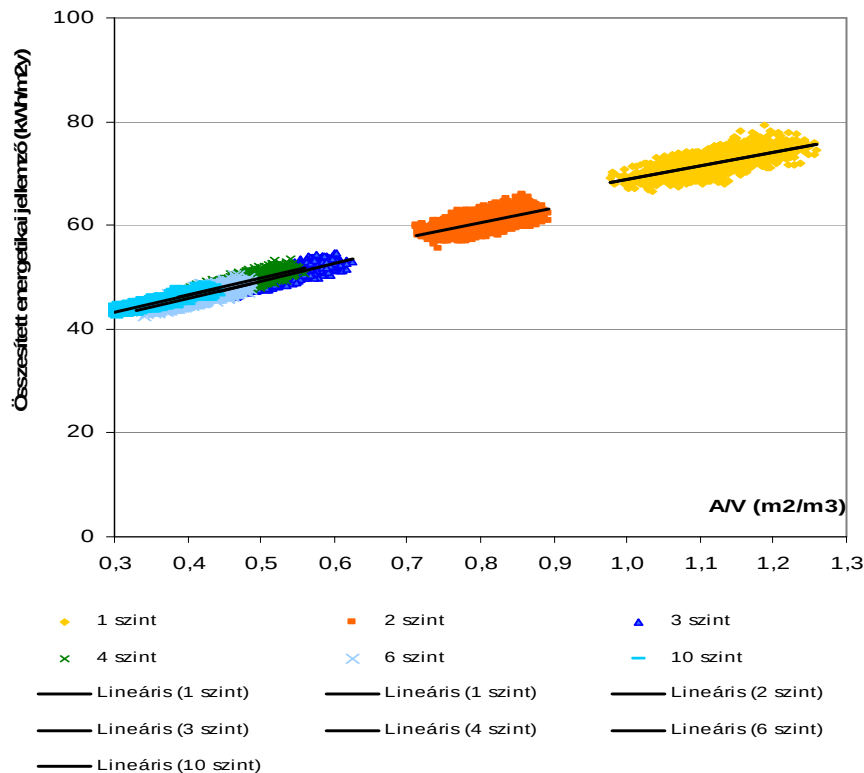
5. Kondenzációs kazán, hővisszanyerős gépi szellőzés



6. Kondenzációs kazán, légtechnika nincs, napkollektor HMV rásegítésre, fennmaradó tetőfelületen napelem



7. Kondenzációs kazán, hővisszanyerős gépi szellőzés, napkollektor HMV rásegítésre, fennmaradó tetőfelületen napelem



8. Pelletkazán, hővisszanyerős gépi szellőzés

8. Táblázat: Lakóépületek összefoglaló statisztikai adatai

egy szintes	a) kond. kazán		b) + hővisszanyerő		c) + szolár, hővisszan		d) + szolár, hővisszan		e) pellet + hővisszanyerő	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
q (W/m³K)	0,23	0,02	0,23	0,02	0,23	0,02	0,23	0,02	0,23	0,02
nettó fűtési energiaigény (kWh/m²a)	60,43	3,59	32,84	3,36	60,55	3,68	32,86	3,23	32,76	3,30
Efűtés (kWh/m²a)	70,79	3,63	42,92	3,39	70,91	3,72	42,95	3,26	35,09	2,18
Ehűtés (kWh/m²a)	47,78	0,00	47,78	0,00	22,45	2,02	22,44	2,00	29,69	0,00
Elégtechnika (kWh/m²a)	0,00	0,00	7,04	0,21	0,00	0,00	7,06	0,22	7,05	0,21
Evilágítás (kWh/m²a)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ehűtés	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
termelt energia (kWh/m²a)	0,00	0,00	0,00	0,00	129,74	11,56	130,17	11,36	0,00	0,00
EP (kWh/m²a)	118,57	3,63	97,74	3,45	-36,38	13,68	-57,72	13,70	71,83	2,24
Epmx (kWh/m²a)	123,24		102,18		-18,81		-40,11		74,71	

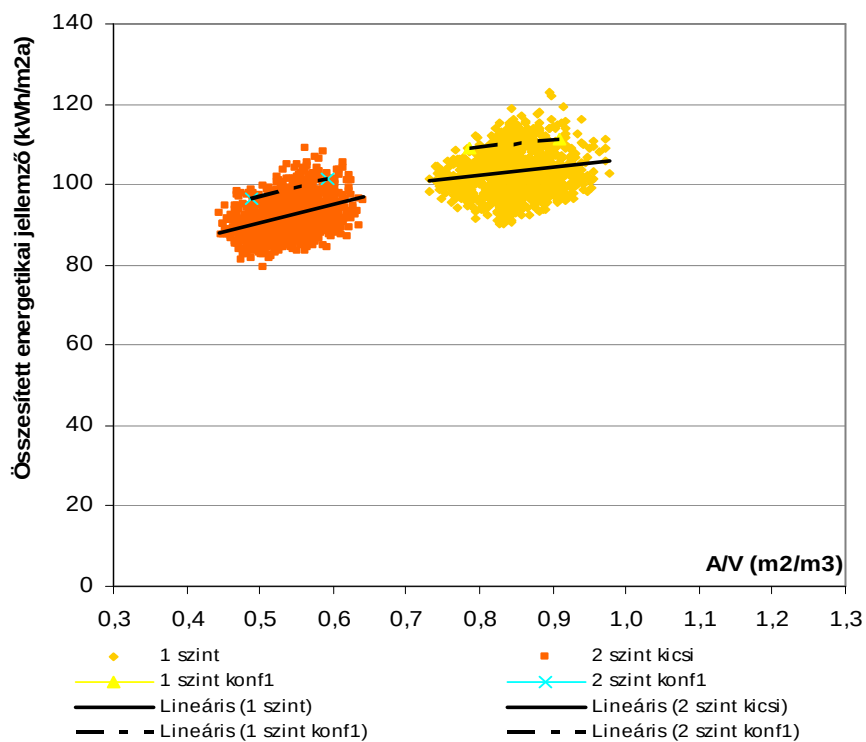
2 szintes	a) kond. kazán		b) + hővisszanyerő		c) + szolár, hővisszan		d) + szolár, hővisszan		e) pellet + hővisszanyerő	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
q (W/m³K)	0,17	0,01	0,17	0,01	0,17	0,01	0,17	0,01	0,17	0,01
nettó fűtési energiaigény (kWh/m²a)	49,10	3,05	22,22	2,41	49,27	2,93	22,20	2,52	22,25	2,54
Efűtés (kWh/m²a)	57,14	3,08	30,00	2,44	57,31	2,96	29,97	2,54	25,51	1,68
Ehűtés (kWh/m²a)	44,42	0,00	44,42	0,00	20,86	1,87	20,79	1,86	28,03	0,00
Elégtechnika (kWh/m²a)	0,00	0,00	7,05	0,21	0,00	0,00	7,05	0,22	7,05	0,21
Evilágítás (kWh/m²a)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ehűtés	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
termelt energia (kWh/m²a)	0,00	0,00	0,00	0,00	53,97	4,92	54,20	5,05	0,00	0,00
EP (kWh/m²a)	101,56	3,08	81,47	2,52	24,20	7,07	3,61	7,10	60,60	1,77
Epmx (kWh/m²a)	105,52		84,71		33,29		12,73		62,87	

3 szintes	a) kond. kazán		b) + hővisszanyerő		c) + szolár, hővisszan		d) + szolár, hővisszan		e) pellet + hővisszanyerő	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
q (W/m³K)	0,13	0,01	0,13	0,01	0,13	0,01	0,13	0,01	0,13	0,01
nettó fűtési energiaigény (kWh/m²a)	39,81	2,69	12,56	2,22	39,69	2,75	12,67	2,19	12,53	2,28
Efűtés (kWh/m²a)	46,25	2,77	18,18	2,28	46,13	2,83	18,30	2,25	16,31	1,50
Ehűtés (kWh/m²a)	40,58	0,00	40,58	0,00	19,88	1,59	19,92	1,62	26,65	0,00
Elégtechnika (kWh/m²a)	0,00	0,00	7,05	0,21	0,00	0,00	7,05	0,21	7,06	0,21
Evilágítás (kWh/m²a)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ehűtés	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
termelt energia (kWh/m²a)	0,00	0,00	0,00	0,00	14,38	2,36	14,36	2,39	0,00	0,00
EP (kWh/m²a)	86,83	2,77	65,82	2,36	51,63	4,34	30,92	4,17	50,02	1,59
Epmx (kWh/m²a)	90,39		68,85		57,20		36,28		52,06	

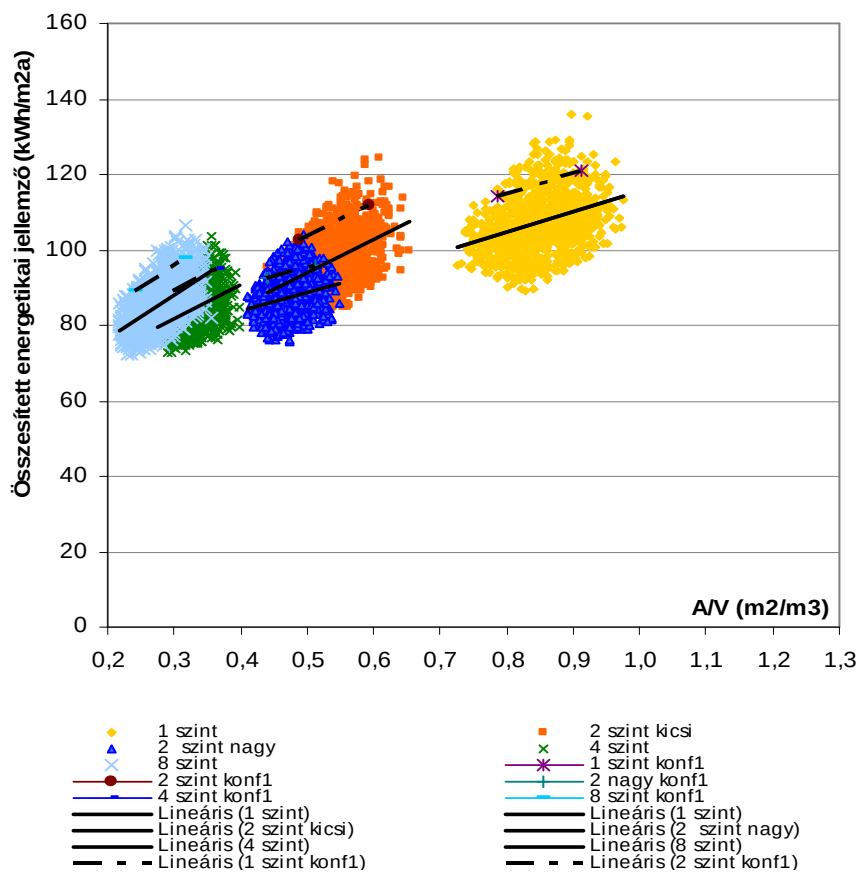
4 szintes	a) kond. kazán		b) + hőviszanyerő		c) + szolár, hőviszany		d) + szolár, hőviszany		e) pellet + hőviszanyerő	
0	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
q (W/m3K)	0,12	0,01	0,12	0,01	0,12	0,01	0,12	0,01	0,12	0,01
nettó fűtési energiaigény (kWh/m2a)	37,55	2,70	10,75	2,23	37,55	2,85	10,70	2,21	10,75	2,16
Efűtés (kWh/m2a)	43,92	2,78	16,32	2,29	43,92	2,93	16,26	2,27	15,13	1,43
EHMV (kWh/m2a)	40,58	0,00	40,58	0,00	19,87	1,63	19,94	1,61	26,65	0,00
Elégtechnika (kWh/m2a)	0,00	0,00	7,07	0,21	0,00	0,00	7,06	0,21	7,05	0,22
Évilágítás (kWh/m2a)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ehűtés	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
termelt energia (kWh/m2a)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,27	1,55	5,25	1,59	0,00	0,00
EP (kWh/m2a)	84,50	2,78	63,96	2,36	58,52	3,86	38,01	3,35	48,84	1,51
Epmax (kWh/m2a)	88,08		66,99		63,49		42,32		50,79	

6 szintes	a) kond. kazán		b) + hőviszanyerő		c) + szolár, hőviszany		d) + szolár, hőviszany		e) pellet + hőviszanyerő	
0	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
q (W/m3K)	0,10	0,01	0,10	0,01	0,10	0,01	0,10	0,01	0,10	0,01
nettó fűtési energiaigény (kWh/m2a)	34,69	2,65	8,39	2,10	34,84	2,66	8,39	1,92	8,41	2,06
Efűtés (kWh/m2a)	39,74	2,70	12,91	2,15	39,89	2,72	12,91	1,96	12,85	1,36
EHMV (kWh/m2a)	39,26	0,00	39,26	0,00	20,97	1,48	20,99	1,46	25,92	0,00
Elégtechnika (kWh/m2a)	0,00	0,00	7,05	0,21	0,00	0,00	7,05	0,22	7,04	0,22
Évilágítás (kWh/m2a)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ehűtés	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
termelt energia (kWh/m2a)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EP (kWh/m2a)	79,00	2,70	59,22	2,22	60,86	3,13	40,95	2,53	45,81	1,44
Epmax (kWh/m2a)	82,47		62,08		64,88		44,20		47,66	

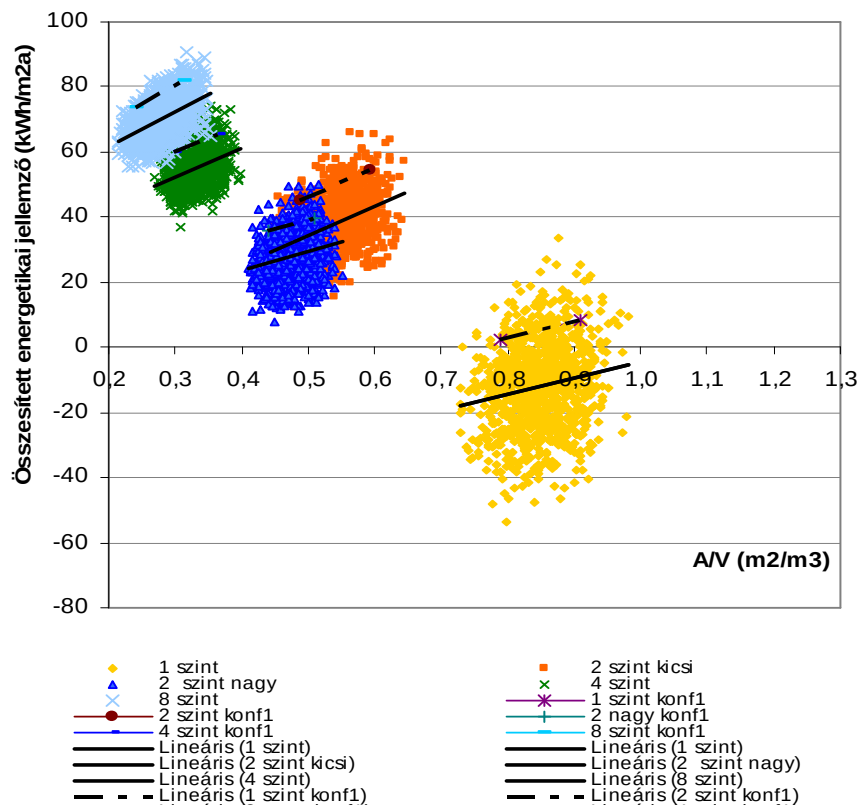
10 szintes	a) kond. kazán		b) + hőviszanyerő		c) + szolár, hőviszany		d) + szolár, hőviszany		e) pellet + hőviszanyerő	
0	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
q (W/m3K)	0,09	0,01	0,10	0,01	0,09	0,01	0,09	0,01	0,09	0,01
nettó fűtési energiaigény (kWh/m2a)	32,99	2,59	7,24	2,00	33,19	2,62	7,08	1,94	6,85	1,93
Efűtés (kWh/m2a)	38,00	2,64	11,74	2,04	38,21	2,67	11,58	1,98	11,82	1,27
EHMV (kWh/m2a)	39,26	0,00	39,26	0,00	23,55	1,48	23,50	1,51	25,92	0,00
Elégtechnika (kWh/m2a)	0,00	0,00	7,06	0,21	0,00	0,00	7,05	0,21	7,05	0,22
Évilágítás (kWh/m2a)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ehűtés	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
termelt energia (kWh/m2a)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EP (kWh/m2a)	77,26	2,64	58,06	2,12	61,76	2,99	42,13	2,50	44,79	1,36
Epmax (kWh/m2a)	80,66		60,78		65,60		45,34		46,53	



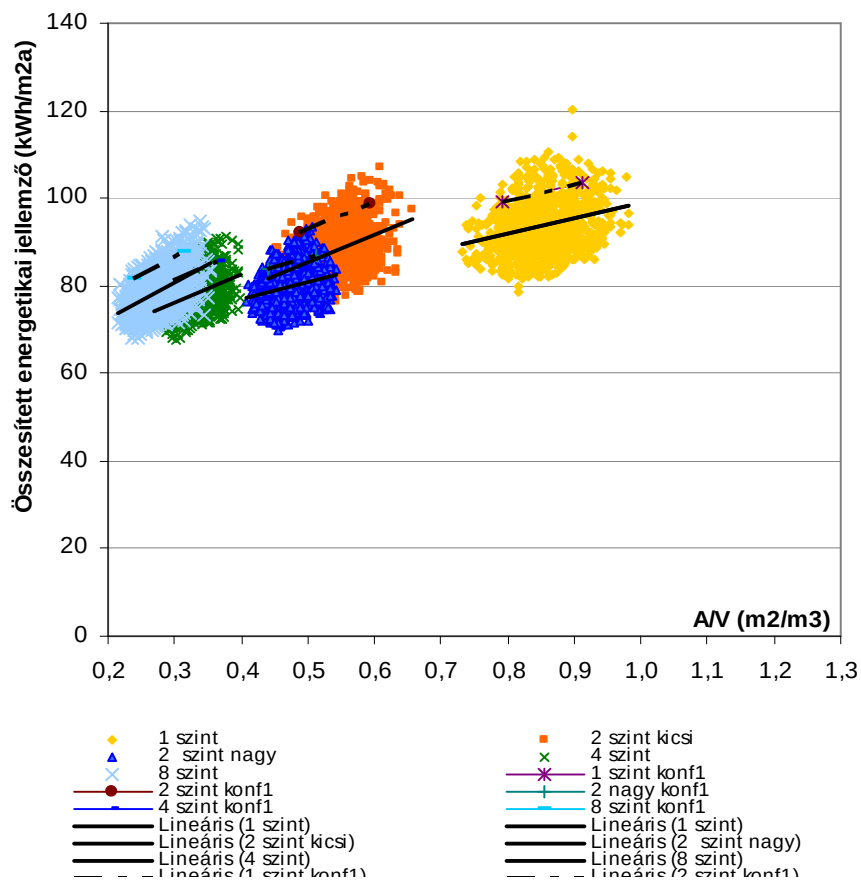
9. Kondenzációs kazán, légtechnika nincs



10. Kondenzációs kazán, hővisszanyerős gépi szellőzés, hűtés



11. Kondenzációs kazán, hővisszanyerős szellőzés, hűtés, napelem



12. Pelletkazán, hővisszanyerős gépi szellőzés

9. táblázat. Irodaházak statisztikai adatai

1 szintes	a) kond. kazán		b) + hővisszanyerő		c) + PV, hővisszanyerő		d) pellet + hővisszanyerő	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
q (W/m3K)	0,20	0,02	0,20	0,02	0,20	0,02	0,20	0,02
nettó fűtési energiaigény (kWh/m2a)	62,26	5,28	33,50	4,64	33,26	4,45	33,27	4,48
Efűtés (kWh/m2a)	69,37	5,44	39,75	4,78	39,50	4,58	30,00	2,95
EHMV (kWh/m2a)	12,84	0,00	12,84	0,00	12,84	0,00	8,66	0,00
Elégtechnika (kWh/m2a)	0,00	0,00	18,36	0,81	18,36	0,83	18,30	0,83
Evilágítás (kWh/m2a)	21,00	0,00	21,00	0,00	21,00	0,00	21,00	0,00
Ehűtés	0,00	0,00	15,71	3,16	15,46	3,16	15,57	3,10
termelt energia (kWh/m2a)	0,00	0,00	0,00	0,00	118,95	10,39	0,00	0,00
EP (kWh/m2a)	103,21	5,44	107,66	7,83	-11,79	13,39	93,53	6,02
Epmax (kWh/m2a)	110,19		117,73		5,42		101,27	

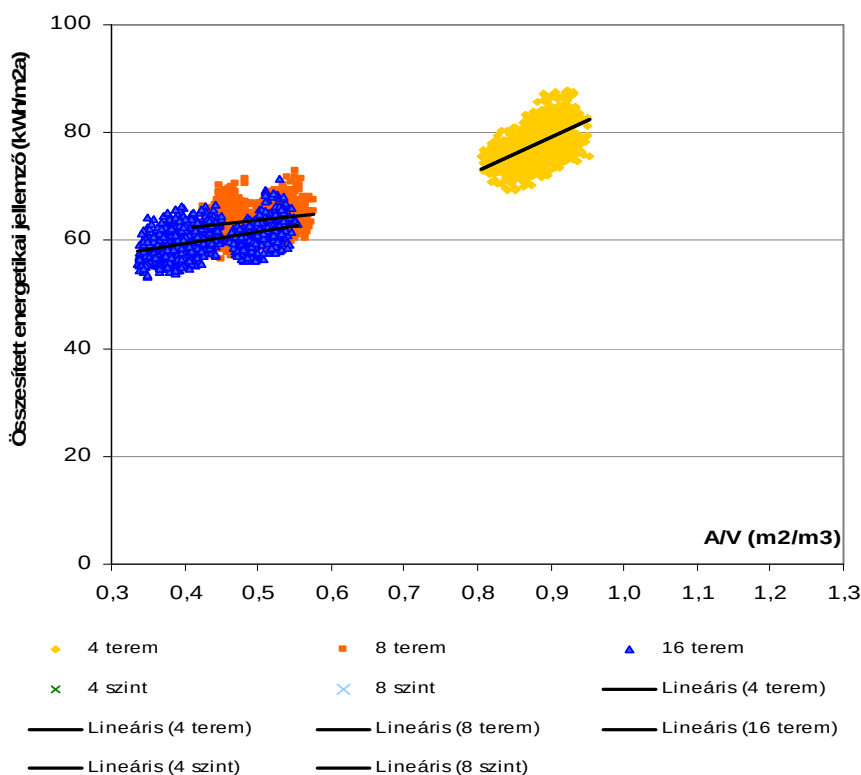
2 szintes kicsi	a) kond. kazán		b) + hővisszanyerő		c) + PV, hővisszanyerő		d) pellet + hővisszanyerő	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
q (W/m3K)	0,14	0,02	0,14	0,02	0,15	0,02	0,15	0,02
nettó fűtési energiaigény (kWh/m2a)	51,72	4,85	23,82	4,31	24,11	4,44	24,18	4,35
Efűtés (kWh/m2a)	58,52	5,00	29,78	4,44	30,08	4,57	24,00	2,87
EHMV (kWh/m2a)	12,84	0,00	12,84	0,00	12,84	0,00	8,66	0,00
Elégtechnika (kWh/m2a)	0,00	0,00	18,34	0,82	18,38	0,82	18,38	0,83
Evilágítás (kWh/m2a)	21,00	0,00	21,00	0,00	21,00	0,00	21,00	0,00
Ehűtés	0,00	0,00	15,57	3,05	15,77	3,14	15,82	3,07
termelt energia (kWh/m2a)	0,00	0,00	0,00	0,00	59,93	5,01	0,00	0,00
EP (kWh/m2a)	92,35	5,00	97,52	7,43	38,14	8,95	87,86	5,95
Epmax (kWh/m2a)	98,78		107,07		49,63		95,51	

2 szintes nagy	a) kond. kazán		b) + hővisszanyerő		c) + PV, hővisszanyerő		d) pellet + hővisszanyerő	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
q (W/m3K)			0,12	0,01	0,12	0,01	0,12	0,01
nettó fűtési energiaigény (kWh/m2a)			18,62	2,91	18,47	3,14	18,71	2,96
Efűtés (kWh/m2a)			23,35	2,97	23,19	3,21	19,65	1,95
EHMV (kWh/m2a)			12,23	0,00	12,23	0,00	8,23	0,00
Elégtechnika (kWh/m2a)			18,35	0,81	18,32	0,82	18,35	0,80
Evilágítás (kWh/m2a)			21,00	0,00	21,00	0,00	21,00	0,00
Ehűtés			12,67	2,11	12,58	2,20	12,70	2,12
termelt energia (kWh/m2a)			0,00	0,00	59,20	5,09	0,00	0,00
EP (kWh/m2a)			87,61	5,17	28,12	7,42	79,94	4,22
Epmax (kWh/m2a)			94,25		37,65		85,36	

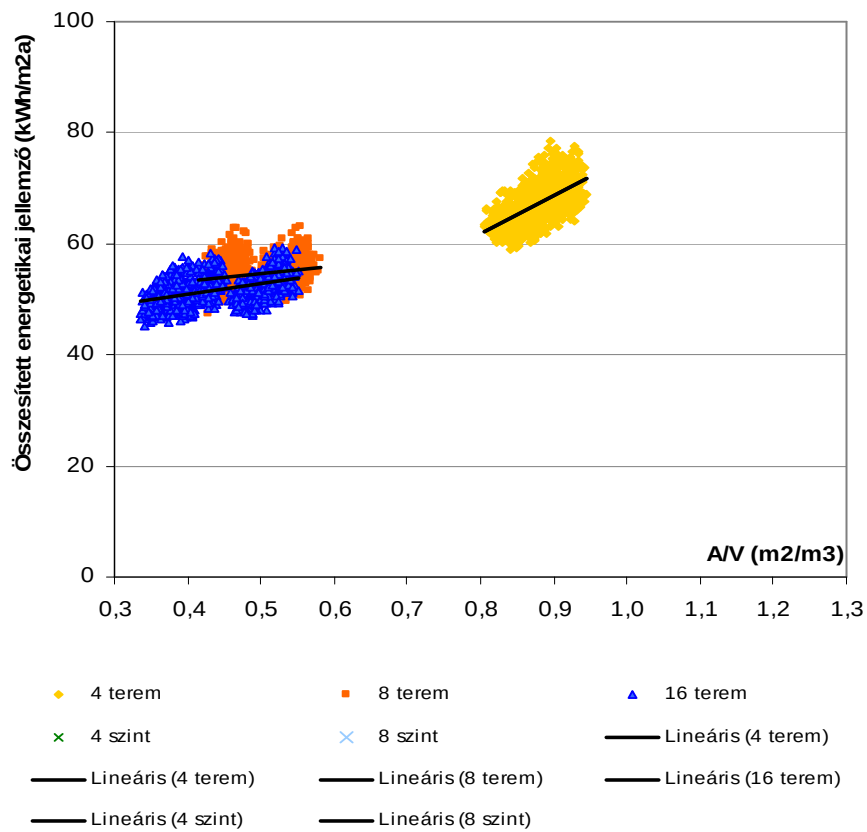
4 szintes	a) kond. kazán		b) + hővisszanyerő		c) + PV, hővisszanyerő		d) pellet + hővisszanyerő	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
q (W/m3K)			0,10	0,01	0,10	0,01	0,10	0,01
nettó fűtési energiaigény (kWh/m2a)			15,33	3,03	15,31	3,03	15,23	2,94
Efűtés (kWh/m2a)			20,00	3,09	19,97	3,09	17,35	1,94
EHMV (kWh/m2a)			12,23	0,00	12,23	0,00	8,23	0,00
Elégtechnika (kWh/m2a)			18,36	0,83	18,35	0,83	18,35	0,80
Evilágítás (kWh/m2a)			21,00	0,00	21,00	0,00	21,00	0,00
Ehűtés			13,22	2,25	13,26	2,27	13,18	2,22
termelt energia (kWh/m2a)			0,00	0,00	29,66	2,48	0,00	0,00
EP (kWh/m2a)			84,81	5,45	55,15	5,99	78,11	4,25
Epmax (kWh/m2a)			91,82		62,85		83,56	

8 szintes	a) kond. kazán		b) + hővisszanyerő		c) + PV, hővisszanyerő		d) pellet + hővisszanyerő	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
q (W/m ³ K)			0,09	0,02	0,09	0,02	0,09	0,02
nettó fűtési energiaigény (kWh/m ² a)			15,10	3,45	14,73	3,24	14,78	3,30
Efűtés (kWh/m ² a)			19,76	3,52	19,38	3,30	17,05	2,18
EHMV (kWh/m ² a)			12,23	0,00	12,23	0,00	8,23	0,00
Elégtechnika (kWh/m ² a)			18,41	0,80	18,35	0,82	18,35	0,80
Evilágítás (kWh/m ² a)			21,00	0,00	21,00	0,00	21,00	0,00
Ehűtés			14,33	2,56	14,03	2,51	14,12	2,51
termelt energia (kWh/m ² a)			0,00	0,00	14,96	1,28	0,00	0,00
EP (kWh/m ² a)			85,74	6,14	70,03	6,02	78,75	4,76
Epmax (kWh/m ² a)			93,63		77,77		84,88	

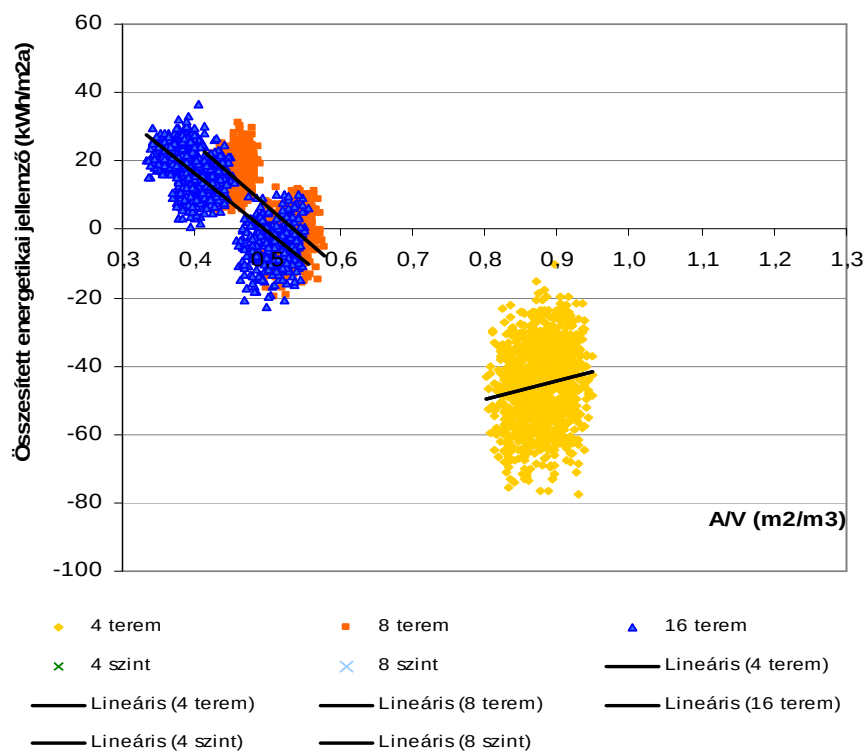
Oktatási épületek



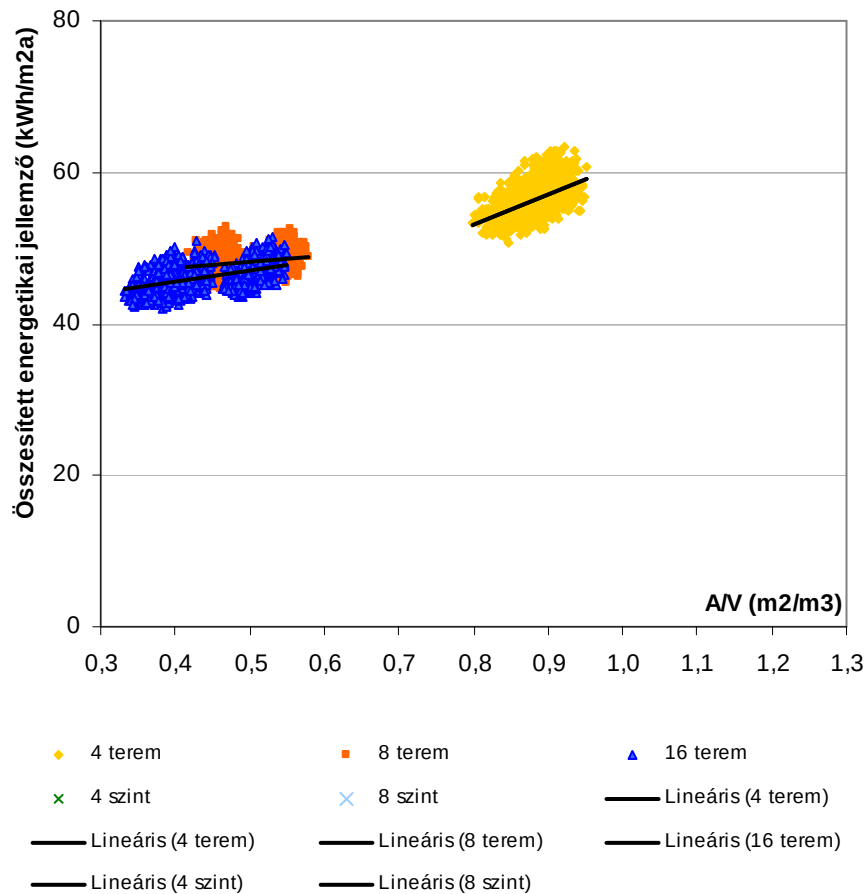
13. Kondenzációs kazán, légtechnika nincs



14. Kondenzációs kazán, hővisszanyerős gépi szellőzés



15. Kondenzációs kazán, hővisszanyerős szellőzés, napelem



16. Pelletkazán, hőviszanyerős gépi szellőzés

10. táblázat. Oktatási épületek statisztikai adatai

4 tantermes	a) kond. kazán		b) + hőviszanyerő		c) + PV, hőviszanyerő		d) pellet + hőviszanyerő	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
q (W/m3K)	0,21	0,02	0,21	0,02	0,21	0,02	0,21	0,02
nettó fűtési energiaigény (kWh/m2a)	48,81	3,40	28,57	3,43	28,49	3,31	28,64	3,35
Efűtés (kWh/m2a)	55,52	3,51	34,67	3,53	34,59	3,41	26,94	2,21
EhMV (kWh/m2a)	10,20	0,00	10,20	0,00	10,20	0,00	6,95	0,00
Elégtechnika (kWh/m2a)	0,00	0,00	10,46	0,19	10,46	0,19	10,46	0,19
Evilágítás (kWh/m2a)	12,00	0,00	12,00	0,00	12,00	0,00	12,00	0,00
Ehűtés	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
termelt energia (kWh/m2a)	0,00	0,00	0,00	0,00	112,68	11,46	0,00	0,00
EP (kWh/m2a)	77,72	3,51	67,33	3,58	-45,44	11,84	56,35	2,27
Epmax (kWh/m2a)	82,22		71,93		-30,22		59,27	

8 tantermes	a) kond. kazán		b) + hőviszanyerő		c) + PV, hőviszanyerő		d) pellet + hőviszanyerő	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
q (W/m3K)	0,14	0,01	0,14	0,01	0,14	0,01	0,14	0,01
nettó fűtési energiaigény (kWh/m2a)	36,87	2,59	17,86	2,37	17,94	2,52	17,91	2,31
Efűtés (kWh/m2a)	41,96	2,64	22,57	2,42	22,65	2,57	19,12	1,53
EhMV (kWh/m2a)	9,66	0,00	9,66	0,00	9,66	0,00	6,55	0,00
Elégtechnika (kWh/m2a)	0,00	0,00	10,47	0,19	10,47	0,19	10,46	0,19
Evilágítás (kWh/m2a)	12,00	0,00	12,00	0,00	12,00	0,00	12,00	0,00
Ehűtés	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
termelt energia (kWh/m2a)	0,00	0,00	0,00	0,00	47,35	10,77	0,00	0,00
EP (kWh/m2a)	63,62	2,64	54,70	2,47	7,43	10,82	48,13	1,58
Epmax (kWh/m2a)	67,02		57,88		21,34		50,15	

16 tantermes	a) kond. kazán		b) + hővisszanyerő		c) + PV, hővisszanyerő		d) pellet + hővisszanyerő	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
q (W/m3K)	0,12	0,01	0,12	0,01	0,12	0,01	0,12	0,02
nettó fűtési energiaigény (kWh/m2a)	33,46	2,78	14,76	2,38	14,89	2,37	14,73	2,47
Efűtés (kWh/m2a)	38,49	2,83	19,42	2,43	19,54	2,42	17,02	1,63
EhMV (kWh/m2a)	9,66	0,00	9,66	0,00	9,66	0,00	6,55	0,00
Elégtechnika (kWh/m2a)	0,00	0,00	10,46	0,20	10,46	0,20	10,46	0,20
Evilágítás (kWh/m2a)	12,00	0,00	12,00	0,00	12,00	0,00	12,00	0,00
Ehűtés	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
termelt energia (kWh/m2a)	0,00	0,00	0,00	0,00	41,44	12,75	0,00	0,00
EP (kWh/m2a)	60,15	2,83	51,53	2,48	10,22	12,33	46,03	1,68
Epmax (kWh/m2a)	63,79		54,72		26,06		48,19	

4. A JAVASOLT KÖVETELMÉNYEK

4.1. Elemi szintű követelmények

Az elemi szintű követelményeket illetően korábban utaltunk arra, hogy számításaink során a Magyar Mérnöki Kamara munkabizottságában dr. Osztrólczy Miklós által javasolt hőszigetelési követelményértékeket és a passzív ház építés gyakorlatát vettük figyelembe.

Megjegyzés: a magasabb hőátbocsátási tényező ellenére megengedhetőnek javasoljuk a passzív szoláris épületek köréből ismert energiagyűjtő falak alkalmazását, valamint a csatlakozó üvegházak és az anyaépület közötti nagyobb hőátbocsátási tényezőjű falakat és nyílászárókat a fajlagos hőveszteségtényezőre (W/m^3K) vonatkozó követelmény betartása mellett. A passzív szoláris épületek köréből ismert energiagyűjtő falakra a nyereségáramokat is figyelembe vevő „egyenértékű U” meghatározására egyszerű „kézi” számítási módszer áll rendelkezésre.

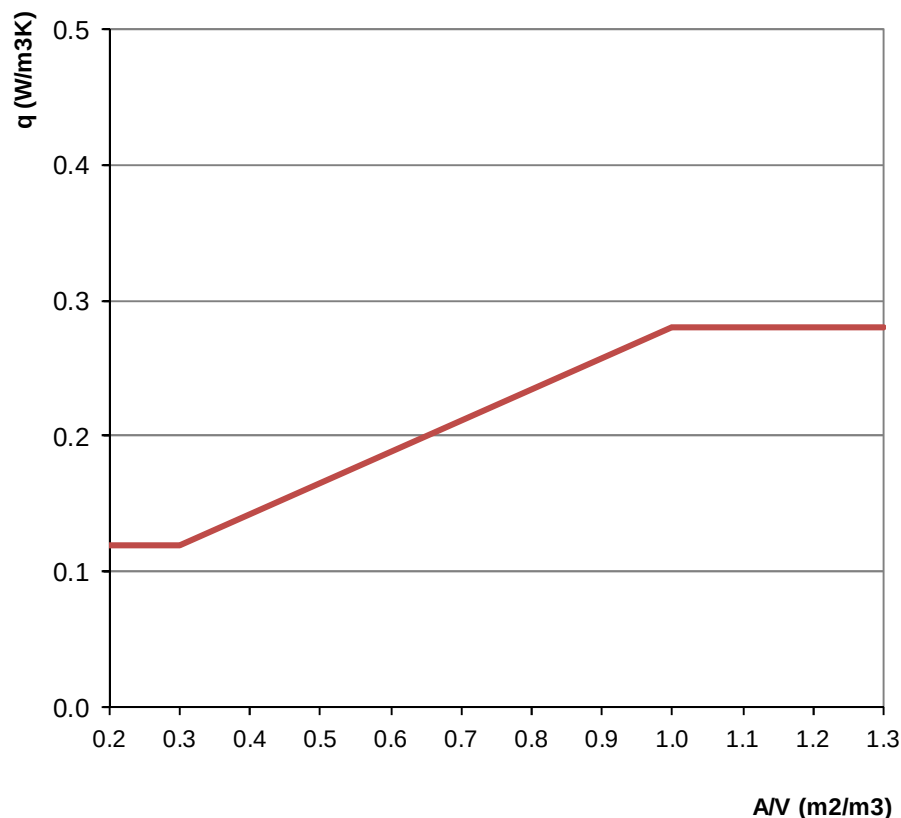
4.2. Fajlagos hőveszteségtényező

A fajlagos hőveszteségtényező megengedett legnagyobb értékére a felület/térfogat arány függvényében a következő összefüggés szerinti értékeket javasoljuk:

$A/V \leq 0,3$	$q_m = 0,12$	W/m^3K
$0,3 \leq A/V \leq 1,0$	$q_m = 0,051 + 0,23 (\Sigma A/V)$	W/m^3K
$A/V \geq 1,0$	$q_m = 0,281$	W/m^3K

ahol ΣA = az épülethatároló szerkezetek összfelülete
 V = fűtött épülettérfogat (fűtött légtérfogat)

A fenti összefüggést grafikus formában a 17. ábra mutatja.



17. A fajlagos hővesztésgtényező javasolt megengedett legnagyobb értéke a felület/térfogat arány függvényében

4.3. Összesített energetikai jellemző

Az összesített energetikai jellemző értékét többféle épületgépészeti rendszer és helyi megújuló energia forrás változatra számítottuk ki. Helyi megújuló energiaforrás mellőzésével, korszerű épületgépészeti rendszert feltételezve minden esetre meghatároztuk az összehasonlítást szolgáló referencia értékeket is.

A követelményértékeket úgy javasoljuk előírni, hogy azok teljesítéséhez egy helyi megújuló energiaforrás igénybevétele elkerülhetetlen legyen.

Alapelveként rögzítjük, hogy egy épület esetében egy, azaz egynél nem több helyi megújuló forrás igénybevétele várható el.

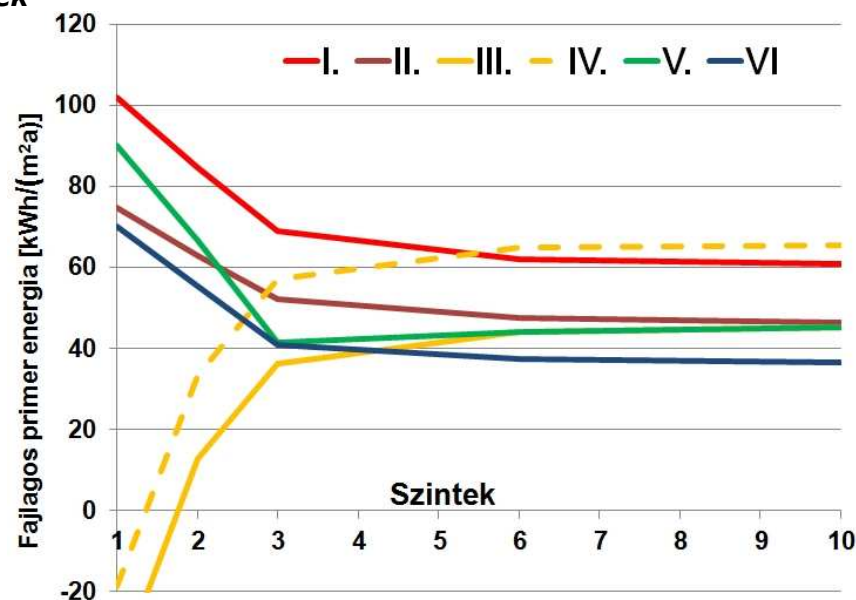
Az, hogy mi legyen ez a helyi megújuló energiaforrás az összes adottság és lehetőség mérlegelésével a tervező döntésén múlik. Szoláris rendszer esetében nyilván kérdés az energiagyűjtő elemek elhelyezésére szolgáló felület nagysága, tájolása, dőlése, benapozottsága. Szilárd biomassza tüzelés esetében az épület településen belüli helye, a szmogképződés kockázata, a tüzelőanyag szállítása és tárolása jelentik a mérlegelendő szempontokat. A talajhő hasznosítási lehetősége a geológiai és telekadottságoktól, a közműhálózat által elfoglalt területektől függ.

Természetesen nincs kizárva az a lehetőség, hogy egy épület esetében egynél több helybeni megújuló energiaforrás hasznosítására kerüljön sor, de ez nem elvárás, hanem egy lehetőség arra, hogy a követelménynél jobb épület létesüljön. Ugyanilyen lehetőséget jelent az, ha külső forrásból alacsony primer energiataralmú ellátás érhető el – az alacsonyabb primer energiataralom nyilvánvalóan jelzi, hogy az energia részben vagy egészen megújuló forrásból származik.

A követelményeket a legkedvezőtlenebb megújuló forrásokkal elérhető eredményekhez illesztettük. Ez alacsony szintszámok esetében jellemzően a biomassa tüzelés, nagyobb szintszámok esetében egyforma eséllyel a szoláris rendszerek és a biomassa tüzelés.

A felület/térfogat viszony hatása a közel nulla energia követelmények esetében elveszíti jelentőségét. Új és fontos geometriai viszonyként jelenik meg az energiagyűjtő felületek és az összes hasznos alapterület aránya, amely közvetve a szintek számával is kifejezhető, ezért a javasolt követelményértékeket a szintszám függvényében adjuk meg.

Lakóépületek



18. Az összesített energetikai jellemző különböző helyi megújuló energiaforrások mellett lakóépületekre.

Jelmagyarázat:

- I. Kondenzációs kazán, hővisszanyerős gépi szellőzés, mint referencia érték
- II. Pellet- vagy faelgázosító kazán, hővisszanyerős gépi szellőzés
- III. Kondenzációs kazán, hővisszanyerős gépi szellőzés, kollektor és a mellette fennmaradó tetőfelületen napelem
- IV. Kondenzációs kazán, kollektor és a mellette fennmaradó tetőfelületen napelem
- V. Kondenzációs kazán, hővisszanyerős gépi szellőzés, kollektor
- VI. Hőszivattyú, hővisszanyerős gépi szellőzés

A javasolt követelményértékek:

Szintszám	Összesített energetikai jellemző kWh/m ² a
1	72
2	60
3 és 4	53
5 és több	50

Egy és két szint esetén a javasolt követelménynél lényegesen alacsonyabb érték gáztüzelés mellett is elérhető, ténylegesen nulla vagy „energia-pozitív” épület is létesíthető, ha a használati melegvíztermeléshez szükséges kollektor felület mellett fotovoltaikus mezőt is telepítünk a tetőre. Ebben az esetben a követelmény hővisszanyerős gépi szellőzés nélkül is teljesíthető.

Három és négy szint esetén a javasolt követelménynél alacsonyabb érték gáztüzelés mellett is elérhető, ha a használati melegvíztermeléshez szükséges kollektor felület mellett fotovoltaikus mezőt is telepítünk a tetőre. A hővisszanyerős gépi szellőzést

illetően három szint esetén határeset alakul ki – kompenzáló megoldásokkal (az elemi szintű követelményeknél jobb hőszigetelés, jó tájolás és benapozás) a hővisszanyerős gépi szellőzés elhagyható.

Négy és több szint esetén a követelmény betartása csak hővisszanyerős gépi szellőztetéssel lehetséges.

Öt szintig a legkisebb „megújuló részarány” biomassa tüzeléssel érhető el. Ötnél több szint esetén a biomassa tüzeléssel és a szoláris rendszerekkel elérhető „megújuló részarány” gyakorlatilag azonos. Utóbbi esetben a szükséges felületű kollektor mező mellett fotovoltaiikus elemek számára már nem marad hely a tetőn.

Több okból is előfordulhat olyan épület, amelyekben a szintek alapterülete nem egyforma (például terasz házak). Ezekben az esetekben az összes hasznos alapterületet osztva az épület vetületi alapterületével tört szintszámot kapunk, a követelményt erre a fenti adatokból lineáris interpolációval származtatjuk.

Abban az esetben, ha a költségoptimalizációs számítások szerint a hővisszanyerős gépi szellőztetés alkalmazása lakóépületekben nem lenne kifizetődő a következő alternatív követelmények vezethetők be:

Szintszám	Összesített energetikai jellemző kWh/m ² a
1	87
2	75
3 és több	73

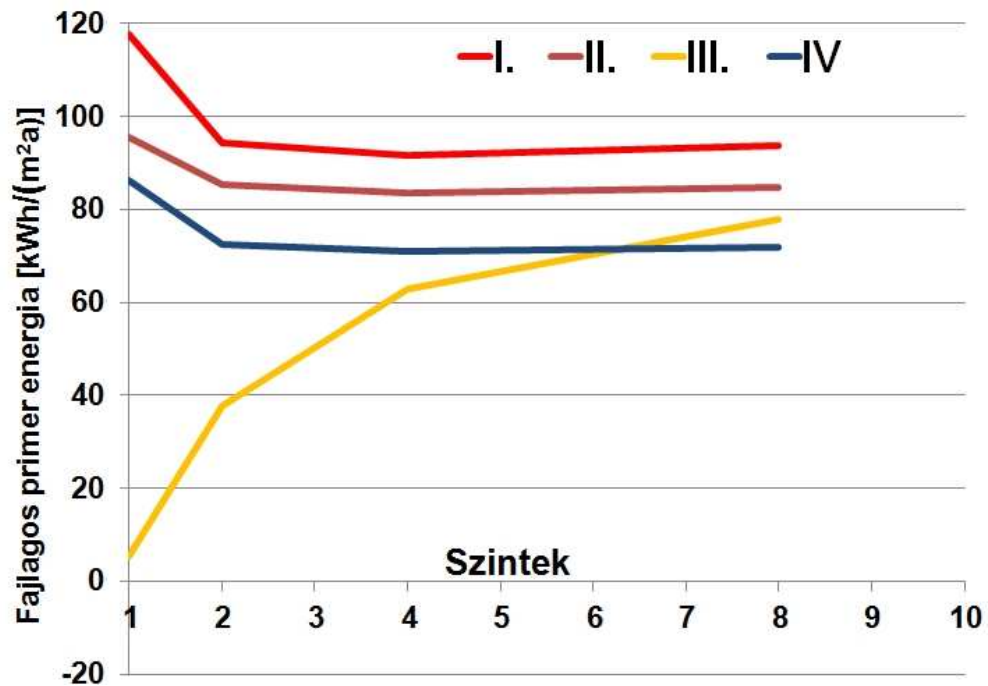
Szigorú vagy enyhe?

A fenti követelmények szigorúságának megítélése nézőpont kérdése. Tájékozódás végett a következőket érdemes megfontolni. A Passivhaus Institut „passzívház” követelményrendszerében a megengedhető fajlagos éves primer energiafogyasztás 120 kWh/m²a, amely tartalmazza a világítás és valamennyi háztartási készülék energiafogyasztását is. Ugyancsak a Passivhaus Institut kiadványai tartalmazzanak adatot a belső hőterhelés tervezési értékére is. A „biztonság javára tévedve” tételezzük fel, hogy az összes belső hőterhelés elektromos fogyasztókból származik. Ennek éves egyenértéke primer energiában kifejezve 46 kWh/m²a. Ezt a 120-ból levonva az eredmény 74 kWh/m²a, ami azt jelenti, hogy minden olyan esetben, amikor az általunk javasolt követelményérték ennél alacsonyabb, akkor a követelmény szigorúbb, mint a „passzívház” előírás.

A javasolt követelmények mindegyik szintszám esetén alacsonyabbak.

A költségoptimalizációs számítások még nem ismert esetleges eredményére tekintettel alternatívaként említett adatok kettő- és több szint esetén gyakorlatilag a „passzívház” követelménynek felelnek meg, egyszintes lakóépületeknél annál 10-15 %-kal enyhébbek.

Irodaépületek



19. Az összesített energetikai jellemző különböző helyi megújuló energiaforrások mellett irodaépületekre.

Jelmagyarázat:

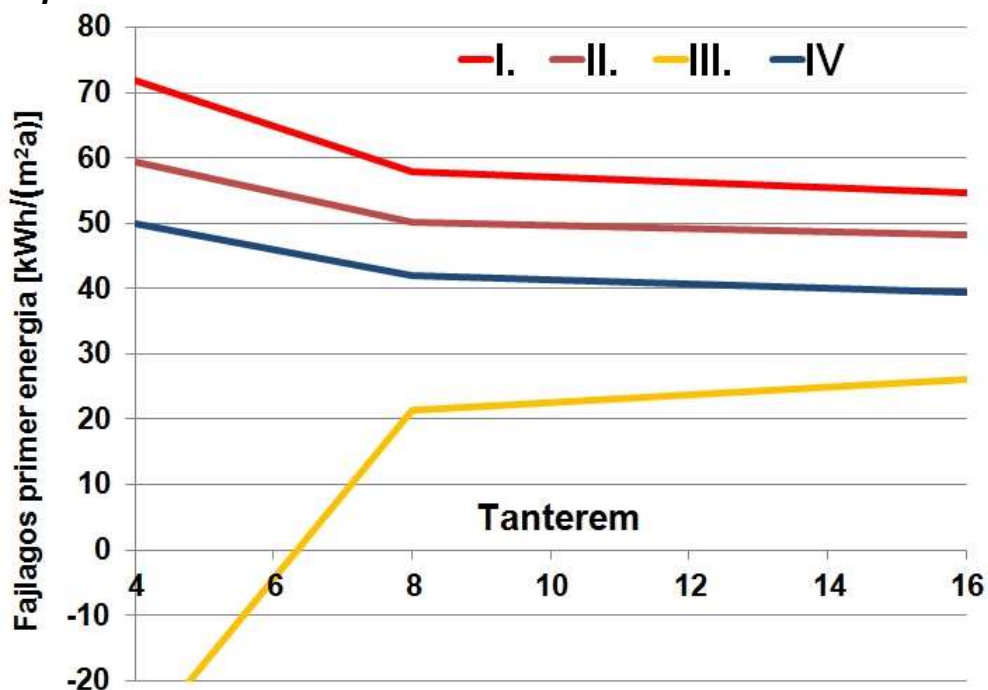
- I. Kondenzációs kazán, hővisszanyerős gépi szellőzés, gépi hűtés, mint referencia érték
- II. Pellet- vagy faelgázosító kazán, hővisszanyerős gépi szellőzés, gépi hűtés
- III. Kondenzációs kazán, hővisszanyerős gépi szellőzés, gépi hűtés és a kihasználható tetőfelületen napelem
- IV. Hőszivattyú, hővisszanyerős gépi szellőzés, gépi hűtés

Javasolt követelményérték A, B komfortkategóriájú irodaházakra

Egy szint esetén 102, több szint esetén 85 kWh/m²a

Megfontolásra javasoljuk, hogy kisebb alapterületű és egy vagy kétszintes irodaépületekre, amelyek költség optimalizálási szempontok alapján gépi szellőzés, tehát hővisszanyerő nélkül létesülnek és a C komfort kategóriába tartoznak egy enyhébb, 115 kWh/m²a követelményérték legyen előírva.

Oktatási épületek



20. Az összesített energetikai jellemző különböző helyi megújuló energiaforrások mellett oktatási épületekre.

Jelmagyarázat:

- I. Kondenzációs kazán, hővisszanyerős gépi szellőzés, mint referencia érték
- II. Pellet- vagy faelgázosító kazán, hővisszanyerős gépi szellőzés
- III. Kondenzációs kazán, hővisszanyerős gépi szellőzés, a kihasználható tetőfelületen napelem
- IV. Hőszivattyú, hővisszanyerős gépi szellőzés

Az oktatási épületek esetében gépi hűtést nem vettünk figyelembe. Természetesen ha a tanév időbeosztása változna, a nyári szünet rövidülne, akkor ezt a kérdést felül kell vizsgálni.

5. A TECHNIKAILAG LEHETSÉGES KÖVETELMÉNYÉRTÉKEK FELÚJÍTÁSOKNÁL

5.1. Energiahatékonyság

Felújítások esetén elvileg ugyanolyan követelmények írhatók elő a határoló szerkezetekre, mint új építés esetén, de számolni kell azzal, hogy nem minden határoló szerkezet felújítása lehetséges, vagy nem a követelményeknek megfelelő mértékben, illetve ha mégis, akkor irreális áron. Két tipikus esetet említenénk példaként, az első a belvárosi történelmi épületek, ahol az utcai homlokzatok hőszigetelése a homlokzati tagozatok miatt kizárt vagy ha ilyen akadály nincs, akkor is problémát okozhat az, hogy a vastag szigetelés „kitolja” az utcafrontot, mely jelenleg engedélyezési problémákat jelenthet. A reprezentatív történelmi homlokzatú épületeknél a nyílászárók cseréje is kérdéses, hiszen a kapcsolt gerébtokos ablakok műanyag ablakra való cseréje városképi szempontból megkérdőjelezhető. Itt lényegében az ablakfelújítás, illetve az egyedi gyártású fa ablakok jelentik a megoldást, melyek költsége igen magas.

Másik példa a talajon fekvő padlók szigetelése, illetve általában a talaj felé menő hőáramok, hőhídvesztések csökkentésének korlátozott lehetősége. Ennek különösen földszintes vagy alacsony szintszámú épületek esetén van jelentősége. Szintén problémás lehet beépített tetőterek utólagos hőszigetelése bizonyos szigetelésvastagság felett, mely szerkezeti nehézségekbe ütközhet, illetve túlzott mértékű belmagasság csökkenéshez vezethet.

Az új építésű épületekkel ellentétben meglévő épületek esetén gyakorlatilag nincs lehetőség a hűlő felület – fűtött térfogat arány javítására (csökkentésére) sem, hiszen ez adottság, mint ahogy az üvegezési arány lényeges változtatása sem reális.

Ami a gépészetet illeti, szintén szűkebb a mozgástér. Egy nagyobb épületben a hővisszanyerős szellőzőrendszer kiépítése gondot okozhat, de a nagy helyigényű hővisszanyerő készülékek és légcsatornák helyigénye szűk terek, beépített bútorok és kis belmagasság esetén szintén problémás lehet. Belvárosi beépítettség esetén ráadásul a friss levegőt a tetőszintről kell beszívni, mert ott tisztább, ami biztosan nem oldható meg aknák nélkül (a közös terekben, udvarokban vezetett légcsatornákat esztétikai okokból kell kizárnunk, különösen ami a tömeges alkalmazást illeti).

A hőtermelői oldalon is korlátozottak a lehetőségek. Egy olyan társasházban, ahol parapetes gázkonvektorokkal fűtöttek eddig, lakásonkénti cirkós hőtermelés lehet hogy nem oldható meg a kéménykürtők hiánya miatt.

Természetesen a felsorolt akadályok szinte egyik esetben sem megoldhatatlanok, csak sokszor a megoldás olyan költséges lenne, hogy a költségoptimum elv biztosan kizárná azt.

5.2. Az alapfelújítás vizsgálata épülettípusonként

Az alapfelújítás csomag vizsgálatának célja annak megállapítása, hogy képes-e az első szintű követelmények szerint felújított épület a második és a harmadik szintű követelményt is teljesíteni, illetve ha nem, mekkora az eltérés a tényleges érték és a követelményérték között.

Ezután azt fogjuk megvizsgálni, hogy lehetséges-e pusztán napenergiával az esetleges különbözetet fedezni.

Alapfelújítás csomag alatt azt értjük, hogy a 2019-re kitűzött szerkezeti követelményeknek megfelelően felújítjuk az épületeket, melyhez még társul egy gépészeti alapfelújítás. A gépészeti alapfelújításba kondenzációs kazánt, helyiségenkénti szabályozást értünk, de nem vesszük bele az esetleges hővisszanyerőt és megújuló

energiákat. A hővisszanyerő és a legtöbb megújuló (a napenergia kivételével) a fent elmondott nehézségek miatt nem tekinthető alapváltozatnak meglévő épületek esetén.

A vizsgálatokat 9 épülettípusra végeztük el, melyek lefedik a leggyakoribb hazai lakóépületeket. Valamennyi típus 1991 előtti, mert ezek képezik a lakásállomány zömét és ezeknél várható a költségesebb felújítás. Felújításra vonatkozó vizsgálatainkat kizárólag lakóépületekre korlátozzuk.

A vizsgálatok alapján az derült ki, hogy lényegében minden épülettípusnál nagyjából hasonló szigetelésvastagságokat kellett alkalmazni, melyeket a 11. táblázat foglal össze.

A szerkezetek felújításánál figyelembe vettünk bizonyos, a meglévő épületre jellemző korlátozó tényezőket. Ezek közül a legfontosabb, hogy a talajon fekvő padlókat nem láttuk el utólagos szigeteléssel annak magas járulékos költségei, illetve a belmagasság csökkenésre gyakorolt hatás miatt. A másik fontos korlátozás, hogy a @. típusú épületnél a díszes utcai homlokzat miatt nem alkalmaztunk hőszigetelést az utcai homlokzatokon, csak az udvarin.

11. táblázat. Az első szintű követelmények teljesítéséhez szükséges szigetelés vastagságok

	utólagos hőszigetelés szükséges vastagsága ($\lambda=0,039 \text{ W/m}^2\text{K}$)
külső fal	15-17 cm (városképi okok miatt nem minden esetben alkalmazható)
padlásfödém	18-24 cm
lapostető	20-25 cm
pincefödém	14-15 cm
talajon fekvő padló	nem szigeteltük

A számítások eredményét az 5.4. fejezetben található 12. táblázat foglalja össze. Kitűnik belőle, hogy pusztán a szerkezeti felújítással és a kondenzációs kazánnal a második szintű követelmények igen, viszont a harmadik szintű követelmények nem teljesíthetők. Az $E_p - E_{p_{max}}$ különbség épülettípusonként eltérő, lényegében ez az, amit a napenergiával (vagy egyéb megújulókkal vagy hővisszanyerős szellőzéssel) kellene teljesíteni. Azt, hogy ez lehetséges-e, a következő fejezetben vizsgáljuk meg.

5.3. Megújuló energiák alkalmazása

Talajszondás, talajkollektoros, kútvizes, illetve egyéb vizes hőszivattyú sűrű városi szövetben való alkalmazásának nehézségei könnyen beláthatók meglévő épületekben különösen.

A biomassza alapú hőtermelés városi beépítés esetén szintén sok esetben kizárható a fa szállítási és tárolási nehézségei, valamint a sok pontszerű forrás okozta porszennyezés miatt. A szél- és vízenergia általános használatának akadályait nem kell magyarázni.

Az egyetlen általánosan alkalmazható megoldás a napenergia hasznosításon kívül a levegős hőszivattyú, különösen ha megoldható, hogy ne külső levegő hőjét hasznosítsa, hanem hővisszanyerős rendszer távozó levegőjéből szívja a hőt. Ez azonban igen speciális eset és feltételezi a hővisszanyerőt, melynek alkalmazhatóságát korábban tárgyaltuk. A külső levegős hőszivattyúk többsége rossz SPF értéke miatt nem tekinthető megújuló energiás rendszernek, ezért propagálásukkal vigyázni kell.

Lényegében tehát meglévő épületek esetén a legtöbb esetben hasznosítható megújuló energia a napenergia, hiszen szinte minden épület tetőfelülete kihasználatlan és valamennyire alkalmas napkollektorok, napelemek elhelyezésére. Természetesen itt is vannak kivételek, hiszen ha egy kisebb épületet nagyobb épületek folyamatosan beárnyékolnak vagy ha az épületek északi hegyoldalon helyezkednek el, akkor ez az opció sem működik.

Ezek alapján kijelenthető, hogy van olyan meglévő épület, ahol semmilyen megújuló energiaforrás nem hasznosítható gazdaságosan, de azért az épületek többségében legalább a napenergia hasznosítható valamilyen mértékben.

Ezért az alábbiakban azt vizsgáljuk meg, hogy a meglévő épületeknél legnagyobb valószínűséggel alkalmazható energiaforrás (a napenergia) energiahozamának mi az elvárható minimumértéke.

Vizsgálatainkat tehát a napenergia hasznosításra korlátozzuk. Felújítások esetén a szoláris energiával elérhető részarány is gyakran alacsonyabb, mint új építésű épületek esetén, ahol a tervezőnek nincs beleszólása a tömegformálásba és az energiagyűjtő felületek maximalizálására, persze a telekadottságok és az építési szabályozás új építés esetén is korlátozzák a lehetőségeket. Meglévő épületeknél több a kötöttség, hiszen az épület geometriája adott, sőt a leginkább kihasználható tetőfelületeken gyakran találhatók olyan objektumok (liftgépház, kémény, hűtőgép kültéri egység, tetőventilátorok, antennák), melyek adottságként tekintendők és korlátozzák az elhelyezhető energiagyűjtő elemek méretét és kapacitását. A probléma különösen a városias beépítésű területeken, azon belül is a magasabb épületek esetén számottevő, ahol a sok szint (nagyobb összterület) miatt magasak a nettó igények.

Ezen korlátozó adottságok sok esetben ugyan részben vagy akár teljes mértékben megszüntethetők, de csak jelentős építészeti, épületgépészeti átalakítás árán, mely egyébként energetikai szempontból szükségtelen lenne, ezért mindenképpen jelentős költségnövelő tényező.

A további vizsgálódásainkban tehát abból indulunk ki, hogy a tetőfelépítmények adottak, ezért az energiagyűjtő felületek kialakításakor azokhoz alkalmazkodni kell, azaz biztosítani kell körülötte a megfelelő minimum fél méteres védő- illetve szerelési távolságot, illetve az objektum által vetett árnyékot is figyelembe kell venni.

Elvileg a homlokzatokra is lehet energiagyűjtő elemeket helyezni, amennyiben azok benapozottak (de erre városias beépítés esetén kicsi az esély), ez azonban egyrészt általában kevésbé költséghatékony, másrészt nagyon jelentősen befolyásolja az épület megjelenését, illetve tömeges alkalmazás esetén a városképet. Megítélésünk szerint mind a magyar lakosság, mind a hatóságok e kérdésben konzervatívok, ezért nem tartjuk reálisnak ezen megoldások tömeges elterjedését, az elkövetkezendő évtizedekben legalábbis semmiképpen. Ezért vizsgálódásainkat a tetőkre korlátoztuk.

A felmérés módszere

Vizsgálatainkhoz épülettipológiát hoztunk létre, melynek elemei építési technológia, építési idő, geometriai adottságok alapján tipikusnak mondható, ténylegesen álló mintaépületek. Erre azért volt szükség, mert a meglévő épületeink vizsgálatakor nem elegendő fiktív, automatikusan generált geometriákból kiindulni, mint új építésű épületek esetén, ráadásul a felépítmények vizsgálatához mindenképpen a tényállapot vizsgálatára volt szükség. A kutatás során segítséget nyújtottak a Google Earth, a norc.hu és egyes kerületekre, illetve városokra rendelkezésre álló térinformatikai rendszerek. Ezek az épületek tipizálásához nyújtottak hathatós segítséget, hiszen rövid időn belül nagy területeket és sok épületet lehetett áttekinteni, és ki lehetett választani, hogy milyen épületek tipikusak. Ezután az egyes típusokhoz konkrét épületeket választottunk ki, melyekre tervek rendelkezésre álltak, így lehetővé vált a tetők dőlésszögének, a tetőfelépítmények vizsgálata, illetve az elhelyezhető energiagyűjtő felületek meghatározása. Az említett térinformatikai rendszerek ebben is segítséget nyújtottak, mert sokszor megfelelő volt a felbontás a nagyobb tetőfelépítmények beazonosítására.

A vizsgálatot kiemelt részletességgel végeztük el panelépületekre, mert ezen épülettípusokra jellemző a nagy szintszámból eredő magas nettó igény a tetőfelülethez viszonyítva, illetve ezen épületek eleve uniformizált elvek alapján készültek nagy darabszámban, ezért könnyen tipizálhatók. Ráadásul ezekről az épületekről részletesebb tervdokumentáció állt rendelkezésünkre, ezért érdemes volt részletesebb vizsgálatokba belemenni, melyek pontosabb képet eredményeztek.

A tipizálás során összesen 9 kategóriát különböztettünk meg. A kategóriába sorolás két szempontcsoport alapján történt.

Az elsőbe az épületek azon tulajdonságai tartoznak, amelyekből következtetni lehet a nettó igényekre. A használati melegvíz nettó melegvíz igényét általában a hatályos szabályozásban szereplő 30 kWh/m²évre vettük fel. A tipizálás szempontjából alapvetők voltak a fűtési energiafelhasználást befolyásoló tényezők (szerkezet, építési idő, geometria). A nettó fűtési igény meghatározása épülettípusonként megtörtént „Az alapfelújítás vizsgálata épülettípusonként” fejezetben leírtak szerint.

A második csoportba azok a tulajdonságok tartoznak, amelyek az esetlegesen telepítendő napenergiás rendszer szempontjából lehetnek érdekesek. A „takart földterület” alatt azt a területet értjük, ami egyenértékű a tető területével abban az esetben, ha az lapos és azon nem található semmilyen műtárgy (például liftgépház, folyosó, szellőzőnyílás, kémény, antenna stb.). Ebből a felületből a hasznos tetőfelület megkapásához figyelembe vettük a dőlésszöveget, illetve levontuk a tetőn lévő - előbbiekben említett - építményeket. Ezen számítás során csak a nehezen eltávolítható és tipikus objektumokkal foglalkoztunk (pl. liftgépház, kémény). A többi elem nem játszik jelentős szerepet a telepítéskor, hiszen például a szellőzőnyílások gyakran kikerülhetők, az antennák pedig könnyen áthelyezhetők. Ezekből megkapjuk azt a hasznos alapterületet, amelyre az energiagyűjtő elemek fizikai akadály nélkül telepíthetők.

Természetesen az egy kategóriába sorolt épületek között is találunk különbségeket, vagyis a vizsgálat csak közelítő becslés, a cél a nagyságrendek meghatározása.

A vizsgálatokat valós épületekre végeztük el, kivéve a tájolást. Azt ugyanis öt fiktív esetre határoztuk meg, azaz forgattuk az épületet úgy, hogy a fő homlokzat déli, délkeleti, keleti, északkeleti és északi legyen. Ezzel lényegében az összes esetet lefedtük, mert a délnyugati, a nyugati és az északnyugati tájolás energiahozam szempontjából majdnem azonos rendre a délkeleti, keleti, északkeleti tájolásokkal. Középpontosan szimmetrikus épületeknél elegendő volt három tájolást vizsgálni.

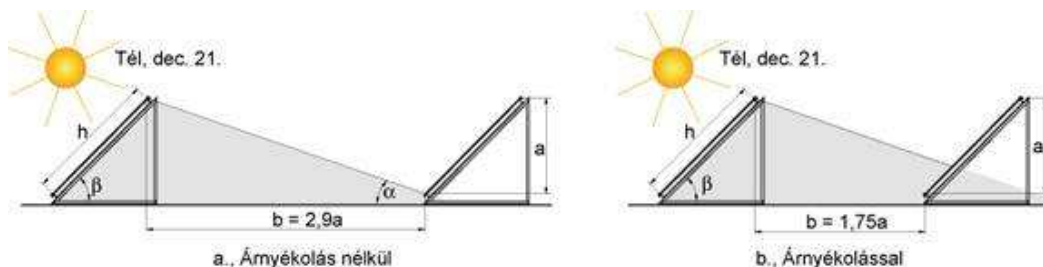
Lapostetők felmérése

Lapostetőkre való napkollektor telepítés elsősorban talán könnyűnek tűnhet, azonban a konkrét helyzet felmérésekor meglepő eredményt tapasztaltunk. Első feltételezésre azt mondhatjuk, hogy nagy terület áll a rendelkezésünkre. Ez kétségtelenül így is van, azonban számításba kell vennünk a tetőn található felépítményeket melyek értékes helyeket vesznek el a rendelkezésre álló alapterületből. Ilyen lehet a liftgépház, melynek mind az alapterülete, mind az árnyéka jelentős területet foglal le. Oda kell figyelni a telepítéskor az itt található ventilátorokra és szellőző-berendezésekre. Ezek nagy többsége már nem üzemel, de csökkent a telepíthető kollektorok számát. Ugyanez a helyzet a kéményekkel és az antennákkal, azzal a különbséggel, hogy ezek természetesen üzemelnek.

A vizsgált terület összes épületén lapostető található, ezért ennek megfelelően állványokra kell a kollektorokat telepíteni. Ilyesfajta tető esetében a hasznos terület csökkenését jelenti annak az 1 méteres sávnak az elvesztése is, amit a biztonságos szerelés érdekében ki kell hagyni minden irányban a tető széle mellett. A lapostetőre való telepítéskor számításba kell venni a kollektorok önárnyékát, valamint biztosítani kell a megfelelő rögzítést a tetőfelületre, amelynek súlya nem elhanyagolható.

A kollektorok önárnyéka megítélésében még egy kérdést mérlegelnünk kellett. Azt kellett eldöntenünk, hogy a kollektorfelületet növeljük, vállalva ezzel azt az esetet, hogy az önárnyék bizonyos időpontokban hasznos felületet vehet el, vagy tisztán csak azzal számolunk amennyi kollektort el tudunk úgy helyezni, hogy azok nem vetnek árnyékot egymásra, így a sugárzási energiahozam szempontjából értékes órákban (10-14) létező napállások esetén nem keletkezik veszteséges kollektorfelület.

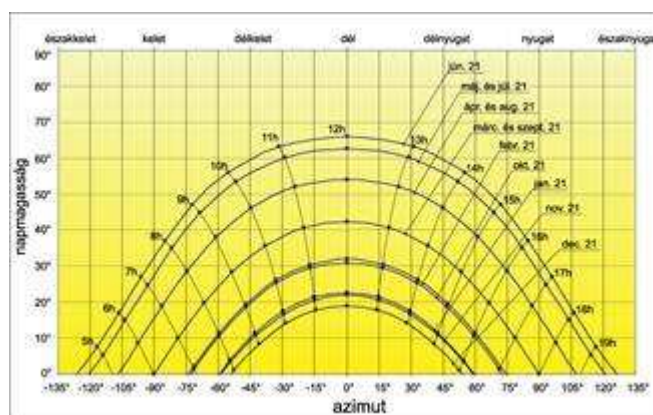
Ezt a problémát szemlélteti a következő ábra.



Kollektorok önárnyéka

Forrás: naplopo.hu

Mielőtt meghatároznánk azt a távolságot, ami az árnyékolás nélküli esethez elegendő, ejtsünk pár szót arról, hogy mi is áll a dolog hátterében. A probléma abból adódik, hogy Földünk saját forgástengelye és a Nap körüli keringés tengelye egymással 23,5°-os szöget zár be. Ebből az következik, hogy a Nap nem mindig azonos pályát jár be az év különböző napjain. Ez a Föld különböző pontjain lokálisan is változó. A Budapestre vonatkoztatott nappálya diagramból látható, hogy a Nap a téli hónapokban jelentősen alacsonyabban jár, mint nyáron.



Nappálya diagram

Forrás: naplopo.hu

Látható, hogy a két legszélsőségesebb helyzetű nap a december 21 és június 21. Ha a számunkra legkedvezőtlenebb esetet akarjuk vizsgálni - amikor az árnyék a legnagyobb - értelemszerűen a decemberi napmagassággal kell foglalkoznunk. Ennek értékét úgy számíthatjuk ki, ha a 90°-ból kivonjuk a már említett 23,5°-ot, valamint az adott földrajzi szélesség értékét ami Budapest esetében 47,5°. Ha ezt elvégezzük, megkapjuk, hogy december 21-én 19°-os magasságban delel a Nap. Ez az érték, csupán olyan szempontból hagy kívánnivalót maga után, hogy még ezen a napon is van önárnyék, a korábbi és későbbi időpontokban azonban ennek nagyobb gyakorlati jelentősége már nincsen.

Ha a fent említett ábra jelöléseivel akarjuk kifejezni azt a távolságot, amekkora árnyékot vet egy kollektor, („b”) akkor egyszerűen egy derékszögű háromszögben kell kifejeznünk a hosszabbik befogót, vagyis

$$b = \frac{a}{\tan \alpha} = \frac{a}{\tan 19^\circ} = \frac{a}{0,344} = 2,904a$$

A betűk magyarázata az ábrán látható. Ez a távolság relatíve elég nagy, ezért a gyakorlatban csak akkor szoktak ekkora helyet hagyni a kollektorok között, ha az igényt az így felszerelhető kollektormennyiség is fedezni tudja. Szemléltetésképp néhány konkrét gyártmány esetén a gyártó a következő távolságokat írja elő a dőlésszög függvényében. Kollektorméret: 2070x1145x90

Kollektorsorok közti távolságok [Bosch]

	FKC-1, FKT-1		VK 180
Kollektor dőlésszöge	Álló	Fekvő	Álló
25°	4,74 m	2,63 m	3,25 m
30°	5,18 m	2,87 m	3,42 m
35°	5,58 m	3,09 m	3,61 m
40°	5,94 m	3,29 m	3,80 m
45°	6,26 m	3,46 m	4,00 m
50°	6,52 m	3,61 m	4,22 m
55°	6,74 m	3,73 m	4,44 m
60°	6,90 m	3,82 m	4,68 m

Az optimális sortávolságot a kollektor magassági méretének függvényében valahová 1,75 és 2,5 értékek közé érdemes a gyakorlatban belőni. Azt, hogy nagyságrendileg milyen veszteség keletkezik a sorok egymásra vetett árnyékával a következő képlet határozza meg:

$$\Delta I = 100 \cdot \alpha \cdot \frac{f_{\text{dif}}}{180 - \beta} [\%]$$

ahol

ΔI : Árnyékolás miatti veszteség

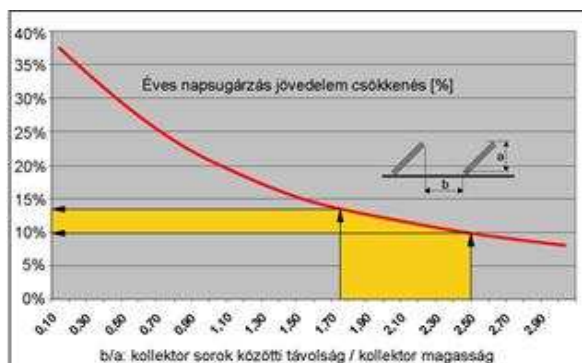
α : Az árnyékolás határszöge ($\arctg(a/b)$)

f_{dif} : A diffúz napsugárzás részaránya (Közép-Európában értéke 0,6)

β : A napkollektor dőlésszöge

Az összefüggés elméletileg csak a szórt napsugárzás csökkenését határozza meg, azonban körülbelüli becslésre jól használható a teljes napsugárzás csökkenésének meghatározására is.

Az ábrán az látható, hogy a b/a viszony milyen hatással van a veszteségre. Sárgával a javasolt viszonyszámot és a hozzá tartozó veszteséget láthatjuk.



Kollektor hatásfokának csökkenése a b/a viszony függvényében

Forrás: naplopo.hu

Az ábra használatakor két szempontot kell figyelembe vennünk. Az első, hogy az értékek csak nagyságrendi viszonyítást adnak, másrészt pedig egész évre vonatkoztatva vannak rajta feltüntetve az arányok, de a veszteségek inkább a téli időszakban jelentkeznek. Ebből következően, ha olyan rendszert vizsgálunk, amely télen is üzemel - mert például fűtés rásegítő szerepe is van - akkor ez nem alkalmazható, hiszen ekkor a veszteségek jóval nagyobbak.

A két lehetséges megközelítés közül az elsőt választottuk, azaz az elrendezést úgy alakítottuk ki, hogy a sugárzási energiahozam tekintetében fontos órákzökben egyetlen telepítendő kollektorra sem vetül árnyék, sem a tetőn lévő felépítményről, sem pedig az előtte lévő kollektor sorról. Ennek oka, hogy a maximális hozam meghatározása érdekében egész éves üzemeltetést feltételeztünk, vagyis azt, hogy még decemberben is fennáll a benapozottság.

Magastetős épületek esetén a kéményt, a tetőablakokat és a tetőkibúvó nyílásokat kellett figyelembe vennünk. Elképzelhető, hogy egy tetőn csak egy tetőkibúvó nyílás és egy kémény helyezkedik el, de ezeket mindenkor a benapozott tetőkre helyeztük el, hiszen célunk a legkedvezőtlenebb eset modellezése volt. Nem tekintettük reális opciónak ugyanis a tető átalakítását a kollektorok, napelemek kedvéért.

Ezenkívül fél méter védőtávolságot számoltunk a tetőszélek és az említett tetőfelépítmények köré, mely a kollektorok szerelése szempontjából is fontos. (Tetőbe integrált kollektorok esetén különösen.)

Továbbá, a napkollektor- és a napelem mezők egységpanelekből állnak, melyek méretéből további holt terek adódnak. Vizsgálataink során a piacon található panelek közül viszonylag kisméretűeket választottunk ki, hogy kevesebb legyen a holtter. Napkollektorok esetén így az egységméret 1x2 m, napelemek esetén pedig 1x1,5 m volt. Panelépületek esetén más kollektortípusokkal és PV típusokkal számoltunk, ezek egységmérete az I. és II. függelékben található.

Energiahozam számítás napkollektor esetében

A számításokat a kereskedelmi forgalomban kapható jó minőségű szelektív síkkollektorok (Bosch FKT-1S) és vákuumcsöves kollektorok (Bosch VK180) feltételezésével végeztük.

A napkollektorok elrendezési vázlatát a különböző épülettípusokra az I. függelék tartalmazza. Az elrendezés során a maximális helykihasználásra törekedtünk a felépítmények szerelési távolságait és a vetett árnyékokat, illetve a kollektorok önárnyékát figyelembe véve. Az elrendezési tervek egyben meghatározzák a kollektor darabszámot, illetve bruttó kollektorfelületet is. Az energiahozam számításakor ennek a kollektorszámnak az energiahozamával számoltunk. A számításakor jól megtervezett és kivitelezett rendszert feltételeztünk a rendszerhatásfok maximalizálása érdekében.

Az alábbiakban egy panelépület példáján keresztül bemutatjuk a napkollektor energiahozamának számítási módját, valamint a szoláris részarány meghatározását.
Az épület adattáblája:

Tájolás:	É-D
Hasznos tetőfelület [m ²]	165,8
Napi HMV energiaigény [kWh/nap]	209
Éves HMV energiaigény [kWh/év]	76285

A telepítendő kollektor adatai (forrás: Bosch gyártmánykatalógus):

Kollektor tájolása:	Dél
Kollektor dőlésszöge:	40°
Korrekciós tényező:	0,98
Kollektor típusa:	síkkollektor
Abszorberfelület:	2,23 m ²

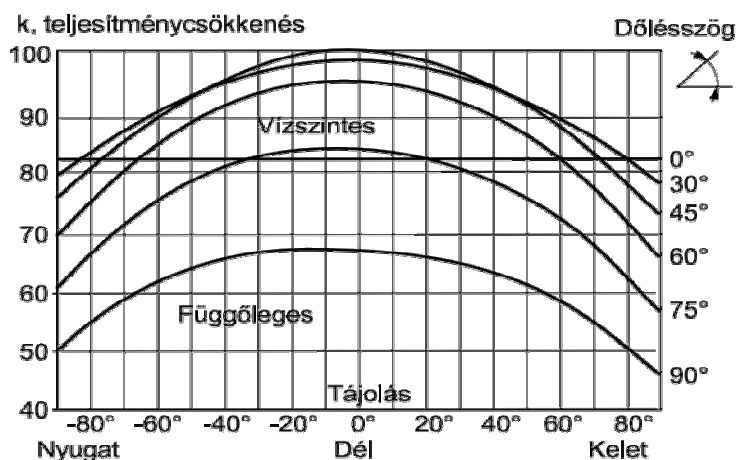
Elhelyezhető kollektorszám: 16 db

Meghatároztuk napi lebontásban a kollektor által hasznosítható napenergiát, majd ebből képeztük a havi energiamennyiséget négyzetméterre vonatkoztatva. Ebből a következő képlet segítségével kiszámoltuk a kollektormező éves hőtermelését kWh-ban.

$$Q_{\text{kollektor,éves}} = k \cdot N_{\text{koll}} \cdot A_{\text{abszorber}} \cdot \Sigma Q_{\text{kollektor,havi}}$$

ahol,

- $Q_{\text{kollektor,éves}}$: kollektormező által előállítható energia éves szinten [kWh/év]
- k : korrekciós tényező, mely az ideális déli tájolású 43°-os dőlésszögű esettől való eltérést mutatja meg
- N_{koll} : elhelyezhető kollektorok száma [db]
- $A_{\text{abszorber}}$: Kollektor abszorber lemezének felülete [m²]
- $\Sigma Q_{\text{kollektor,havi}}$: egy kollektor által termelhető energiamennyiség havonta [kWh/m²hó]



Értékének meghatározásában a következő táblázat nyújt segítséget.

Kollektorok (síkkollektor) hőtermelése havi bontásban

Hónap	síkkollektorok által hasznosítható napenergia			abszorber	Kollektorok száma	Hőtermelés
	kWh/(m ² nap)	nap/hónap	kWh/(m ² hó)	m ² /kollektor	db	kWh
január	0,35	31	10,85	2,23	16	379,4
február	0,75	28	21	2,23	16	734,3
március	1,35	31	41,85	2,23	16	1463,3
április	2,05	30	61,5	2,23	16	2150,4
május	2,35	31	72,85	2,23	16	2547,3
június	2,65	30	79,5	2,23	16	2779,8
július	2,85	31	88,35	2,23	16	3089,3
augusztus	2,85	31	88,35	2,23	16	3089,3
szeptember	2,55	30	76,5	2,23	16	2674,9
október	1,65	31	51,15	2,23	16	1788,5
november	0,65	30	19,5	2,23	16	681,8
december	0,25	31	7,75	2,23	16	271,0

Miután ismertük a HMV hőigényt illetve a kollektormező által biztosított energiamennyiséget, hányadosukat képeztük. Így megkaptuk a rendszer szoláris részarányát.

Szoláris részarány meghatározása (síkkollektor)

hónap	Hőtermelés	HMV igény havi	Lefedett energia	Havi fedezett
	kWh	kWh	kWh	
január	379,4	6479,0	379,4	5,86%
február	734,3	5852,0	734,3	12,55%
március	1463,3	6479,0	1463,3	22,59%
április	2150,4	6270,0	2150,4	34,30%
május	2547,3	6479,0	2547,3	39,32%
június	2779,8	6270,0	2779,8	44,34%
július	3089,3	6479,0	3089,3	47,68%
augusztus	3089,3	6479,0	3089,3	47,68%
szeptember	2674,9	6270,0	2674,9	42,66%
október	1788,5	6479,0	1788,5	27,61%
november	681,8	6270,0	681,8	10,87%
december	271,0	6479,0	271,0	4,18%
	21649,4	76285,0	21649,4	28,38%

Az előzőek alapján a a szoláris részarány észak-déli tájolás és síkkollektor esetében 28,38%.
A vákuumcsöves kollektor esetében is hasonló módszert követtünk, csak a kollektorra jellemző számértékek különböznek. Ezen okból kifolyólag csak a táblázatos bontást ismertetjük.

A telepítendő kollektor adatai:

Kollektor tájolása: D
 Kollektor dőlésszöge: 40°
 Korrekciós tényező: 0,98
 Kollektor típusa: Vákuumcsöves
 Abszorberfelület: 1,6 m²

Elhelyezhető kollektorszám: 16 db

Kollektorok (vákuumcsöves kollektor) hőtermelése havi bontásban

hónap	Vákuumcsöves kollektorok által hasznosítható napenergia			abszorber	Kollektorok száma	Hőtermelés
	kWh/(m ² nap)	nap/hónap	kWh/(m ² hó)	m ² /kollektor	db	kWh
január	0,4	31	12,4	1,6	16	311,1
február	0,85	28	23,8	1,6	16	597,1
március	1,53	31	47,43	1,6	16	1189,9
április	2,32	30	69,6	1,6	16	1746,1
május	2,66	31	82,46	1,6	16	2068,8
június	2,99	30	89,7	1,6	16	2250,4
július	3,22	31	99,82	1,6	16	2504,3
augusztus	3,22	31	99,82	1,6	16	2504,3
szeptember	2,88	30	86,4	1,6	16	2167,6
október	1,86	31	57,66	1,6	16	1446,6
november	0,73	30	21,9	1,6	16	549,4
december	0,28	31	8,68	1,6	16	217,8

Szoláris részarány meghatározása (vákuumcsöves kollektor)

Vákuumcsöves	Hőtermelés	HMV igény havi	Lefedett energia	Havi fedezett
	kWh	kWh	kWh	
január	311,1	6479,0	311,1	4,80%
február	597,1	5852,0	597,1	10,20%
március	1189,9	6479,0	1189,9	18,37%
április	1746,1	6270,0	1746,1	27,85%
május	2068,8	6479,0	2068,8	31,93%
június	2250,4	6270,0	2250,4	35,89%
július	2504,3	6479,0	2504,3	38,65%
augusztus	2504,3	6479,0	2504,3	38,65%
szeptember	2167,6	6270,0	2167,6	34,57%
október	1446,6	6479,0	1446,6	22,33%
november	549,4	6270,0	549,4	8,76%
december	217,8	6479,0	217,8	3,36%
	17553,3	76285,0	17553,3	23,01%

A szoláris részarány észak-déli tájolás és vákuumcsöves kollektor esetében 23,01%.

A számítások során azt is figyelembe vettük, hogy a rendszerben nincs szezonális tároló, vagyis, hogy ha nyári hónapokban a kollektorok többet termeltek a HMV igénynél, akkor az adott hónapban csak a HMV-igénynek megfelelő értékeket vettük figyelembe, az azon felülit nem.

Energiahozam számítás PV esetében

A PV-panelek elhelyezésekor ugyanazokat az elrendezéseket követtük, mint kollektorok esetén. Vizsgálatainkhoz Aleo-Bosch S18 (240W) polikristályos napelemet választottunk. Megjegyzendő, hogy a napelemek területén még jelentős hatásfok javulás várható, akár rövid távon is. Ezen innovációs fejlődés számszerűsítésére azonban nem vállalkoztunk, így megfontolásaink a jelenlegi technológiára vonatkoznak.

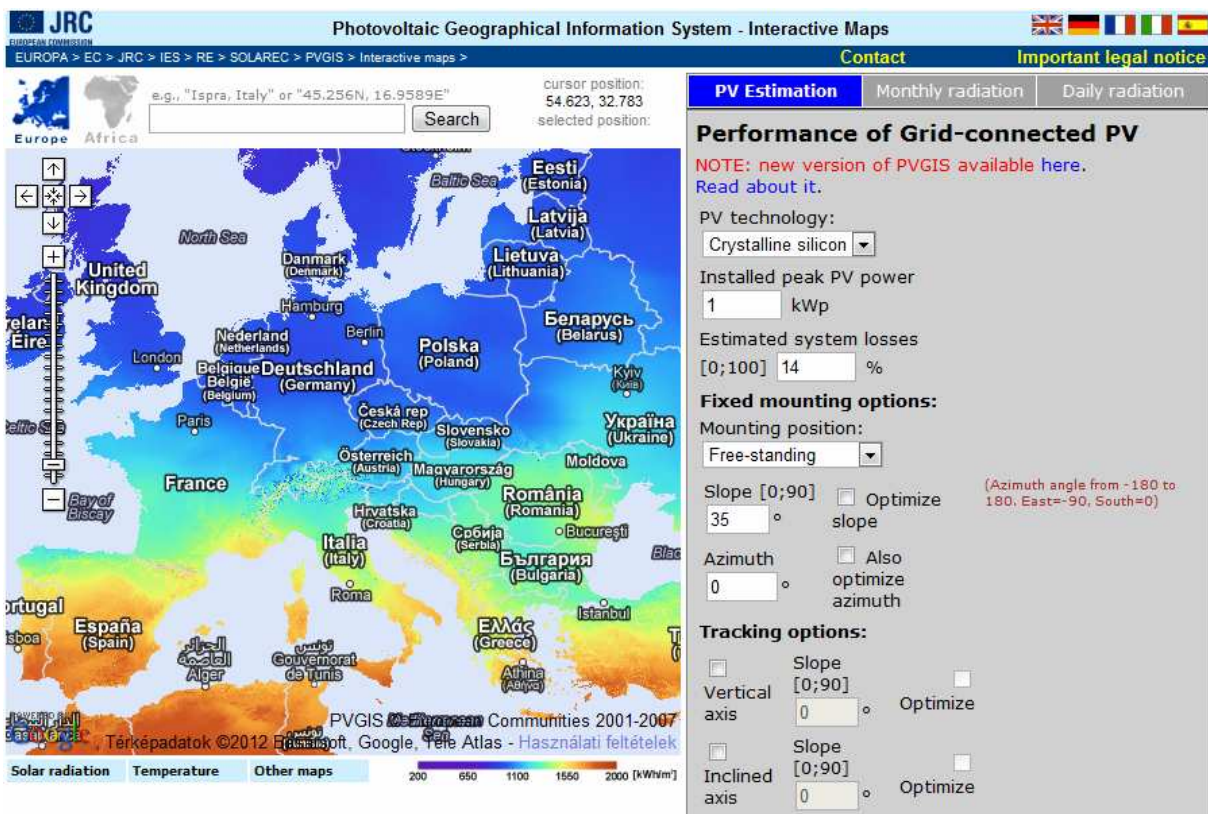
A telepített PV mezők energiahozamának számítását panelépületekre a Sunny Design 2.11 nevű számítógépes programmal végeztük.

The screenshot shows the Sunny Design 2.11 software interface. The left sidebar displays project overview data for 'mintapelda' in Budapest, Hungary, including nominal AC power (1.20 kW), annual energy yield (1214.80 kWh), and energy usability factor (100%). The main window is divided into several tabs: Project data, PV plant, Cable dimensioning, Self-consumption, Overview, and Print wizard. The 'PV plant' tab is active, showing configuration for 'PV-array 1' (Name: PV-array 1, Manufacturer: Danish Solar Energy, PV module: HEM 120, Number of PV modules: 10, Setpoint: PV peak power, 1.20 kWp). The 'Overview of inverters' table at the bottom shows the configuration for '1 x SB 1200' (1 x 10 (A), 1.20 kWp, 110% nominal power ratio, 100% energy usability factor). The 'Self-consumption' tab is also visible, showing inverter settings for 'SB 1200' (Max. DC power: 1.32 kW, Max. AC power: 1.20 kW, AC connection: Single-phase, Max. efficiency: 92.1%, Grid voltage: 230V (230V / 400V)).

22. A termelt villamos energia számítása a Sunny Design szoftverrel

Forrás: <http://www.sma.de/de/service/downloads.html>

Ebben a bemenő adatként megadtuk, hogy a vizsgálat helyszíne Budapest (az országon belüli eltérés nem jelentős, ezért a budapesti adatok általánosíthatók). Beállítottuk a környezeti hőmérsékleti értékeket valamint megadtuk a hálózatra visszatáplálni kívánt áram értékeit. Ezután a PV mező adatainak megadását végeztük el. Kiválasztottuk a napelemek gyártóját, típusát és számát valamint megadtuk a telepíteni kívánt mező tájolását és a mező elemeinek dőlésszögét. Ezen adatokból a program segítségével kiválasztottuk a rendszerhez illő nagyságú invertert, esetenként invertereket. Ezután kiválasztottuk a rendszer vezetékének típusát valamint beállítottuk, hogy a veszteségeket a rendszer mely részén vegye figyelembe. A többi épülettípus esetén a PVGIS- használtunk, melynek működése hasonló.



23. A program nyitó képernyője

A számítások számunkra érdekes eredménye a PV-rendszer által termelt éves energiameennyiség, melyet teljes mértékben hasznosíthatónak tekintünk, mert azt feltételezzük, hogy hálózatra kapcsolt rendszerről van szó. Az éves energiameennyiségből 2,5-lel megszorozva megkapjuk a PV-rendszer által kiváltott primer energiát és ezt vesszük figyelembe a további kiértékelésnél.

5.4. Számítási eredmények

Tehát az első lépésben meghatároztuk épülettípusonként, hogy a 2019-es határoló szerkezetekre vonatkozó követelmények betartása (kivéve olyan eseteket, ahol az adott szerkezet felújítása városképi vagy gazdaságossági szempontból nem alátámasztható), illetve a 2019 után elvárható alapgépészetet (kondenzációs kazán, helyiségenkénti szabályozás) beépítése esetén milyen eredmény adódik a fajlagos hőveszteség tényezőre és az összesített energetikai jellemzőre. Ezeket összevetettük a javasolt második és harmadik szintű követelményekkel.

Megállapítható, hogy a fajlagos hőveszteség tényezőre nézve az első típus kivételével valamennyi felújított épület megfelel. Ebben az esetben az ok az, hogy itt a talajon fekvő padló hőszigetelésétől eltekintettünk. Azonban így sem vagyunk messze a követelménytől, ezért az első szintű értékek bizonyos fokú túlteljesítésével a $q_{\max}$ is teljesíthető.

Az összesített energetikai jellemzőt alapfelújítás esetén egyik épület sem teljesíti és az eltérés nem csekély, típustól függően 35-96 kWh/m²a. Ez persze nem is kell teljesüljön, hiszen még nem alkalmaztunk sem megújuló energiát, sem hővisszanyerőt. Márpedig a 3. szintű követelmény koncepciója az, hogy megújuló energia alkalmazása elkerülhetetlen legyen.

A következő kérdés az, hogy a tetőt energiagyűjtő felületként használva képesek lesznek-e a vizsgált épületek teljesíteni a 3. szintű követelményt, vagyis a napenergiás rendszer által kiváltott primer energia meghaladja-e az alapváltozatra $E_p - E_{p\max}$ értéket.

A számítások végeredményét a 12. táblázat tartalmazza, pontosabban annak utolsó két oszlopa. Külön tüntettük fel a napkollektoros esetet (feltételezve, hogy a teljes energiagyűjtésre alkalmas tetőfelületre napkollektorokat helyezünk), illetve a napelemek esetét (feltételezve, hogy a teljes energiagyűjtésre alkalmas tetőfelületre napelemeket helyezünk).

A cellákban két szám szerepel. Az első szám azt az esetet jelenti, amikor az épület tájolása energiagyűjtés szempontjából a legkedvezőtlenebb. Nyilván a követelmények teljesíthetősége szempontjából ez a mérvadó. A második (zárójelben található) szám pedig a legkedvezőbb tájolású esetet mutatja.

Panelépületek esetén nem csak a tájolást változtattuk, hanem altípusokat hoztunk létre, összesen 12 altípust (ebből 7 altípus 10-11 szintes, 3 altípus 5 szintes, 2 altípus 15 szintes – ez utóbbi kettő végül nem került bele az elemzésbe, mert nem túl gyakori). Az altípusokat alapvetően tetőelrendezés alapján választottuk ki. Meglepően nagy eltérések mutatkoztak azonos szintszámú panelépületek esetén az elhelyezhető energiagyűjtő felületek tekintetében. A részletes számítási eredményeket a II. függelék tartalmazza, míg a panelek elrendezését a III. függelék. Panelépületekre tehát a legrosszabb tetőkialakítású és tájolású altípus a cellákban található első érték, a második, zárójelbe írt érték pedig a legjobb. A 10-11 szintes panelház esetén az átlagot is feltüntettük, mely 21 eset (7 altípus x 3 tájolás) átlaga.

Érdemes megemlíteni, hogy alacsony szintszámok esetén a napelemek váltanak ki több primer energiát, magasabb szintszámok esetén pedig a napkollektorok. Ennek oka, hogy alacsony szintszámnál relatív nagy az energiagyűjtő felület és sokszor fordul elő kollektoroknál, hogy túltermelnek, ami a gyakorlatban stagnálást, hasznosíthatatlan energiát jelent. Napelemek esetén ilyen veszteség nincs, hiszen a termelt energiát hálózatba tápláljuk. Magasabb szintszám esetén nincs már túltermelés, ezért megfordul a helyzet. (Ne feledjük el azt sem, hogy napelemeknél a termelt energia 2,5-szerese a kiváltott primer energia).

A számokat megfigyelve látható (de a színek is jelzik), hogy a kis szintszámú épületeknél a tető elegendő energiagyűjtő felületet jelent ahhoz, hogy a harmadik szintű követelményt teljesítsük. Magasabb szintszám esetén ez már nem teljesül, a sokszintes épületeknél pedig nagyon messze vagyunk teljesüléstől. A 9. típusnál tehát kizárható, hogy napenergiával a követelmény teljesüljön, sőt könnyen belátható, hogy helyi és közeli megújulós ellátás sem jöhet szóba, csak a távenergia ellátás.

Meglévő épületek esetén tehát ezen eredményeket figyelembe véve kell eljárni. Egy szint esetén amennyiben a tető benapozott nincsen probléma, a szintszám növelésével azonban egyre inkább egyértelmű, hogy enyhébb követelményeket kell előírni, mint új épületeknél.

A „technikailag lehetséges” követelmények a 12. táblázat adatai alapján most is megfogalmazhatók lennének, de más módon differenciálva, mint az új épületek esetében és természetesen jelen esetben is a kedvezőtlenebb adottságú épületekhez igazítva. Célszerűnek tartjuk azonban a kategóriák számának és a követelményértékeknek a meghatározásával megvárni a költségoptimalizációs számítás eredményeit, amelyek alapján egyes kategóriák esetleg összevonhatók és a követelményértékek ezeken belül néhány esetben enyhíthetők lesznek.

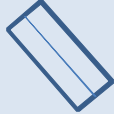
12. táblázat. A felújításra vonatkozó számítási eredmények

Épülettípus	Megjegyzés	$\Sigma A/V$	q	$q_{\max}$	E_F	E_P	$E_{P_{\max}}$	$E_P - E_{P_{\max}}$	Kiváltott primer energia	
		m^2/m^3	W/m^3K	W/m^3K	kWh/m^2a	kWh/m^2a	kWh/m^2a	kWh/m^2a	kollektor	napelem
									kWh/m^2a legrosszabb eset (legjobb eset)	kWh/m^2a legrosszabb eset (legjobb eset)
 1 szintes	talajon fekvő padlóra nem kerül hőszigetelés	1,11	0,35	0,281	95,4	134,7	72	62,7	83 (125)	155 (266)
 1 szintes	talajon fekvő padlóra nem kerül hőszigetelés	1,25	0,22	0,56	83,1	122,4	72	50,4	66 (84)	115 (160)
 2-3 szintes		0,99	0,31	0,46	65,6	108	60	48	36 (54)	63 (109)
 4-6 szintes	utcai homlokzatra nem kerül utólagos hőszigetelés	0,6	0,14	0,32	73,63	113,9	50	63,9	32,7 (41,7)	24,0 (55,7)

Épülettípus	Megjegyzés	$\Sigma A/V$	q	$q_{\max}$	E_F	E_P	$E_{P\max}$	$E_P - E_{P\max}$	Kiváltott primer energia	
		m^2/m^3	W/m^3K	W/m^3K	kWh/m^2a	kWh/m^2a	kWh/m^2a	kWh/m^2a	kollektor	napelem
									kWh/m^2a	kWh/m^2a
 4-6 szintes	utcai homlokzatok ra nem kerül utólagos hőszigetelés	0,56	0,26	0,3	109,2	145,9	50	95,9	22 (43)	17 (56)
 4-5 szintes		0,9	0,23	0,43	65,69	109,6	53	56,6	51 (65)	39 (67)
 4 szintes		0,82	0,18	0,4	53,73	96,3	53	43,3	51 (65)	39 (67)
 4-5 szintes		0,46	0,11	0,26	38,1	85,5	50	35,5	29 (37)	17 (24)
 10-11 szintes		0,39	0,11	0,23	38,4	86	50	36	3,6 átlag: 12 (37)	1,5 átlag: 6,4 (21,4)

Épülettípusok energetikai paramétereinek alakulása felújítás után, illetve a szoláris energiahozamok alakulása maximálisan kihasznált tetőfelületek esetén (zöld háttér: a követelménynek megfelel, narancs háttér: a követelmények nem teljesülnek, sárga háttér: az épülettípus bizonyos tájolása esetén megfelel, máskor nem)

**I. függelék: A hagyományos építésű épületek napenergia
számításainak részeredményei**

	jele	dim	Épülettípus		
					
Tájolás	-	-	É-D	K-Ny	ÉK-DNy
Nettó fűtött szintterület	A _N	m ²	121,7		
Összes hűlő felület	SA	m ²	395,8		
Fűtött térfogat	V	m ³	356,6		
Felület-térfogat arány	SA / V	m ² /m ³	1,11		
Tető alapterület	A _{tető}	m ²	172,1		
Hasznos tetőfelület	A _{tetőhasznos}	m ²	124,8		
Beépíthetőség		%	73%		
Elhelyezhető energiagyűjtő felület	A _{koll} /PV	m ²	91		
Fűtött szintek száma	N	-	1		
Fajlagos fűtési energiaigény	q _F	kWh/m ² a	373		
Fűtési energiaigény	Q _F	kWh/a	45386,64		
Fajlagos HMV energiaigény	q _{HMV}	kWh/m ² a	30		
HMV energiaigény	Q _{HMV}	kWh/a	3600		
Fűtési + HMV energiaigény	Q _F + Q _{HMV}	kWh/a	48986,64		
HMV végső energia felhasználás	w _{HMV,o}	kWh/m ² a	59,8		
Fűtés végső energia felhasználás	w _{F,o}	kWh/m ² a	500		
Fűtési + HMV végső energiafelhasználás	w _{TOT,o} =w _{F,o} +w _{HMV,o}	kWh/m ² a	559,8		
Fűtés primer energia igénye	E _{F,o}	kWh/m ² a	508		
HMV primer energia igénye	E _{HMV,o}	kWh/m ² a	60,8		
Összesített energetikai jellemző	E _{p,o}	kWh/m ² a	568,8		
Összesített energetikai jellemző követelmény	E _{p,max}	kWh/m ² a	206,9		
Viszonyszám	E _{p,o} / E _{p,max}	%	274,9%		
Kategória	-	-	H		
NAPKOLLEKTORRAL					
Fedezhető energiamennyiség	Q _{koll}	kWh/a	15304,0	10853,0	10176,0
Fedezhető energiamennyiség, HMV	Q _{koll, HMV}	kWh/a	2553,0	2553,0	2553,0
Fedezhető energiamennyiség	Q _{koll, Fűtés}	kWh/a	12751,0	8300,0	7623,0
Fajlagos fedezhető energiamennyiség	q _{koll} = Q _{koll} / A _N	kWh/m ² a	125,8	89,2	83,6
Szoláris részarány	SF = Q _{koll} / (Q _F +Q _{HMV})	%	31,2%	22,2%	20,8%
Szoláris részarány csak a HMV-re vonatkoztatva	SF _{HMV} = Q _{koll} / Q _{HMV}	%	425,1%	301,5%	282,7%
Fűtés végső energia felhasználás szolárral	w _{F, koll}	kWh/m ² a	359,5	408,6	416,0
HMV végső energia felhasználás szolárral	w _{HMV, koll}	kWh/m ² a	18,0	18,0	18,0
Fűtési + HMV végső energiafelhasználás szolárral	w _{TOT, koll} =w _{F, koll} +w _{HMV, koll}	kWh/m ² a	377,5	426,5	434,0
Végeenergia megtakarítás	w _{TOT,o} -w _{TOT, koll}	kWh/m ² a	182,3	133,3	125,8
Relatív végeenergia megtakarítás	(w _{TOT,o} -w _{TOT, koll})/w _{TOT,o}	%	48,3%	31,2%	29,0%
Fűtés primer energia igénye	E _{F, koll}	kWh/m ² a	367,5	416,6	424,0
HMV primer energia igénye	E _{HMV, koll}	kWh/m ² a	19,0	19,0	19,0
Összesített energetikai jellemző	E _{p, koll}	kWh/m ² a	386,5	435,5	443,0
Primer energia megtakarítás	E _{p,o} - E _{p, koll}	kWh/m ² a	182,3	133,3	125,8
Relatív primer energia megtakarítás	(E _{p,o} - E _{p, koll}) / E _{p,o}	%	32,0%	23,4%	22,1%
Viszonyszám	E _{p, koll} / E _{p,max}	%	186,8%	210,5%	214,1%
Kategória	-	-	F	G	G
NAPELEMMELEL					
PV mező teljesítménye		kWp	15,0	7,5	7,5
PV mező fajlagos energiahozama (végső)		kWh/kWp	865,0	1065,0	1010,0
Éves energiahozam (végső)	W _{PV}	kWh/a	12988,0	7995,5	7582,6
Fajlagos éves energiahozam (végső)	w _{PV} = W _{PV} / A _N	kWh/m ² a	106,7	65,7	62,3
Fajlagos kiváltott primer energia	E _{át} = w _{PV} *2,5	kWh/m ² a	266,8	164,3	155,8
Kiváltott primer energia	A _N *E _{át}	kWh/a	32469,9	19988,7	18956,4
Összesített energetikai jellemző	E _{p, PV}	kWh/m ² a	302,0	404,5	413,0
Primer energia megtakarítás	E _{p,o} - E _{p, PV}	kWh/m ² a	266,8	164,3	155,8
Primer energia megtakarítás	(E _{p,o} - E _{p, PV}) / E _{p,o}	%	46,9%	28,9%	27,4%

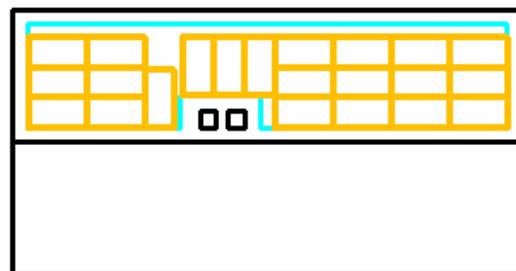
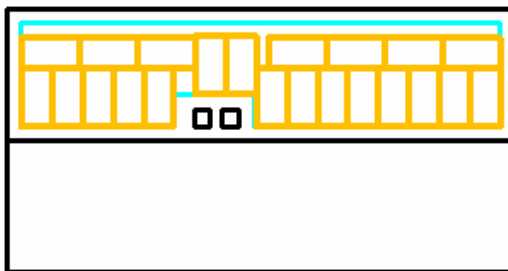
Műholdképek:



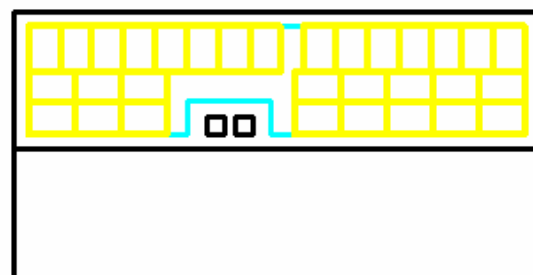
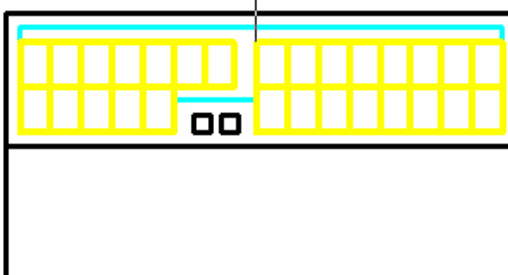
Felülnézet:



Napkollektor variációk kiterített tetőre:



PV variációk kiterített tetőre

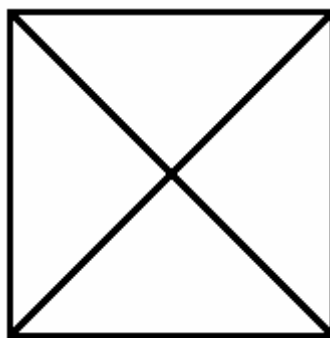


	jele	dim	Épülettípus		
					
Tájolás	-	-	É-D	K-Ny	ÉK-DNy
Nettó fűtött szintterület	A _N	m ²	99,0		
Összes hűlő felület	SA	m ²	443,8		
Fűtött térfogat	V	m ³	355,0		
Felület-térfogat arány	SA / V	m ² /m ³	1,25		
Tető alapterület	A _{tető}	m ²	154,0		
Hasznos tetőfelület	A _{tetőhasznos}	m ²	92,0		
Beépíthetőség		%	60%		
Elhelyezhető energiagyűjtő felület	A _{koll} /PV	m ²	55		
Fűtött szintek száma	N	-	1		
Fajlagos fűtési energiaigény	q _F	kWh/m ² a	395,2		
Fűtési energiaigény	Q _F	kWh/a	39124,8		
Fajlagos HMV energiaigény	q _{HMV}	kWh/m ² a	30		
HMV energiaigény	Q _{HMV}	kWh/a	2970		
Fűtési + HMV energiaigény	Q _F + Q _{HMV}	kWh/a	42094,8		
HMV végső energia felhasználás	W _{HMV,o}	kWh/m ² a	43		
Fűtés végső energia felhasználás	W _{F,o}	kWh/m ² a	574		
Fűtési + HMV végső energiafelhasználás	W _{TOT,o} =W _{F,o} +W _{HMV,o}	kWh/m ² a	617		
Fűtés primer energia igénye	E _{F,o}	kWh/m ² a	574,2		
HMV primer energia igénye	E _{HMV,o}	kWh/m ² a	42,8		
Összesített energetikai jellemző	E _{p,o}	kWh/m ² a	617		
Összesített energetikai jellemző követelmény	E _{p,max}	kWh/m ² a	206,9		
Viszonyszám	E _{p,o} / E _{p,max}	%	298,2%		
Kategória	-	-	H		
NAPKOLLEKTORRAL					
Fedezhető energiamennyiség	Q _{koll}	kWh/a	8371,0	8371,0	6616,0
Fedezhető energiamennyiség, HMV	Q _{koll,HMV}	kWh/a	2553,0	2553,0	2553,0
Fedezhető energiamennyiség	Q _{koll,Fűtés}	kWh/a	5818,0	5818,0	4063,0
Fajlagos fedezhető energiamennyiség	q _{koll} = Q _{koll} / A _N	kWh/m ² a	84,6	84,6	66,8
Szoláris részarány	SF = Q _{koll} / (Q _F +Q _{HMV})	%	19,9%	19,9%	15,7%
Szoláris részarány csak a HMV-re vonatkoztatva	SF _{HMV} = Q _{koll} / Q _{HMV}	%	281,9%	281,9%	222,8%
Fűtés végső energia felhasználás szolárral	W _{F,koll}	kWh/m ² a	488,6	488,6	514,4
HMV végső energia felhasználás szolárral	W _{HMV,koll}	kWh/m ² a	6,0	6,0	6,0
Fűtési + HMV végső energiafelhasználás szolárral	W _{TOT,koll} =W _{F,koll} +W _{HMV,koll}	kWh/m ² a	494,7	494,7	520,4
Végeenergia megtakarítás	W _{TOT,o} -W _{TOT,koll}	kWh/m ² a	122,3	122,3	96,6
Relatív végeenergia megtakarítás	(W _{TOT,o} -W _{TOT,koll})/W _{TOT,o}	%	24,7%	24,7%	18,6%
Fűtés primer energia igénye	E _{F,koll}	kWh/m ² a	488,8	488,8	514,6
HMV primer energia igénye	E _{HMV,koll}	kWh/m ² a	5,8	5,8	5,8
Összesített energetikai jellemző	E _{p,koll}	kWh/m ² a	494,7	494,7	520,4
Primer energia megtakarítás	E _{p,o} - E _{p,koll}	kWh/m ² a	122,3	122,3	96,6
Relatív primer energia megtakarítás	(E _{p,o} - E _{p,koll}) / E _{p,o}	%	19,8%	19,8%	15,7%
Viszonyszám	E _{p,koll} / E _{p,max}	%	239,1%	239,1%	251,5%
Kategória	-	-	G	G	H
NAPELEMMEL					
PV mező teljesítménye		kWp	6,8	6,8	4,5
PV mező fajlagos energiahozama (végső)		kWh/kWp	931,7	931,7	1010,0
Éves energiahozam (végső)	W _{PV}	kWh/a	6341,2	6341,2	4582,9
Fajlagos éves energiahozam (végső)	w _{PV} = W _{PV} / A _N	kWh/m ² a	64,1	64,1	46,3
Fajlagos kiváltott primer energia	E _{át} = w _{PV} *2,5	kWh/m ² a	160,1	160,1	115,7
Kiváltott primer energia	A _N *E _{át}	kWh/a	15852,9	15852,9	11457,2
Összesített energetikai jellemző	E _{p,pv}	kWh/m ² a	456,9	456,9	501,3
Primer energia megtakarítás	E _{p,o} - E _{p,pv}	kWh/m ² a	160,1	160,1	115,7
Primer energia megtakarítás	(E _{p,o} - E _{p,pv}) / E _{p,o}	%	26,0%	26,0%	18,8%

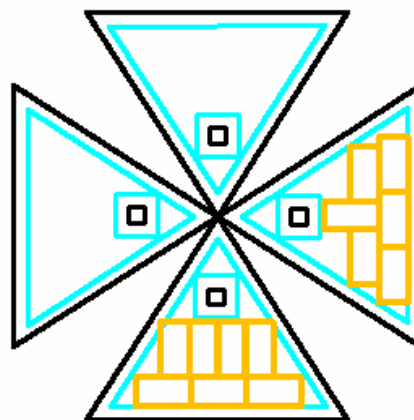
Műholdképek:



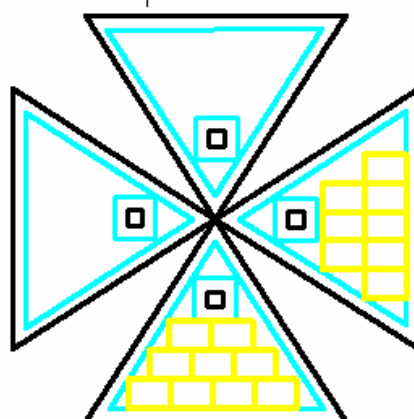
Felülnézet:

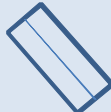


Napkollektor variációk kiterített tetőre:



PV variációk kiterített tetőre

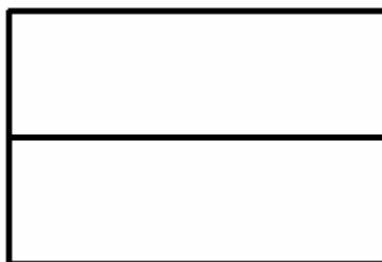


	jele	dim	Épülettípus		
					
Tájolás	-	-	É-D	K-Ny	ÉK-DNy
Nettó fűtött szintterület	A _N	m ²	179,8		
Összes hűlő felület	SA	m ²	412,9		
Fűtött térfogat	V	m ³	464,0		
Felület-térfogat arány	SA / V	m ² /m ³	0,89		
Tető alapterület	A _{tető}	m ²	139,8		
Hasznos tetőfelület	A _{tetőhasznos}	m ²	87,3		
Beépíthetőség		%	62%		
Elhelyezhető energiagyűjtő felület	A _{koll} /PV	m ²	55		
Fűtött szintek száma	N	-	2		
Fajlagos fűtési energiaigény	q _F	kWh/m ² a	183,8		
Fűtési energiaigény	Q _F	kWh/a	33047,24		
Fajlagos HMV energiaigény	q _{HMV}	kWh/m ² a	30		
HMV energiaigény	Q _{HMV}	kWh/a	3600		
Fűtési + HMV energiaigény	Q _F + Q _{HMV}	kWh/a	36647,24		
HMV végső energia felhasználás	W _{HMV,o}	kWh/m ² a	66,66666667		
Fűtés végső energia felhasználás	W _{F,o}	kWh/m ² a	254		
Fűtési + HMV végső energiafelhasználás	W _{TOT,o} =W _{F,o} +W _{HMV,o}	kWh/m ² a	320,66666667		
Fűtés primer energia igénye	E _{F,o}	kWh/m ² a	262		
HMV primer energia igénye	E _{HMV,o}	kWh/m ² a	83		
Összesített energetikai jellemző	E _{P,o}	kWh/m ² a	345		
Összesített energetikai jellemző követelmény	E _{P,max}	kWh/m ² a	180		
Viszonyszám	E _{P,o} / E _{P,max}	%	191,7%		
Kategória	-	-	G		
NAPKOLLEKTORRAL					
Fedezhető energiamennyiség	Q _{koll}	kWh/a	9716,0	7026,0	6616,0
Fedezhető energiamennyiség, HMV	Q _{koll, HMV}	kWh/a	2553,0	2553,0	2553,0
Fedezhető energiamennyiség	Q _{koll, Fűtés}	kWh/a	7163,0	4473,0	4063,0
Fajlagos fedezhető energiamennyiség	q _{koll} = Q _{koll} / A _N	kWh/m ² a	54,0	39,1	36,8
Szoláris részarány	SF = Q _{koll} / (Q _F +Q _{HMV})	%	26,5%	19,2%	18,1%
Szoláris részarány csak a HMV-re vonatkoztatva	SF _{HMV} = Q _{koll} / Q _{HMV}	%	269,9%	195,2%	183,8%
Fűtés végső energia felhasználás szolárral	W _{F, koll}	kWh/m ² a	198,9	219,6	222,8
HMV végső energia felhasználás szolárral	W _{HMV, koll}	kWh/m ² a	35,1	35,1	35,1
Fűtési + HMV végső energiafelhasználás szolárral	W _{TOT, koll} =W _{F, koll} +W _{HMV, koll}	kWh/m ² a	234,1	254,7	257,9
Végeenergia megtakarítás	W _{TOT,o} -W _{TOT, koll}	kWh/m ² a	86,6	65,9	62,8
Relatív végeenergia megtakarítás	(W _{TOT,o} -W _{TOT, koll})/W _{TOT,o}	%	37,0%	25,9%	24,3%
Fűtés primer energia igénye	E _{F, koll}	kWh/m ² a	206,9	227,6	230,8
HMV primer energia igénye	E _{HMV, koll}	kWh/m ² a	51,4	51,4	51,4
Összesített energetikai jellemző	E _{P, koll}	kWh/m ² a	258,4	279,1	282,2
Primer energia megtakarítás	E _{P,o} - E _{P, koll}	kWh/m ² a	86,6	65,9	62,8
Relatív primer energia megtakarítás	(E _{P,o} - E _{P, koll}) / E _{P,o}	%	25,1%	19,1%	18,2%
Viszonyszám	E _{P, koll} / E _{P,max}	%	143,6%	155,0%	156,8%
Kategória	-	-	E	F	F
NAPELEMMELEL					
PV mező teljesítménye		kWp	9,1	4,5	4,5
PV mező fajlagos energiahozama (végső)		kWh/kWp	865,0	1065,0	1010,0
Éves energiahozam (végső)	W _{PV}	kWh/a	7849,9	4832,4	4582,9
Fajlagos éves energiahozam (végső)	W _{PV} = W _{PV} / A _N	kWh/m ² a	43,7	26,9	25,5
Fajlagos kiváltott primer energia	E _{át} = w _{PV} *2,5	kWh/m ² a	109,1	67,2	63,7
Kiváltott primer energia	A _N *E _{át}	kWh/a	19624,7	12081,1	11457,2
Összesített energetikai jellemző	E _{P, PV}	kWh/m ² a	235,9	277,8	281,3
Primer energia megtakarítás	E _{P,o} - E _{P, PV}	kWh/m ² a	109,1	67,2	63,7
Primer energia megtakarítás	(E _{P,o} - E _{P, PV}) / E _{P,o}	%	31,6%	19,5%	18,5%

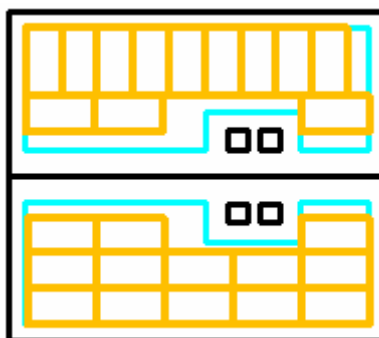
Műholdképek:



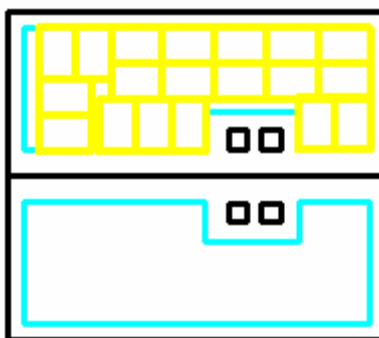
Felülnézet:

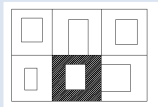
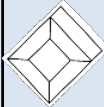


Napkollektor variációk kiterített tetőre:



PV variációk kiterített tetőre

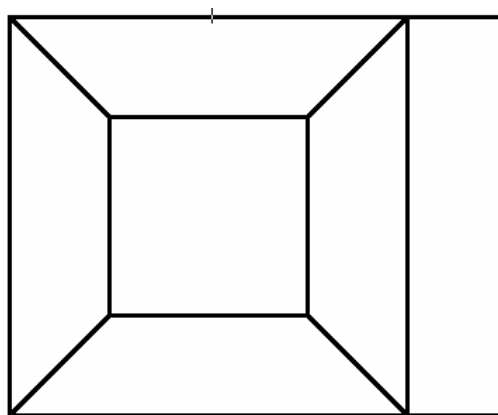


	jele	dim	Épülettípus				
							
Tájolás	-	-	É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	ÉK-DNy
Nettó fűtött szintterület	A _N	m ²	1143				
Összes hűlő felület	SA	m ²	2395				
Fűtött térfogat	V	m ³	4519				
Felület-térfogat arány	SA / V	m ² /m ³	0,53				
Tető alapterület	A _{tető}	m ²	373				
Hasznos tetőfelület	A _{tetőhasznos}	m ²	271				
Beépíthetőség		%	73%				
Elhelyezhető energiagyűjtő felület	A _{koll} /PV	m ²	197				
Fűtött szintek száma	N	-	4				
Fajlagos fűtési energiaigény	q _F	kWh/m ² a	212				
Fűtési energiaigény	Q _F	kWh/a	242545				
Fajlagos HMV energiaigény	q _{HMV}	kWh/m ² a	30				
HMV energiaigény	Q _{HMV}	kWh/a	34290				
Fűtési + HMV energiaigény	Q _F + Q _{HMV}	kWh/a	276835				
HMV végső energia felhasználás	W _{HMV,o}	kWh/m ² a	40				
Fűtés végső energia felhasználás	W _{F,o}	kWh/m ² a	263				
Fűtési + HMV végső energiafelhasználás	W _{TOT,o} =W _{F,o} +W _{HMV,o}	kWh/m ² a	303				
Fűtés primer energia igénye	E _{F,o}	kWh/m ² a	265				
HMV primer energia igénye	E _{HMV,o}	kWh/m ² a	45				
Összesített energetikai jellemző	E _{P,o}	kWh/m ² a	309				
Összesített energetikai jellemző követelmény	E _{P,max}	kWh/m ² a	138				
Viszonyszám	E _{P,o} / E _{P,max}	%	225%				
Kategória	-	-	G				
NAPKOLLEKTORRAL							
Fedezhető energiamennyiség	Q _{koll}	kWh/a	56420	50540	37400	42270	47705
Fedezhető energiamennyiség, HMV	Q _{koll, HMV}	kWh/a	43160	41400	36470	38800	40510
Fedezhető energiamennyiség	Q _{koll, Fűtés}	kWh/a	13260	9140	930	3470	7195
Fajlagos fedezhető energiamennyiség	q _{koll} = Q _{koll} / A _N	kWh/m ² a	49	44	33	37	42
Szoláris részarány	SF = Q _{koll} / (Q _F +Q _{HMV})	%	20%	18%	14%	15%	17%
Szoláris részarány csak a HMV-re vonatkoztatva	SF _{HMV} = Q _{koll} / Q _{HMV}	%	165%	147%	109%	123%	139%
Fűtés végső energia felhasználás szolárral	W _{F, koll}	kWh/m ² a	248	253	262	259	255
HMV végső energia felhasználás szolárral	W _{HMV, koll}	kWh/m ² a	-10	-8	-3	-5	-7
Fűtési + HMV végső energiafelhasználás szolárral	W _{TOT, koll} =W _{F, koll} +W _{HMV, koll}	kWh/m ² a	238	245	259	254	248
Végenergia megtakarítás	W _{TOT, o} -W _{TOT, koll}	kWh/m ² a	64	58	43	49	55
Relatív végenergia megtakarítás	(W _{TOT, o} -W _{TOT, koll})/W _{TOT, o}	%	0	0	0	0	0
Fűtés primer energia igénye	E _{F, koll}	kWh/m ² a	250	255	264	261	257
HMV primer energia igénye	E _{HMV, koll}	kWh/m ² a	-5	-3	2	0	-2
Összesített energetikai jellemző	E _{P, koll}	kWh/m ² a	245	251	266	261	255
Primer energia megtakarítás	E _{P, o} - E _{P, koll}	kWh/m ² a	64	58	43	49	55
Relatív primer energia megtakarítás	(E _{P, o} - E _{P, koll}) / E _{P, o}	%	21%	19%	14%	16%	18%
Viszonyszám	E _{P, koll} / E _{P, max}	%	178%	183%	193%	189%	185%
Kategória	-	-	F	F	G	F	F
NAPELEMMEL							
PV mező teljesítménye		kWp	26	26	11	16	21
PV mező fajlagos energiahozama (végső)		kWh/kWp	981	939	1010	932	1010
Éves energiahozam (végső)	W _{PV}	kWh/a	25499	24410	10999	15219	20748
Fajlagos éves energiahozam (végső)	w _{PV} = W _{PV} / A _N	kWh/m ² a	22	21	10	13	18
Fajlagos kiváltott primer energia	E _{át} = w _{PV} *2,5	kWh/m ² a	56	53	24	33	45
Kiváltott primer energia	A _N *E _{át}	kWh/a	63747	61024	27497	38047	51870
Összesített energetikai jellemző	E _{P, PV}	kWh/m ² a	254	256	285	276	264
Primer energia megtakarítás	E _{P, o} - E _{P, PV}	kWh/m ² a	56	53	24	33	45
Primer energia megtakarítás	(E _{P, o} - E _{P, PV}) / E _{P, o}	%	18%	17%	8%	11%	15%

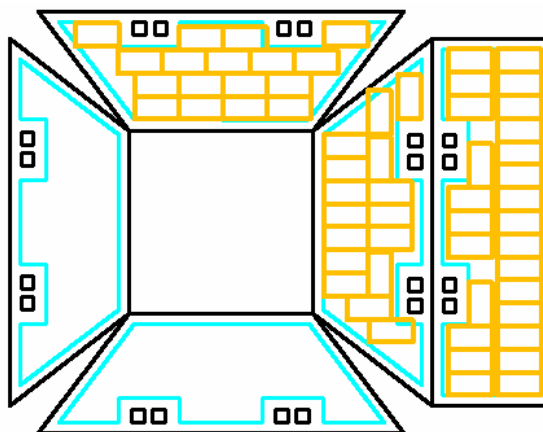
Műholdképek:



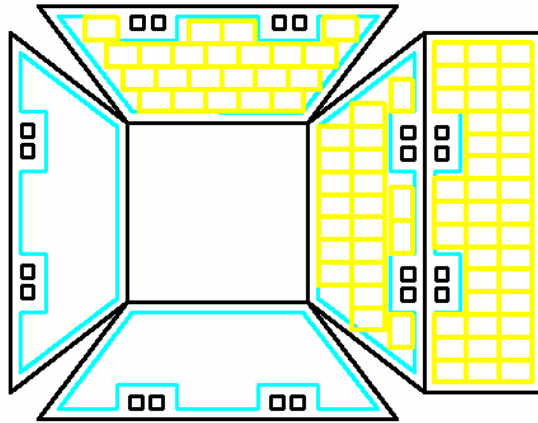
Felülnézet:

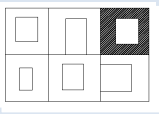
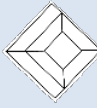


Napkollektor variációk kiterített tetőre:



PV variációk kiterített tetőre

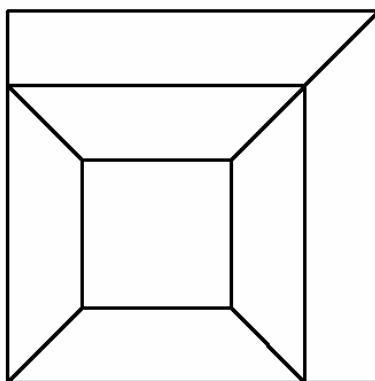


	jele	dim	Épülettípus				
							
Tájolás	-	-	É-D	K-Ny	ÉK-DNy	ÉK-DNy	ÉK-DNy
Nettó fűtött szintterület	A_N	m^2			1143		
Összes hűlő felület	SA	m^2			2395		
Fűtött térfogat	V	m^3			4519		
Felület-térfogat arány	SA / V	m^2/m^3			0,53		
Tető alapterület	$A_{tető}$	m^2			373		
Hasznos tetőfelület	$A_{tetőhasznos}$	m^2			259		
Beépíthetőség		%			70%		
Elhelyezhető energiagyűjtő felület	$A_{koll/PV}$	m^2			181		
Fűtött szintek száma	N	-			4		
Fajlagos fűtési energiaigény	q_F	kWh/m^2a			212		
Fűtési energiaigény	Q_F	kWh/a			242545		
Fajlagos HMV energiaigény	q_{HMV}	kWh/m^2a			30		
HMV energiaigény	Q_{HMV}	kWh/a			34290		
Fűtési + HMV energiaigény	$Q_F + Q_{HMV}$	kWh/a			276835		
HMV végső energia felhasználás	$W_{HMV,o}$	kWh/m^2a			40		
Fűtés végső energia felhasználás	$W_{F,o}$	kWh/m^2a			263		
Fűtési + HMV végső energiafelhasználás	$W_{TOT,o} = W_{F,o} + W_{HMV,o}$	kWh/m^2a			303		
Fűtés primer energia igénye	$E_{F,o}$	kWh/m^2a			265		
HMV primer energia igénye	$E_{HMV,o}$	kWh/m^2a			45		
Összesített energetikai jellemző	$E_{P,o}$	kWh/m^2a			309		
Összesített energetikai jellemző követelmény	$E_{P,max}$	kWh/m^2a			138		
Viszonyszám	$E_{P,o} / E_{P,max}$	%			225%		
Kategória	-	-			G		
NAPKOLLEKTORRAL							
Fedezhető energiamennyiség	Q_{koll}	kWh/a	49475	41280	26030	48500	39400
Fedezhető energiamennyiség, HMV	$Q_{koll,HMV}$	kWh/a	41065	38490	26030	40760	37575
Fedezhető energiamennyiség	$Q_{koll,Fűtés}$	kWh/a	8410	2790	0	7740	1825
Fajlagos fedezhető energiamennyiség	$q_{koll} = Q_{koll} / A_N$	kWh/m^2a	43	36	23	42	34
Szoláris részarány	$SF = Q_{koll} / (Q_F + Q_{HMV})$	%	18%	15%	9%	18%	14%
Szoláris részarány csak a HMV-re vonatkoztatva	$SF_{HMV} = Q_{koll} / Q_{HMV}$	%	144%	120%	76%	141%	115%
Fűtés végső energia felhasználás szolárral	$W_{F,koll}$	kWh/m^2a	254	260	263	254	261
HMV végső energia felhasználás szolárral	$W_{HMV,koll}$	kWh/m^2a	-8	-5	10	-8	-4
Fűtési + HMV végső energiafelhasználás szolárral	$W_{TOT,koll} = W_{F,koll} + W_{HMV,koll}$	kWh/m^2a	246	255	272	247	257
Végenergia megtakarítás	$W_{TOT,o} - W_{TOT,koll}$	kWh/m^2a	57	48	30	56	46
Relatív végenergia megtakarítás	$(W_{TOT,o} - W_{TOT,koll}) / W_{TOT,o}$	%	0	0	0	0	0
Fűtés primer energia igénye	$E_{F,koll}$	kWh/m^2a	256	262	265	256	263
HMV primer energia igénye	$E_{HMV,koll}$	kWh/m^2a	-3	0	14	-3	1
Összesített energetikai jellemző	$E_{P,koll}$	kWh/m^2a	253	262	279	254	264
Primer energia megtakarítás	$E_{P,o} - E_{P,koll}$	kWh/m^2a	57	48	30	56	46
Relatív primer energia megtakarítás	$(E_{P,o} - E_{P,koll}) / E_{P,o}$	%	18%	15%	10%	18%	15%
Viszonyszám	$E_{P,koll} / E_{P,max}$	%	184%	190%	203%	184%	192%
Kategória	-	-	F	G	G	F	G
NAPELEMMEL							
PV mező teljesítménye		kWp	27	20	8	23	16
PV mező fajlagos energiahozama (végső)		kWh/kWp	950	906	1010	1010	1010
Éves energiahozam (végső)	W_{PV}	kWh/a	25876	17705	7999	23498	15748
Fajlagos éves energiahozam (végső)	$w_{PV} = W_{PV} / A_N$	kWh/m^2a	23	15	7	21	14
Fajlagos kiváltott primer energia	$E_{át} = w_{PV} * 2,5$	kWh/m^2a	57	39	17	51	34
Kiváltott primer energia	$A_N * E_{át}$	kWh/a	64690	44262	19998	58744	39371
Összesített energetikai jellemző	$E_{P,PV}$	kWh/m^2a	253	271	292	258	275
Primer energia megtakarítás	$E_{P,o} - E_{P,PV}$	kWh/m^2a	57	39	17	51	34
Primer energia megtakarítás	$(E_{P,o} - E_{P,PV}) / E_{P,o}$	%	18%	13%	6%	17%	11%

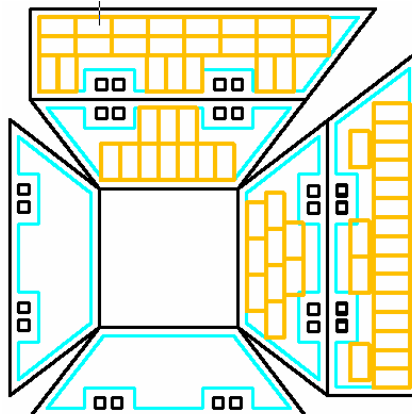
Műholdképek:



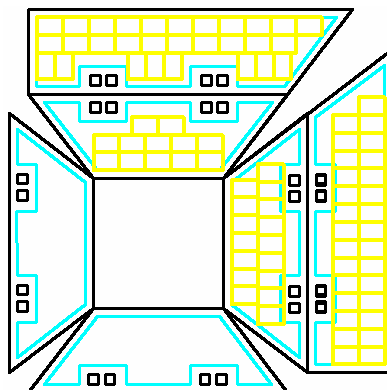
Felülnézet:



Napkollektor variációk kiterített tetőre:



PV variációk kiterített tetőre



II. függelék: Panelépítésű épületek napenergia számításainak részeredményei

forrás:

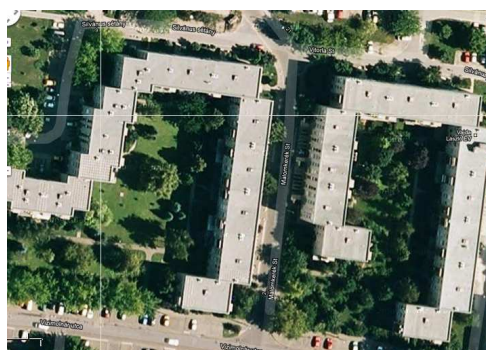
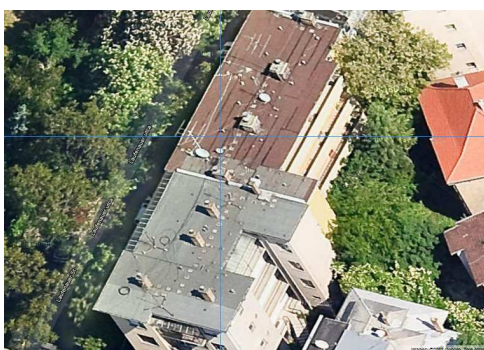
Lévai Csaba: Szoláris potenciál felmérése panelépületeknél. TDK dolgozat 2011. és Diploma dolgozat, 2012. (Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék)

I. típus										
		sík			vákuumcsöves			PV		
		É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy
szintsám	db	10	10	10	10	10	10	10	10	10
lakássám	db	30	30	30	30	30	30	30	30	30
lakás alapterület	m ²	53,75	53,75	53,75	53,75	53,75	53,75	53,75	53,75	53,75
A _N	m ²	1612,5	1612,5	1612,5	1612,5	1612,5	1612,5	1612,5	1612,5	1612,5
takart földterület	m ²	230	230	230	230	230	230	230	230	230
hasznos tetőfelület	m ²	190	190	190	190	190	190	190	190	190
elhelyezhető panelek száma	db	55	25	16	55	53	16	55	52	18
energiagyűjtő felület / panel	m ² / db	2,23	2,23	2,23	1,6	1,6	1,6	1,64	1,64	1,64
összes energiagyűjtő felület	m ²	122,65	55,75	35,68	88	84,8	25,6	90,4	85,5	29,6
éves hasznosítható energiatermelés	kWh/a	56529	33827,3	21649,4	60339,5	58145,4	17553,3	13 815	10 795	4 385
fajlagos primer energia kiváltás	kWh/m ² a	35,1	21,0	13,4	37,4	36,1	10,9	21,4	16,7	6,8
II. típus										
		sík			vákuumcsöves			PV		
		É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy
szintsám	db	10	10	10	10	10	10	10	10	10
lakássám	db	30	30	30	30	30	30	30	30	30
lakás alapterület	m ²	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1
A _N	m ²	2283	2283	2283	2283	2283	2283	2283	2283	2283
takart földterület	m ²	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4
hasznos tetőfelület	m ²	165,8	165,8	165,8	165,8	165,8	165,8	165,8	165,8	165,8
elhelyezhető panelek száma	db	16	4	4	16	8	4	16	8	4
energiagyűjtő felület / panel	m ² / db	2,23	2,23	2,23	1,6	1,6	1,6	1,64	1,64	1,64
összes energiagyűjtő felület	m ²	35,68	8,92	8,92	25,6	12,8	6,4	26,3	13,1	6,6
éves hasznosítható energiatermelés	kWh/a	21649,4	5412,4	5412,4	17553,3	8776,7	4388,3	3 944	1 572	1 377
fajlagos primer energia kiváltás	kWh/m ² a	9,5	2,4	2,4	7,7	3,8	1,9	4,3	1,7	1,5
III. típus										
		sík			vákuumcsöves			PV		
		É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy
szintsám	db	15	15	15	15	15	15	15	15	15
lakássám	db	165	165	165	165	165	165	165	165	165
lakás alapterület	m ²	59,8	59,8	59,8	59,8	59,8	59,8	59,8	59,8	59,8
A _N	m ²	9867	9867	9867	9867	9867	9867	9867	9867	9867
takart földterület	m ²	658,1	658,1	658,1	658,1	658,1	658,1	658,1	658,1	658,1
hasznos tetőfelület	m ²	578,1	578,1	578,1	578,1	578,1	578,1	578,1	578,1	578,1
elhelyezhető panelek száma	db	48	54	40	69	54	55	68	54	56
energiagyűjtő felület / panel	m ² / db	2,23	2,23	2,23	1,6	1,6	1,6	1,64	1,64	1,64
összes energiagyűjtő felület	m ²	107,04	120,42	89,2	110,4	86,4	88	111,8	88,7	92,0
éves hasznosítható energiatermelés	kWh/a	64948,3	73066,9	54123,6	75689,7	59242,5	60339,5	17 430	11 003	13 561
fajlagos primer energia kiváltás	kWh/m ² a	6,6	7,4	5,5	7,7	6,0	6,1	4,4	2,8	3,4

IV. típus										
		sík			vákuumsöves			PV		
		É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy
szintszám	db	10	10	10	10	10	10	10	10	10
lakásszám	db	56,7	56,7	56,7	56,7	56,7	56,7	56,7	56,7	56,7
lakás alapterület	m ²	56,7	56,7	56,7	56,7	56,7	56,7	56,7	56,7	56,7
A _N	m ²	3214,89	3214,89	3214,89	3214,89	3214,89	3214,89	3214,89	3214,89	3214,89
takart földterület	m ²	673,6	673,6	673,6	673,6	673,6	673,6	673,6	673,6	673,6
hasznos tetőfelület	m ²	602,32	602,32	602,32	602,32	602,32	602,32	602,32	602,32	602,32
elhelyezhető panelek száma	db	48	54	40	52	65	80	52	65	80
energiagyűjtő felület / panel	m ² / db	2,23	2,23	2,23	1,6	1,6	1,6	1,64	1,64	1,64
összes energigyűjtő felület	m ²	107,04	120,42	89,2	83,2	104	128	85,5	106,8	131,5
éves hasznosítható energiatermelés	kWh/a	64948,3	73066,9	67654,5	57048,3	71310,4	87766,6	13 354	12 995	19 258
fajlagos primer energia kiváltás	kWh/m ² a	20,2	22,7	21,0	17,7	22,2	27,3	10,4	10,1	15,0

V. típus										
		sík			vákuumsöves			PV		
		É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy
szintszám	db	5	5	5	5	5	5	5	5	5
lakásszám	db	20	20	20	20	20	20	20	20	20
lakás alapterület	m ²	60	60	60	60	60	60	60	60	60
A _N	m ²	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
takart földterület	m ²	240	240	240	240	240	240	240	240	240
hasznos tetőfelület	m ²	240	240	240	240	240	240	240	240	240
elhelyezhető panelek száma	db	30	32	27	45	40	39	45	40	39
energiagyűjtő felület / panel	m ² / db	2,23	2,23	2,23	1,6	1,6	1,6	1,64	1,64	1,64
összes energigyűjtő felület	m ²	66,9	71,36	60,21	72	64	62,4	74,0	65,7	64,1
éves hasznosítható energiatermelés	kWh/a	35322	36134,8	33900,9	37625,1	36277,7	36547,7	11 167	8 122	9 257
fajlagos primer energia kiváltás	kWh/m ² a	29,4	30,1	28,3	31,4	30,2	30,5	23,3	16,9	19,3

VI. típus										
		sík			vákuumsöves			PV		
		É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy
szintszám	db	5	5	5	5	5	5	5	5	5
lakásszám	db	15	15	15	15	15	15	15	15	15
lakás alapterület	m ²	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5
A _N	m ²	1012,5	1012,5	1012,5	1012,5	1012,5	1012,5	1012,5	1012,5	1012,5
takart földterület	m ²	202,5	202,5	202,5	202,5	202,5	202,5	202,5	202,5	202,5
hasznos tetőfelület	m ²	202,5	202,5	202,5	202,5	202,5	202,5	202,5	202,5	202,5
elhelyezhető panelek száma	db	26	21	19	39	35	28	39	34	28
energiagyűjtő felület / panel	m ² / db	2,23	2,23	2,23	1,6	1,6	1,6	1,64	1,64	1,64
összes energigyűjtő felület	m ²	57,98	46,83	42,37	62,4	56	44,8	64,1	55,9	46,0
éves hasznosítható energiatermelés	kWh/a	27765,9	25791,3	24643,1	38143	38143	38143	9 800	6 920	6 780
fajlagos primer energia kiváltás	kWh/m ² a	27,4	25,5	24,3	37,7	37,7	37,7	24,2	17,1	16,7



VII. típus										
		sík			vákuumcsöves			PV		
		É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy
szintsám	db	10	10	10	10	10	10	10	10	10
lakásszám	db	80	80	80	80	80	80	80	80	80
lakás alapterület	m ²	63	63	63	63	63	63	63	63	63
A _N	m ²	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040
takart földterület	m ²	504	504	504	504	504	504	504	504	504
hasznos tetőfelület	m ²	466	466	466	466	466	466	466	466	466
elhelyezhető panelek száma	db	52	25	27	76	38	35	76	38	34
energiagyűjtő felület / panel	m ² / db	2,23	2,23	2,23	1,6	1,6	1,6	1,64	1,64	1,64
összes energigyűjtő felület	m ²	115,96	55,75	60,21	121,6	60,8	56	124,9	62,4	55,9
éves hasznosítható energiatermelés	kWh/a	70360,7	33827,3	36533,4	83378,3	41689,1	38397,9	19 389	7 706	8 233
fajlagos primer energia kiváltás	kWh/m ² a	14,0	6,7	7,2	16,5	8,3	7,6	9,6	3,8	4,1

VIII. típus										
		sík			vákuumcsöves			PV		
		É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy
szintsám	db	11	11	11	11	11	11	11	11	11
lakásszám	db	66	66	66	66	66	66	66	66	66
lakás alapterület	m ²	52	52	52	52	52	52	52	52	52
A _N	m ²	3432	3432	3432	3432	3432	3432	3432	3432	3432
takart földterület	m ²	310	310	310	310	310	310	310	310	310
hasznos tetőfelület	m ²	263	263	263	263	263	263	263	263	263
elhelyezhető panelek száma	db	13	24	13	24	24	13	24	24	14
energiagyűjtő felület / panel	m ² / db	2,23	2,23	2,23	1,6	1,6	1,6	1,64	1,64	1,64
összes energigyűjtő felület	m ²	28,99	53,52	28,99	38,4	38,4	20,8	39,4	39,4	23,0
éves hasznosítható energiatermelés	kWh/a	18943,3	32474,2	17590,2	26330	26330	14262,1	6 180	4 902	3 340
fajlagos primer energia kiváltás	kWh/m ² a	5,5	9,5	5,1	7,7	7,7	4,2	4,5	3,6	2,4

IX. típus										
		sík			vákuumcsöves			PV		
		É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy
szintsám	db	15	15	15	15	15	15	15	15	15
lakásszám	db	120	120	120	120	120	120	120	120	120
lakás alapterület	m ²	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7
A _N	m ²	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004
takart földterület	m ²	533,8	533,8	533,8	533,8	533,8	533,8	533,8	533,8	533,8
hasznos tetőfelület	m ²	449,16	449,16	449,16	449,16	449,16	449,16	449,16	449,16	449,16
elhelyezhető panelek száma	db	42	42	21	42	42	26	44	42	26
energiagyűjtő felület / panel	m ² / db	2,23	2,23	2,23	1,6	1,6	1,6	1,64	1,64	1,64
összes energigyűjtő felület	m ²	93,66	93,66	46,83	67,2	67,2	41,6	72,3	69,0	42,7
éves hasznosítható energiatermelés	kWh/a	56829,8	56829,8	28414,9	46077,5	46077,5	28524,1	11 352	9 008	6 309
fajlagos primer energia kiváltás	kWh/m ² a	7,1	7,1	3,6	5,8	5,8	3,6	3,5	2,8	2,0



X. típus										
		sík			vákuumsöves			PV		
		É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy
szintszám	db	10	10	10	10	10	10	10	10	10
lakásszám	db	120	120	120	120	120	120	120	120	120
lakás alapterület	m ²	69	69	69	69	69	69	69	69	69
A _N	m ²	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280
takart földterület	m ²	966	966	966	966	966	966	966	966	966
hasznos tetőfelület	m ²	772	772	772	772	772	772	772	772	772
elhelyezhető panelek száma	db	74	48	31	74	48	39	74	48	36
energiagyűjtő felület / panel	m ² / db	2,23	2,23	2,23	1,6	1,6	1,6	1,64	1,64	1,64
összes energigyűjtő felület	m ²	165,02	107,04	69,13	118,4	76,8	62,4	121,6	78,9	59,2
éves hasznosítható energiatermelés	kWh/a	100129	64948,3	41945,8	81184,1	52660	42786,2	18 541	9 804	8 692
fajlagos primer energia kiváltás	kWh/m ² a	12,1	7,8	5,1	9,8	6,4	5,2	5,6	3,0	2,6

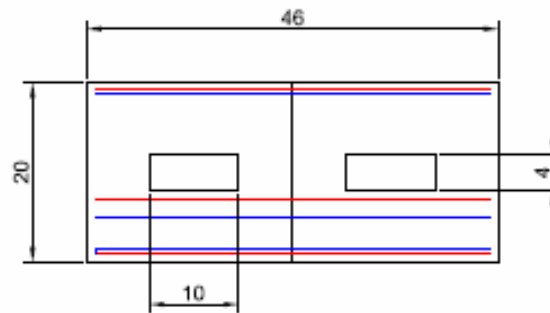
XI. típus										
		sík			vákuumsöves			PV		
		É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy
szintszám	db	11	11	11	11	11	11	11	11	11
lakásszám	db	110	110	110	110	110	110	110	110	110
lakás alapterület	m ²	63	63	63	63	63	63	63	63	63
A _N	m ²	6930	6930	6930	6930	6930	6930	6930	6930	6930
takart földterület	m ²	630	630	630	630	630	630	630	630	630
hasznos tetőfelület	m ²	503	503	503	503	503	503	503	503	503
elhelyezhető panelek száma	db	15	32	25	26	32	28	26	32	28
energiagyűjtő felület / panel	m ² / db	2,23	2,23	2,23	1,6	1,6	1,6	1,64	1,64	1,64
összes energigyűjtő felület	m ²	33,45	71,36	55,75	41,6	51,2	44,8	42,7	52,6	46,0
éves hasznosítható energiatermelés	kWh/a	20296,4	43298	33827	28524,1	35106,6	30718,3	6 677	6 513	6 780
fajlagos primer energia kiváltás	kWh/m ² a	2,9	6,2	4,9	4,1	5,1	4,4	2,4	2,3	2,4

XII. típus										
		sík			vákuumsöves			PV		
		É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy	É-D	K-Ny	ÉK-DNy
szintszám	db	5	5	5	5	5	5	5	5	5
lakásszám	db	15	15	15	15	15	15	15	15	15
lakás alapterület	m ²	64	64	64	64	64	64	64	64	64
A _N	m ²	960	960	960	960	960	960	960	960	960
takart földterület	m ²	192	192	192	192	192	192	192	192	192
hasznos tetőfelület	m ²	192	192	192	192	192	192	192	192	192
elhelyezhető panelek száma	db	22	24	19	33	32	30	32	32	30
energiagyűjtő felület / panel	m ² / db	2,23	2,23	2,23	1,6	1,6	1,6	1,64	1,64	1,64
összes energigyűjtő felület	m ²	49,06	53,52	42,37	52,8	51,2	48	52,6	52,6	49,3
éves hasznosítható energiatermelés	kWh/a	26258,1	27101,1	25708,7	28016,7	27747,2	32912,5	8 210	6 513	6 890
fajlagos primer energia kiváltás	kWh/m ² a	27,4	28,2	26,8	29,2	28,9	34,3	21,4	17,0	17,9



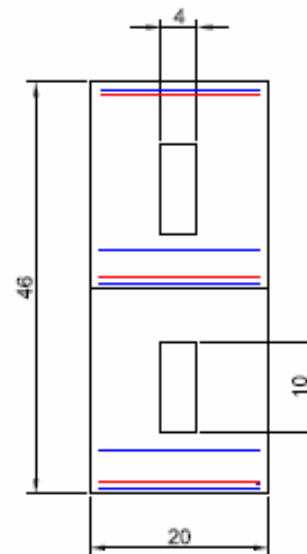
III. függelék: Panelépítésű épületek kolektormezőinek elhelyezési sémái

Típus: I. típus, Tájolás: É-D



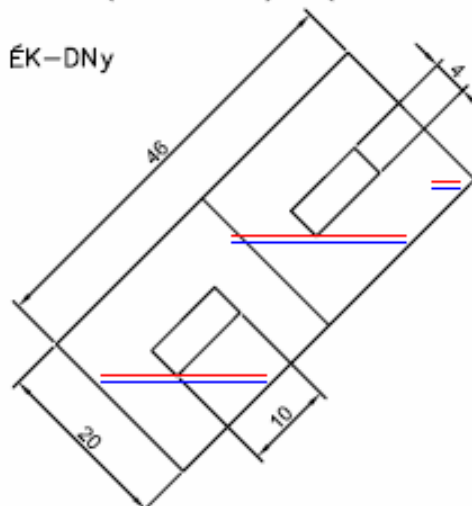
Telepíthető kollektorok száma: 55(síkkollektor) 55(vákuumcsöves)

Típus :I. típus, Tájolás: K-Ny



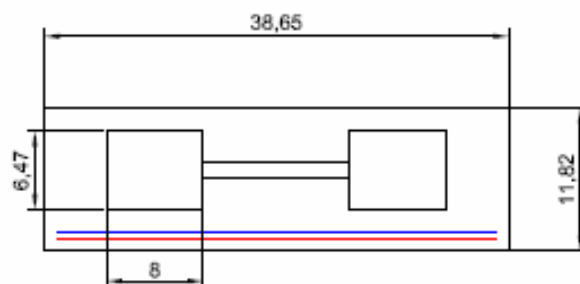
Telepíthető kollektorok száma: 25(síkkollektor) 53(vákuumcsöves)

Típus: I. típus, Tájolás: ÉK-DNy



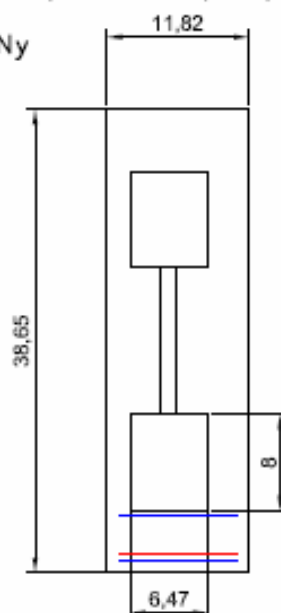
Telepíthető kollektorok száma: 16(síkkollektor) 16(vákuumcsöves)

Típus: II. típus, Tájolás: É-D



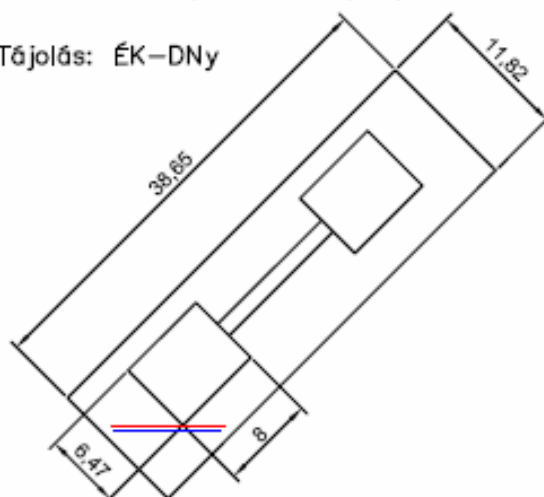
Telepíthető kollektorok száma: 15(síkkollektor) 15(vákuumcsöves)

Típus :II. típus, Tájolás: K-Ny



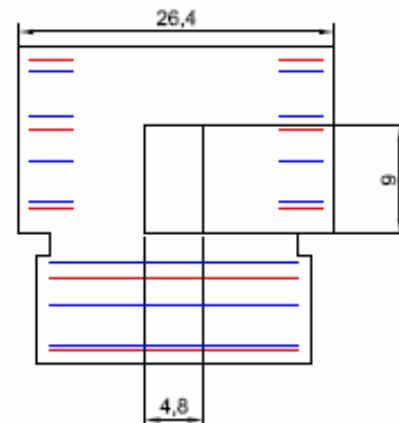
Telepíthető kollektorok száma: 4(síkkollektor) 8(vákuumcsöves)

Típus: II. típus, Tájolás: ÉK-DNy



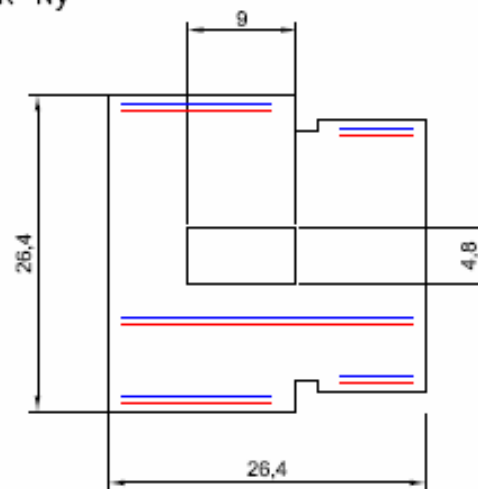
Telepíthető kollektorok száma: 4(síkkollektor) 4(vákuumcsöves)

Típus: III. típus, Tájolás: É-D



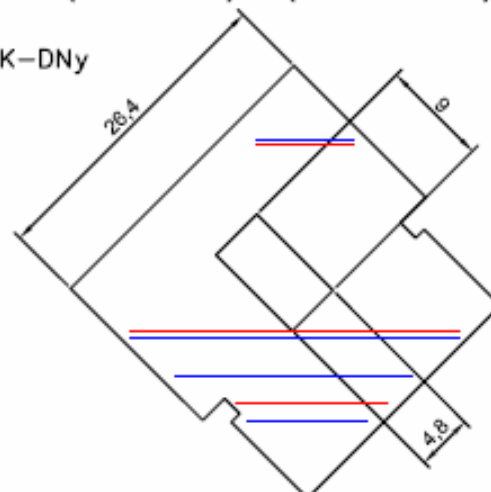
Telepíthető kollektorok száma: 48(síkkollektor) 69(vákuumcsöves)

Típus: III. típus, Tájolás: K-Ny



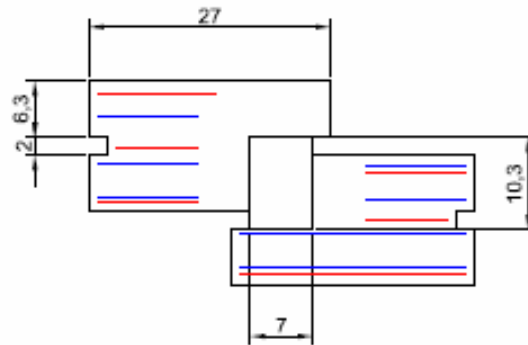
Telepíthető kollektorok száma: 54(síkkollektor) 54(vákuumcsöves)

Típus: III. típus, Tájolás: ÉK-DNy



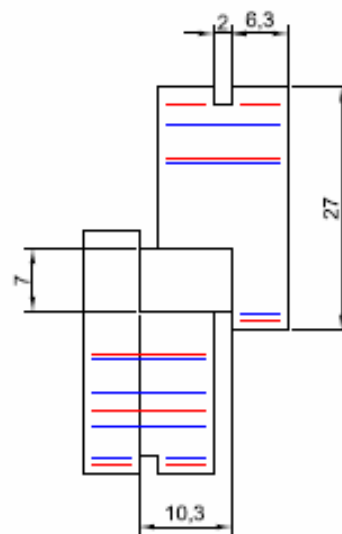
Telepíthető kollektorok száma: 40(síkkollektor) 55(vákuumcsöves)

Típus: IV. típus, Tájolás: É-D



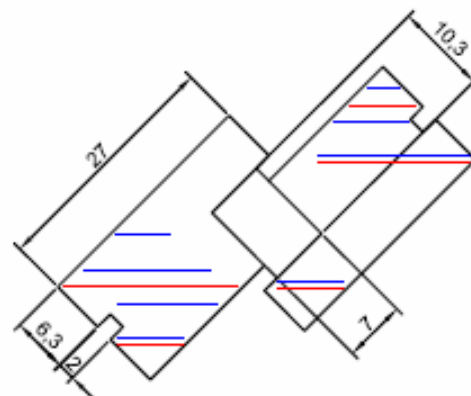
Telepíthető kollektorok száma: 48(síkkollektor) 52(vákuumcsöves)

Típus: IV. típus, Tájolás: K-Ny



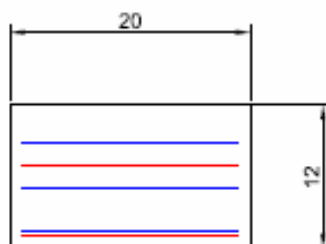
Telepíthető kollektorok száma: 54(síkkollektor) 65(vákuumcsöves)

Típus: IV. típus, Tájolás: ÉK-DNy



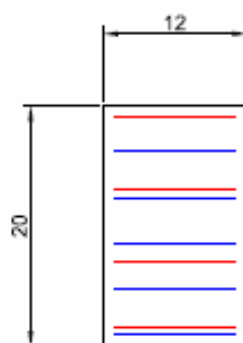
Telepíthető kollektorok száma: 50(síkkollektor) 80(vákuumcsöves)

Típus: V. típus, Tájolás: É-D



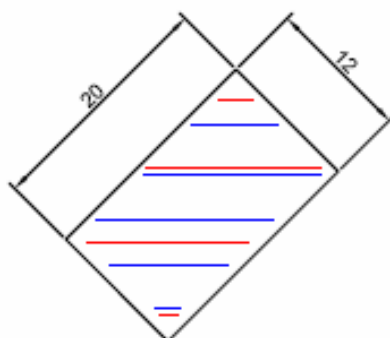
Telepíthető kollektorok száma: 30(síkkollektor) 45(vákuumcsöves)

Típus :V. típus, Tájolás: K-Ny



Telepíthető kollektorok száma: 32(síkkollektor) 40(vákuumcsöves)

Típus: V. típus, Tájolás: ÉK-DNy



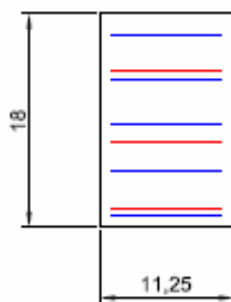
Telepíthető kollektorok száma: 27(síkkollektor) 39(vákuumcsöves)

Típus: VI. típus, Tájolás: É-D



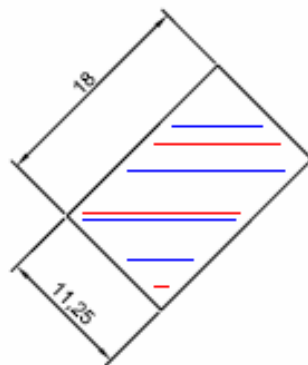
Telepíthető kollektorok száma: 26(síkkollektor) 39(vákuumcsöves)

Típus :VI. típus, Tájolás: K-Ny



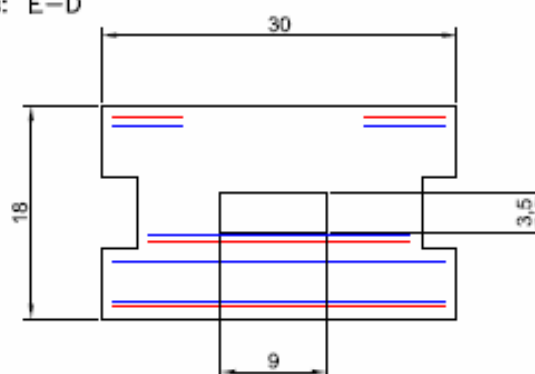
Telepíthető kollektorok száma: 21(síkkollektor) 35(vákuumcsöves)

Típus: VI. típus, Tájolás: ÉK-DNy



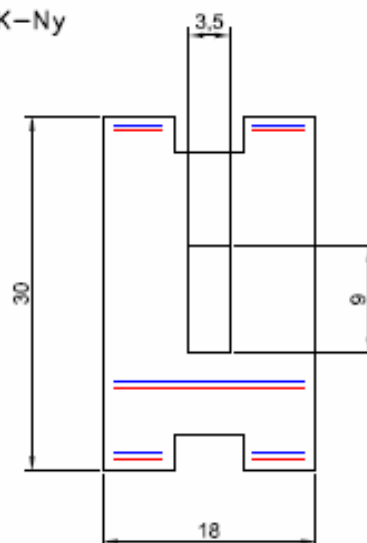
Telepíthető kollektorok száma: 19(síkkollektor) 28(vákuumcsöves)

Típus: VII. típus, Tájolás: É-D



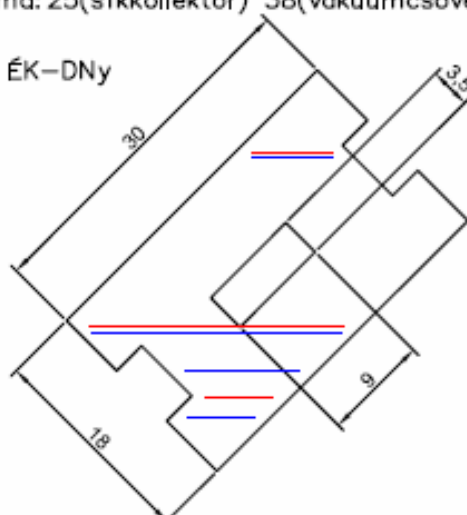
Telepíthető kollektorok száma: 52(síkkollektor) 76(vákuumcsöves)

Típus: VII. típus, Tájolás: K-Ny



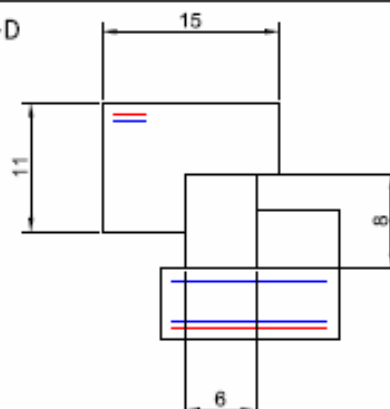
Telepíthető kollektorok száma: 25(síkkollektor) 38(vákuumcsöves)

Típus: VII. típus, Tájolás: ÉK-DNy



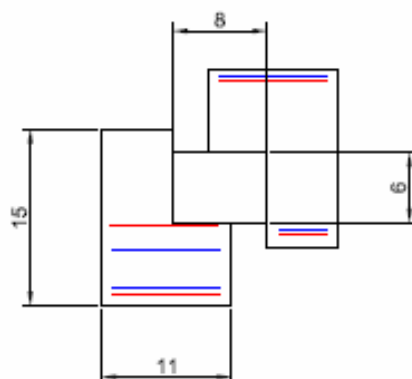
Telepíthető kollektorok száma: 27(síkkollektor) 35(vákuumcsöves)

Típus: VIII. típus, Tájolás: É-D



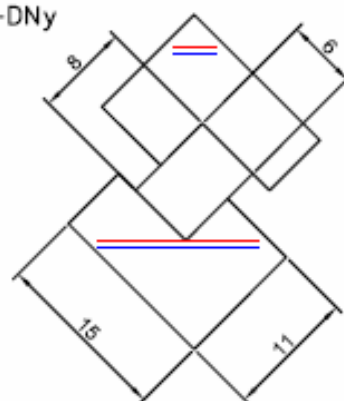
Telepíthető kollektorok száma: 13(síkkollektor) 24(vákuumcsöves)

Típus: VIII. típus, Tájolás: K-Ny



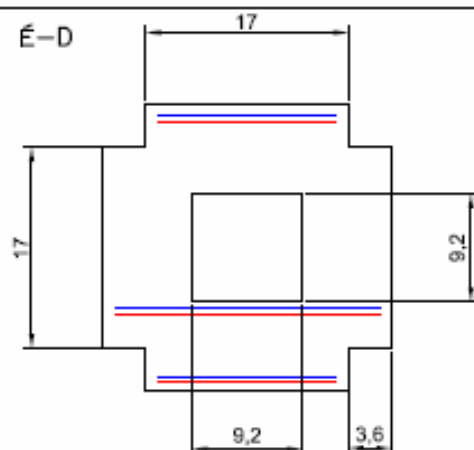
Telepíthető kollektorok száma: 24(síkkollektor) 24(vákuumcsöves)

Típus: VIII. típus, Tájolás: ÉK-DNy



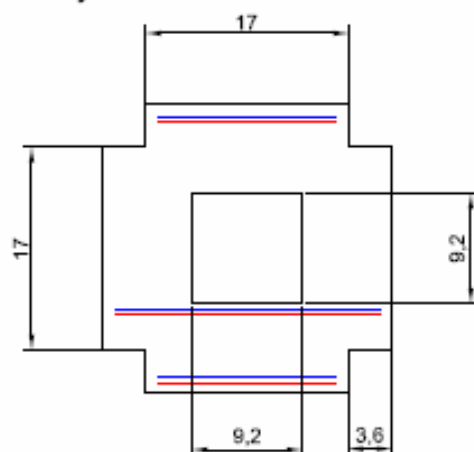
Telepíthető kollektorok száma: 13(síkkollektor) 13(vákuumcsöves)

Típus: IX. típus, Tájolás: É-D



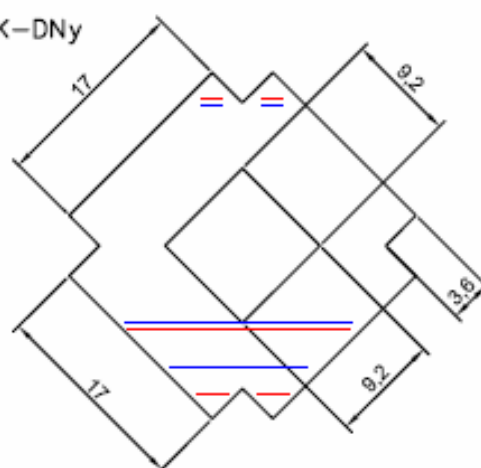
Telepíthető kollektorok száma: 42(síkkollektor) 42(vákuumcsöves)

Típus :IX. típus, Tájolás: K-Ny



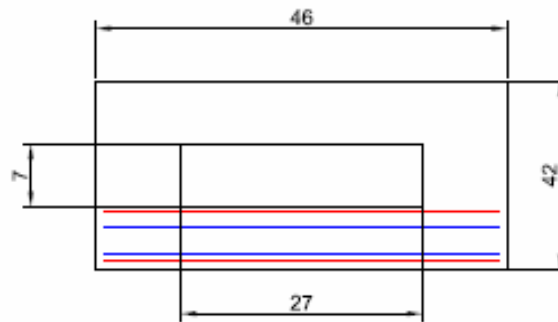
Telepíthető kollektorok száma: 42(síkkollektor) 42(vákuumcsöves)

Típus: IX. típus, Tájolás: ÉK-DNy



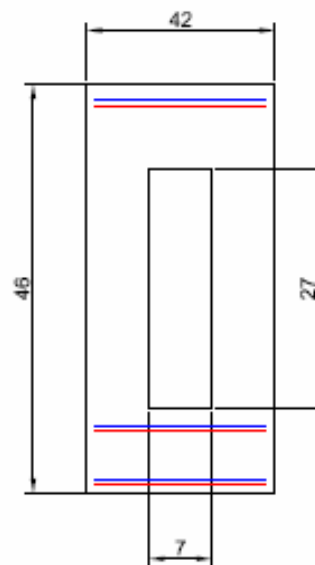
Telepíthető kollektorok száma: 21(síkkollektor) 26(vákuumcsöves)

Típus: X. típus, Tájolás: É-D



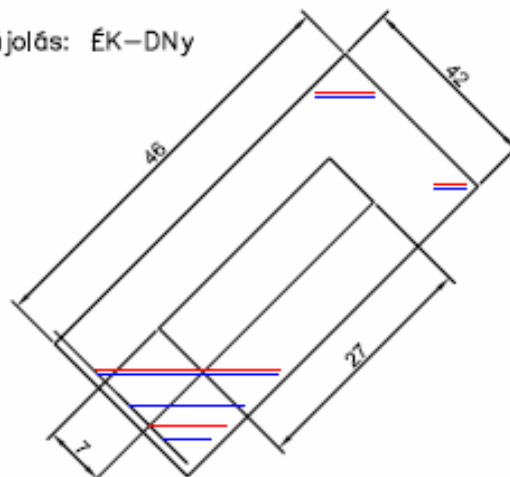
Telepíthető kollektorok száma: 74(síkkollektor) 74(vákuumcsöves)

Típus :X. típus, Tájolás: K-Ny



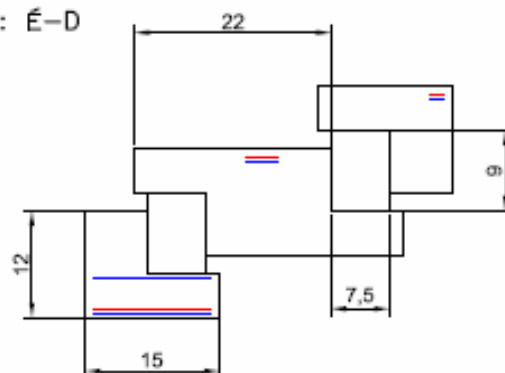
Telepíthető kollektorok száma: 48(síkkollektor) 48(vákuumcsöves)

Típus: X. típus, Tájolás: ÉK-DNy



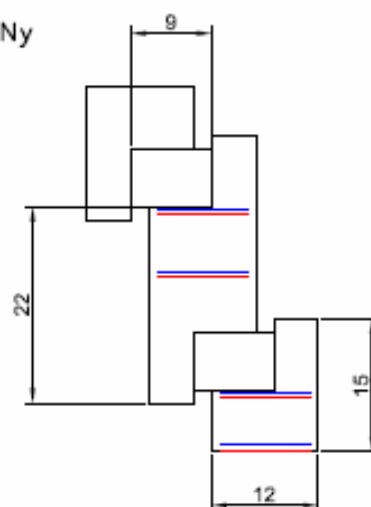
Telepíthető kollektorok száma: 31(síkkollektor) 39(vákuumcsöves)

Típus: XI. típus, Tájolás: É-D



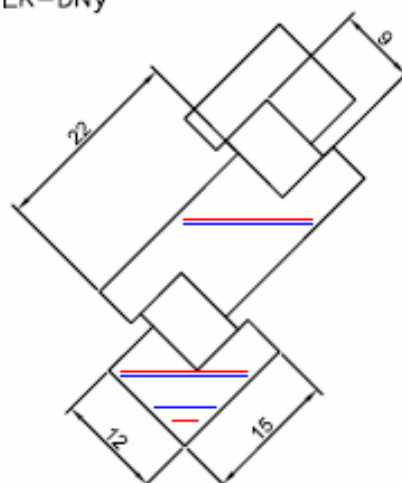
Telepíthető kollektorok száma: 15(síkkollektor) 26(vákuumcsöves)

Típus: XI. típus, Tájolás: K-Ny



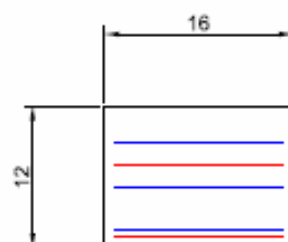
Telepíthető kollektorok száma: 32(síkkollektor) 32(vákuumcsöves)

Típus: XI. típus, Tájolás: ÉK-DNy



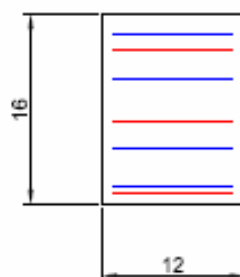
Telepíthető kollektorok száma: 25(síkkollektor) 28(vákuumcsöves)

Típus: XII. típus, Tájolás: É-D



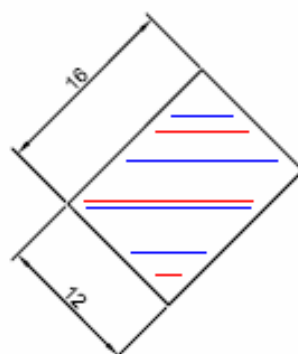
Telepíthető kollektorok száma: 22(síkkollektor) 33(vákuumcsöves)

Típus: XII. típus, Tájolás: K-Ny



Telepíthető kollektorok száma: 24(síkkollektor) 32(vákuumcsöves)

Típus: XII. típus, Tájolás: ÉK-DNy



Telepíthető kollektorok száma: 19(síkkollektor) 30(vákuumcsöves)