

A KÖZEL NULLA ENERGIAFOGYASZTÁSÚ ÉPÜLETEK KÖVETELMÉNYRENDSZERÉNEK ILLESZTÉSE A KÖLTSÉG OPTIMUM SZÁMÍTÁSOK EREDMÉNYEIHEZ

KÉSZÜLT A BELÜGYMINISZTERIUM MEGBÍZÁSÁBÓL

A DEBRECENI EGYETEM
MŰSZAKI KAR

ÉPÜLETGÉPÉSZETI ÉS LÉTESÍTMÉNYMÉRNÖKI TANSZÉKÉN

A tanulmány szerzői:

Csoknyai Tamás PhD
Kalmár Ferenc PhD
Zöld András DSc

Debrecen, 2013. január 15.

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS.....	3
1.1. A feladat értelmezése.....	3
1.2. A műszaki megfontolások alapján javasolt követelményrendszer filozófiája.....	4
2. Új épületek	6
2.1. A költség-optimum elemzések eredményeinek áttekintése.....	6
2.2. Hővédelem	7
2.3. A primer energiában megfogalmazott követelményértékekről.....	9
2.3.1. Távfűtés.....	9
2.3.2. Fotovillamos rendszerek	12
2.3.3. Napkollektoros rendszerek.....	21
2.3.4. Biomassza tüzelés	21
2.3.5. Hőszivattyús rendszerek.....	22
2.3.6. Hővisszanyerő.....	22
2.3.7. Javasolt követelményértékek	26
3. Felújítás esetén javasolt követelmények	28
3.1. Javasolt követelmények lakóépületekre	28
3.2. Javasolt követelmények oktatási és irodaépületekre lényeges felújítások esetén.....	30
3.3. Épületspecifikus követelmények felújítások esetén.....	32
3.3.1. Korlátozott szigetelhetőség	32
3.3.2. Tömbkazanházra csatlakozó épületek.....	33
3.4. Egyéb funkciójú épületek követelményértéke felújítás esetén.....	33
3.5. Példa korlátozott szigetelhetőség esetén a követelmény meghatározására	35
3.5.1. Gangos bérház	35
3.5.1. Parasztház.....	35

1. BEVEZETÉS

1.1. A feladat értelmezése

Az EU Épületenergetikai Irányelvének megfelelően 2019-ig a tagállamok új nemzeti épületenergetikai szabályozást dolgoznak ki, amely „közel nulla” energetikai követelményeket ír elő. A követelményeket úgy kell megfogalmazni, hogy az alacsony igények kielégítése jelentős hányadban megújuló energia források felhasználásával történjék (European Parliament and Council: Directive 2010/31 EU).

Ezt követően a Bizottság szabályozást és módszertani útmutatót adott ki a minimális épületenergetikai követelmények költség-optimális szintjének összehasonlító elemzése céljára (Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation /EU/ No 244/2012). Ez a dokumentum módszertani útmutatót és néhány bemenő adatot rögzít.

A hivatkozott Irányelv és dokumentum hatálya az új épületekre és a mély felújításokra egyaránt kiterjed.

A közel nulla feltételeknek megfelelő épületenergetikai követelményrendszerére a Debreceni Egyetem Épületgépészeti és Létesítményenergetikai Tanszéke 2012-ben javaslatot dolgozott ki, amely széleskörű szakmai vita tárgyát képezte. A javasolt követelményrendszer elsősorban műszaki megfontolásokon alapul, költség elemzés nélkül, de a várható költségeket is mérlegelve.

A költség optimum elemzéseket az Energiaklub végezte és végzi jelenleg is. Az eddigi eredmények szintén bemutatásra kerültek szakmai fórumon és elérhetőek az Energiaklub honlapján.

A jelen beszámolót illetően elsődleges feladatnak tekintettük a fent említett két vizsgálat eredményeinek „illesztését” abban az értelemben, hogy az eddig rendelkezésre álló adatok alapján a műszaki megfontolások alapján javasolt épületenergetikai követelmények a költségek szempontjából megtarthatók-e avagy módosítandók. Az „illesztés” épület kategóriánként végzendő, külön az új épületekre és külön a mély felújításra.

Elvileg a vizsgálat a következő lehetséges eredményekre vezethet:

- a műszaki megfontolások során figyelembe vett építészeti, épületszerkezeti és épületgépészeti megoldások a költség optimum sávba esnek, a műszaki megfontolások alapján javasolt követelmény megtartható;
- a műszaki megfontolások során figyelembe vett építészeti, épületszerkezeti és épületgépészeti megoldások az optimum sáv feletti költségekkel járnak, a műszaki megfontolások alapján javasolt követelmény módosítandó;
- bizonyos, megújuló energiát hasznosító rendszerek alkalmazása az optimum sáv feletti költségekkel járna és/vagy az adott épületkategóriával összeférhetetlen, a műszaki megfontolások alapján javasolt követelmény módosítandó.

A fentieket bonyolítja az a körülmény, hogy a műszaki megfontolások alapján javasolt követelmények közzétételét követően a távhőellátás és a kapcsolt energiatermelés primer energiataralmára vonatkozó előírások változtak és jelenleg is élénk szakmai vita tárgyát képezik. Miután a követelmények megfogalmazása a rendszer primer energia importjának és exportjának különbségén alapul egyes idevágó kérdésekre csak alternatív megoldások vethetők fel, véglegesnek tekinthető válasz nem adható.

A jelen munka során az Energiaklub által közzétett adatokat tényként tekintettük, nem vizsgálva számításait, az ahhoz felhasznált bemenő adatokat és a hivatkozott dokumentumnak (Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation /EU/ No 244/2012) való megfelelőségét. Bizonyos óvatosságra int az Energiaklub által feldolgozott referenciaépületek korlátozott száma. Megjegyzendő azonban, hogy ez még

mindig felülmúlja az Ecofys – BPIE tanulmányában ((Towards nearly zero-energy buildings, 2012 június) publikált megállapításokat, amelyek mindössze három épületkategória egy-egy referencia épületének változataira elvégzett – igaz, nagyon alapos – számításokon alapulnak.

Az Energiaklub adatai rendre „felújítási csomagokra” vonatkoznak, ugyanakkor négy „új építésű” referenciaépületet is megneveznek. Ez utóbbiak költségeit úgy értelmezzük, mint a jelenlegi követelményeknek megfelelő épületeknek a magasabb követelmények kielégítéséhez szükséges műszaki megoldások miatt felmerülő marginális költségeket. A módszert nem vitatva vélelmezhető, hogy a költségek szempontjából ez „felújításként” is értelmezhető és kedvezőtlenebb eredményre vezethet, mint ami egy új építés esetében adódna.

1.2. A műszaki megfontolások alapján javasolt követelményrendszer filozófiája

Pusztán műszaki megfontolások alapján a követelményrendszer a következő gondolatmenetből származik:

- az épület magas energetikai teljesítményére vonatkozó követelmény okán az épület hőszigetelése és légtömörése, valamint épületgépészete megfelel a 2019-ben elvárt szintnek – az épületgépészetet illetően ez kondenzációs gázkazánt és hővisszanyerős szellőzést jelent, mint referenciaértéket;
- a megújuló források alkalmazásának „kikényszerítését” (ami az Irányelvből következő kötelezettség) azzal érjük el, hogy a követelményérték alacsonyabb, mint az előző pontban megfogalmazott referenciaérték*;
- egy adott épület esetében nincs garancia arra, hogy az megújuló forrásokra alapozott vagy azzal támogatott hálózatról vételezhet energiát*, tehát a követelménynek enélkül is teljesíthetőnek kell lennie;
- egy épületen vagy épületben legfeljebb egyféle helybeni megújuló forrást hasznosítható rendszer alkalmazása várható el;
- meghatároztuk, hogy az épületen vagy épületben alkalmazott különböző helybeni megújuló energiaforrásokat hasznosító rendszerekkel mekkora fajlagos primer energiafogyasztás érhető el és ezt a szintek/tantermek számának függvényében ábrázoltuk;
- az előzőek szerint ábrázolt görbéknek megrajzoltuk a felső burkológörbét – ez a követelmény, vagyis a mindenkor legkevesebb előnyös helybeni megújuló forrást hasznosító rendszer.

A fenti gondolatmenetet az indokolja, hogy a helybeni megújuló forrásokat hasznosító rendszerek alkalmazása nem teljesen szabad elhatározás kérdése, hanem az építészeti adottságok, az épített környezet, az energia- és közmű ellátottság, a szabályozás számos korlátozó körülményét mérlegelő döntés tárgya.

*E két megjegyzés, valamint a „teljesíthetőség” 95%-os biztonsága még a következő értelmezést is magába foglalja:

A javasolt szabályozás sem abszolút adatok, sem százalékos arány formájában nem rögzíti a „megújulók részarányát”. A cél az épület által importált és exportált primer energia különbségének alacsony értéken tartása, (nem a minél több megújuló energia fogyasztása, különösen nem a biomassza esetében). A kitűzött cél elérhető „helybeni” megújuló forrást hasznosítható rendszer *nélkül* is, vagy akkor, ha a külső forrásból alacsony primer energiataralmú szolgáltatást importálhatunk vagy akkor, ha kedvező feltételek esetén jó építészeti koncepcióval és szerkezeti megoldásokkal a követelmény önmagában teljesíthető. (A szoláris energia passzív eszközökkel való – jó esetben igen hatékony – hasznosítása az Irányelv szerint /is/ nem számítandó be a megújuló

energia helybeni rendszerekkel való hasznosításába, azt az energiaigények csökkenéseként vesszük figyelembe.)

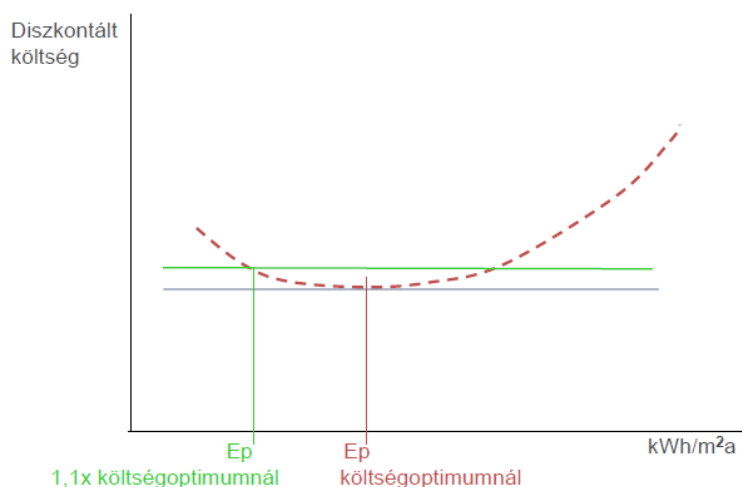
A fenti gondolatmenet szerint javasolt követelményértékek elsősorban akkor válnak kritikussá, ha a követelményértékeket adó burkológörbe olyan helybeni megújuló forrást jellemző görbéhez/görbeszakaszhoz simul, amely távol van a költség-optimumtól.

Ismételten megjegyzendő, hogy a követelmény nem a lehetséges legjobb épületet jelenti. A követelménynél jobb épületet lehet és adott esetben érdemes is csinálni, egynél többféle helybeni megújuló forrást hasznosító rendszert is lehet alkalmazni. A követelményrendszer azonban olyan, hogy annak teljesítése egy helybeni megújuló forrást alkalmazó rendszerrel a leendő épületek 95 %-ában nem lehetetlenül el.

2. Új épületek

2.1. A költség-optimum elemzések eredményeinek áttekintése

Az Energiaklub adatai azt mutatják, hogy a különböző épületszerkezeti és épületgépészeti „csomagokhoz” tartozó összköltségek a minimumhely környékén gyakorta egy meglehetősen lapos függvényt alkotnak. Ennek (és az Irányelvben foglaltaknak) megfelelően meghatároztunk egy sávot, amelynek felső határa az optimális költség 110 %-a, elemeztük az ebbe a sávba eső „csomagokat” és kiválasztottuk azt a változatot, amely a legkisebb fajlagos összesített energetikai jellemzőt eredményezi. Az eljárás gondolatmenetét az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. A költség-optimum sávba eső legkisebb összesített energetikai jellemző meghatározásának elve.

Az 1. táblázat az Energiaklub táblázatának részbeni felhasználásával és általunk eszközölt kiegészítéssel készült – az Energiaklub eredeti adatai *kékkel és kurziválva* szerepelnek. Az eredeti táblázat a költség-optimumhoz tartozó fajlagos összesített energetikai jellemzőket tartalmazza.

A táblázatban feltüntettük, hogy a számított összesített energetikai jellemzők a jelenlegi (7/2006 TNM rendeletben foglalt) követelmények mekkora hányadát teszik ki. Ez az úgynevezett „tightening ratio” a szigorítás mértékét jellemzi.

A költség-optimum sávba eső legkisebb összesített energetikai jellemző értékek a reálisan kitűzhető követelményértékeket jelzik. Egyes referencia épületek esetében vannak ennél alacsonyabb, kedvezőbb értékek is, ezek azonban magasabb költségeik miatt általános követelményként nem tűzhetők ki. Aránylag gyakran előfordul, hogy az optimumsávba esik ugyanaz az „épületgépészeti csomag” enyhébb és szigorúbb „épületszerkezeti csomaggal” társítva vagy ugyanaz az „épületszerkezeti csomag” azonos hőforrással, hőviszanyerős gépi szellőzéssel és anélkül. Természetesen a közel azonos (az optimum sávba eső) költségek esetében azt a „csomagot” kell választani, amely alacsonyabb összesített fajlagos energetikai jellemzőt eredményez. Ez annál inkább is hangsúlyozandó, mert egyes esetekben a költség-optimum sávban előfordulnak részleges (csak az épületszerkezeteket érintő) felújítási „csomagok” is – természetesen szerényebb energetikai eredménnyel.

A táblázatban néhány referenciaépület az átlagszámításban nem szerepel, mert az eredetileg elemzett változatok az összehasonlítást nem teszik lehetővé (például csak fatüzeléses változatokra van adat vagy nincs gépészeti felújításra vonatkozó adat).

1. Táblázat

Referenciaépület	Költségoptimális szint	Optimumsávban minimális E _p	Jelenlegi követelmény	A jelen követelményhez viszonyítva		Megjegyzés
	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	%	%	
CSH-1 Meglévő családi ház vályog	118,3	106	207,0	57	51	Csak fatüzelési változatok*
CSH-2 Meglévő családi ház téglá	198,6	132	205,0	97	64	Megújuló változatokkal
CSH-3 Meglévő családi ház B30	102,6	96	206,5	49	47	Megújuló változatokkal
CSH-4 Meglévő családi ház Ikersejt	129,4	80	204,0	63	39	Megújuló változattal
CSH-5 Meglévő családi ház Porotherm 250	105,7	80	186,5	56	43	Megújuló változatokkal
CSH-6 Új építésű családi ház Porotherm 120	141,5	114	224,0	63	51	Megújuló és hővisszanyerős
TH-1 Meglévő társasház panel 10 emelet	95,0	68	110,0	86	62	Távhő és kollektor változatokkal
TH-2 Meglévő társasház gangos	95,9	96	135,0	71	71	Csak kond. kazán változatok*
TH-3 Új építésű társasház	110,4	110	166,5	66	66	Csak szerkezeti felújítás*
Lakóépület átlag	128,8	95		69	51	
I-2 Meglévő iskola téglá	111,2	84	170,7	65	49	Mindegyik hővisszanyerővel, megújuló változat is szerepel
I-1 Meglévő iskola panel	37,6	38	166,5	23	23	
I-3 Új iskola téglá	62,6	50	110,0	57	45	
Iskola épületek átlag	70,5	57		48	39	
IR-1 Meglévő iroda hőszigetelhető	85,1	78	132,0	64	59	Mindegyik hővisszanyerővel, megújuló változatok nélkül szerepel..
IR-2 Meglévő iroda nem hőszigetelhető	107,9	105	132,0	82	79	
IR-3 Új iroda téglá	84,2	84	133,0	63	63	
Iroda épületek átlag	92,4	89		70	67	

*Átlagszámításban nem szerepel

Első látásra az eredmények azt sugallják, hogy iroda és iskola épületek esetében a műszaki megfontolások alapján javasolt követelményértékek a költség optimum sávba eső megoldásokkal teljesíthetők, a lakóépületek esetében azonban felmerül a követelmények enyhítésének szükségessége.

2.2. Hővédelem

Az Energiaklub által elvégzett költségelemzésekben az épületszerkezetekre vonatkozóan a következő változatokat és adatokat találjuk:

- meglévő épületek esetében a tényleges anyagok és szerkezetek hőtechnikai adatai;

- új épületek esetében a TNM 7/2006 rendelet követelményeinek megfelelő szerkezeti adatok;
- meglévő épületek esetében a TNM 7/2006 rendeletnek megfelelő szintre történő épületszerkezeti felújításának energetikai eredménye és marginális költsége;
- meglévő és új épületek esetében egy enyhébb és egy szigorúbb épületszerkezeti követelményrendszernek megfelelő felújítás energetikai eredménye és költsége.

Ezek az adatok mindegyik változatban szerepelnek elkülönítve a határolószerkezetek hőszigetelése, a nyílászáró csere és a komplex épületszerkezeti felújítás esetére (a „felújítás” alatt új épületek esetében a jelenlegi követelményeknek megfelelő szerkezetek és a javasolt követelményeket kielégítő szerkezetek költség különbözete értendő). A részletek tanulmányozása ugyan érdekes következtetések levonására nyújthat alkalmat, de a következőkben elegendő csak a komplex felújítások eseteit vizsgálni, tekintettel arra, hogy a részleges felújítás állagvédelmi szempontból kockázatos és/vagy energetikai szempontból nem elég hatékony. Részleges felújítás csak bizonyos – később részletezendő – esetekben fogadható el (3.3. fejezet).

Az említett enyhébb követelményrendszer kulcsszámái (ablakok és falak hőátbocsátási tényezői) megengedőbbek, mint a Magyar Mérnöki Kamara ad hoc munkacsoportja által 2011-ben javasolt, dr. Osztróluczky Miklós által összeállított követelményrendszer, míg a szigorúbb változatban az ablakok hőátbocsátási tényezője alacsonyabb.

Mind az energiaigény, mind a költségek szempontjából a meglévő állapot \Rightarrow TNM 7/2006 szintnek megfelelő állapot \Rightarrow enyhébb követelményrendszer pontok között monoton csökkenő függvényt kaptak. A monoton csökkenés a referenciaépületek egy részénél tovább folytatódik az enyhébb követelményrendszer \Rightarrow szigorúbb követelményrendszer szakaszon is. Más esetekben ez a csökkenés megáll, sőt visszafordul. Mindez egyértelmű jele annak, hogy a szigorúbb követelményrendszer önmagában az optimum közelében van.

Megerősítik ezt a véleményt a teljes (épületszerkezeti és épületgépészeti) felújítási változatokra kapott eredmények. Több olyan érdekes változat is adódott, amelyek szerint az épületszerkezeti felújításokat tekintve a szigorúbb változat volt kedvezőbb, de a teljes felújítást tekintve az enyhébb követelményrendszer bizonyult jobbnak ugyanazzal a gépészeti „felújítási csomaggal”.

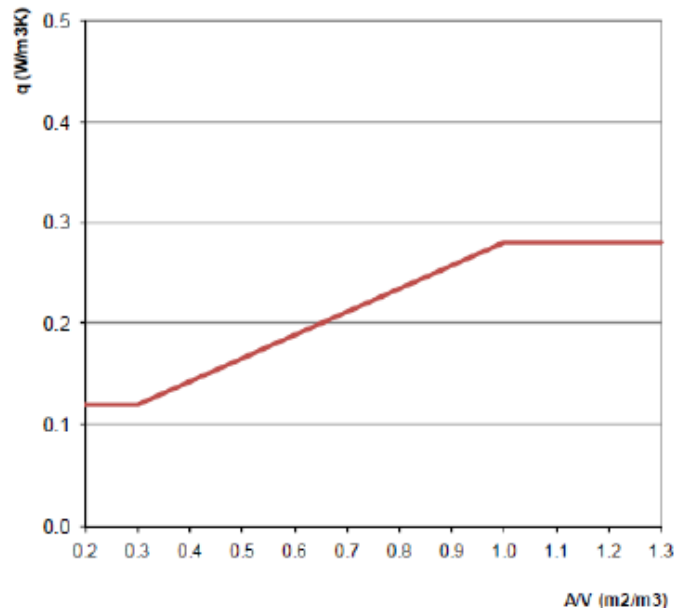
Felvethető, hogy az Energiaklub által figyelembe vett szigorúbb változatban az ablakok hőátbocsátási tényezője alacsonyabb, mint az Osztróluczky féle javaslat. Ezt a tényt azonban ellentételezi az a körülmény, hogy az Energiaklub – elfogadott módon – tájolás és benapozás szempontjából nem konkretizálta a referenciaépületeket, árnyékban lévő vagy északra tájolt ablakokra jellemző sugárzási nyereségekkel számolt. A valóságban ennél nagyobb sugárzási nyereség nagyjából kompenzálja a hőátbocsátási tényezők különbségének számlájára írható veszteséget.

A fentiek bizonyítják, hogy az elemek hőátbocsátási tényezőire javasolt Osztróluczky féle követelményrendszer mind energetikai, mind költség szempontból az optimumhoz vezet és a leendő szabályozás változtatás nélkül megőrzendő részének tekinthető.

Általában ezeket az elemi követelményeket (U értékeket) célszerű teljesíteni meglévő épületek felújítása esetén is. Az épület egészére vonatkozó követelményt (a fajlagos hőátbocsátási tényezőt) tekintve azonban figyelembe kell venni bizonyos korlátozó tényezőket és ennek alapján kell differenciálni a követelményrendszert is. Ilyen korlátozó tényező lehet például az utólagos hőszigetelést illetően a műemléki vagy városképi szempontból védett homlokzat, a belmagasság vagy a közlekedési útvonal szélességének csökkenése, egyes határoló szerkezetek hozzáférhetetlensége (bővebben a 3.3. fejezetben).

Az egyes határoló és nyílászáró szerkezetekre vonatkozó követelmények betartásával, adott esetben a felületarányok és a hasznosított (passzív) sugárzási hőnyereség

figyelembe vételével a 2. ábra szerinti fajlagos hőveszteségtényező követelmény az épületek 95%-a esetében teljesíthető, e követelmény a leendő szabályozás megőrzendő részének tekintendő.



2. ábra. A fajlagos hőveszteségtényező követelményértéke.

2.3. A primer energiában megfogalmazott követelményértékekről

2.3.1. Távfűtés

A követelményértékeket az épület és az épületgépészet egészére „legfelső szinten” az Irányelv szerint a fajlagos éves primer energiaigényként kell megfogalmazni. („Elemi” vagy „alsóbb szintű” követelményeknek az egyes határoló és nyílászáró szerkezetekre, továbbá az épületgépészeti rendszerek egyes elemeire és az épületre magára vonatkozó követelményeket tekintjük – ugyancsak az Irányelv tételes elvárásaival összhangban.)

A fajlagos primer energiaigény formájában megfogalmazott követelmény azonban komoly problémát jelent a távhőellátásra kapcsolt épületek esetében. 2012 előtt a távfűtőművek és a kapcsolt energiatermelésből származó erőművi távhő primer energiataralmaira rögzített értékek voltak előírva, amelyek között az eltérés 8% -nál is kisebb volt – ez a számítást egyszerűsítette, a valóságot sok esetben torzította.

2012 -ben új, differenciált adatok kerültek a szabályozásba, amelyek értelmezése szakmai körökben vitatott. Ennek a vitának a feloldására és az esetlegesen szükséges korrekciókra remélhetően hamarosan sor kerül. A probléma bemutatására a FŐTÁV 2012 novemberében

<http://www.fotav.hu/fotav-zrt/kotelezo-adatkozvetetel/primerenergia-atalakitasi-tenyezok/>

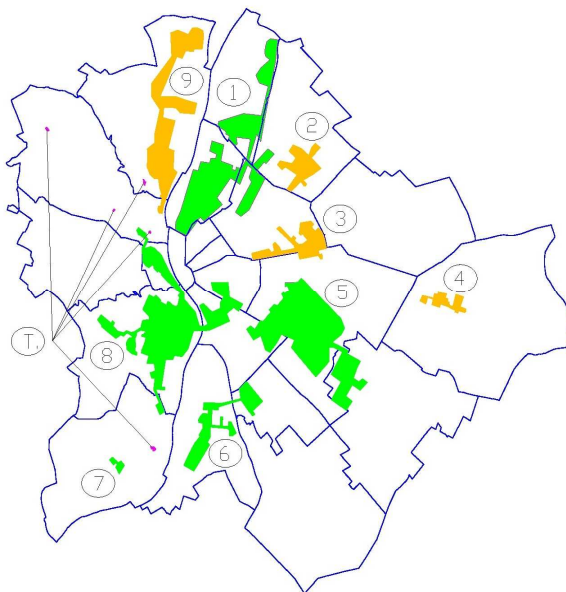
alatt közzétett, véleményünk szerint korrekt adatait használjuk (lásd 2. táblázat), amelyek számításának módszere is kielégítő alapossággal ugyane címen publikálásra került.

A táblázat adataiból látható, hogy csak a fővárosban a legmagasabb és legalacsonyabb primer energiataralmak közötti arány több, mint kétszeres, aszerint, hogy az épület melyik rendszerhez kapcsolódik!

Az természetesen üdvös, hogy egy differenciált adatsor alapján valós képet kapunk egy-egy épület tényleges primer energiaigényéről (és csak remélhető, hogy hasonló adatsorok az országban működő összes távhőszolgáltató rendszerre rövid időn belül elérhetőek lesznek, ahogyan ezt már korábban kezdeményeztük). Az is üdvös, hogy a differenciált adatoknak ösztönző hatása lehet tekintetben, hogy a távhőszolgáltatók a fejlesztésekkel, korszerűsítésekkel alacsonyabb primer energiataralmú szolgáltatást célozzanak meg – de nyilvánvaló, hogy ez egy hosszú folyamat, amelynek a piaci viszonyok és a távhő fejlesztési stratégia megvalósítására fordítható támogatások függvényében csak évek múlva lehet eredménye.

2. táblázat. A Főtáv rendszereinek primer energia tényezői

távhőrendszer		primerenergia- átalakítási tényező termelt távhőre	primerenergia- átalakítási tényező értékesített távhőre
térképi jele	megnevezése	$G_{J_{pr.e}}/G_{J_{term}}$	$G_{J_{pr.e}}/G_{J_{ért.}}$
1	észak-pesti távhőrendszer	0,72	0,79
2	újpalotai távhőrendszer	0,82	0,90
3	füredi úti távhőrendszer	0,86	0,94
4	rákoskeresztúri távhőrendszer	0,86	0,94
5	délkelet-pesti távhőrendszer	0,72	0,79
6	csepeli távhőrendszer	0,62	0,69
7	rózsakeri távhőrendszer	0,78	0,86
8	dél-budai távhőrendszer	0,66	0,73
9	észak-budai távhőrendszer	0,94	1,03
T	tömbkazanházas rendszerek	1,34	1,48



3. ábra. A Főtáv rendszerei

Nem lehet általában cél a magas primer energiatartalmú ellátást kínáló rendszerekről való leválás – a rendszeren maradó épületek és a szolgáltató is ezáltal még rosszabb helyzetbe kerülnének.

Ugyanakkor az is nyilvánvaló, hogy 1:2 arányú távhő primer energiatartalmak mellett nem lehet a *valós* primer energiatartalmak alapján az épületekre *azonos* fajlagos primer energiatartalom követelményt előírni. Ez egy jobb hálózatra csatlakozó épület esetében azzal járna, hogy semmit vagy alig valamit kell tenni annak érdekében, hogy az épület a közel nulla követelményeknek megfeleljen, egy rosszabb hálózatra csatlakozó épület esetében pedig nemhogy észszerűtlen, de akár műszakilag nem is lehetséges ráfordításokat tenne szükségessé.

A primer energiatartalom értékek részben szabatos műszaki számításokon, részben energia- és környezetvédelmi politikai megfontolásokon alapulnak. Erre számos példa van: ilyen a biomassa, amelynek primer energiatartalma az uniós tagországokban 0,2 – 1,3 között szór, ilyen a hulladékégetés, amelyet uniós ajánlás alapján 0,5 értékkel kell számolni, ilyen a dániai távhőellátás, amely rendszertől, helytől függetlenül 1,0 értékkel számol vagy hazai példaként a csúcson kívüli áram 1,8 értéke, amelynek célja az országos hálózat egyenletesebb terhelése (utóbbit különböző tarifák is támogatják). Maga az árammix is tartalmaz fiktív értéket a nukleáris erőművek esetére.

A távhőellátás esetén is csak ilyen döntéssel látjuk kezelhetőnek a problémát, nevezetesen a követelmények megfogalmazását – konszenzuson alapuló – fiktív értékhez kell igazítani. Ez a fiktív érték a fűtőművek esetében maradhat az eddig sem vitatott 1,20 (gázfűtés esetén, más tüzelőanyag használatkor annak primer energia tartalmával szorozva: például biomassa 0,6, hulladék 0,5). A kapcsolt energiatermelésből származó távhő esetében egy (a korábbinál alacsonyabb) számot a távhőszolgáltatók konkrét adatai alapján lehet előállítani. A már idézett budapesti adatok alapján egy ilyen érték 0,7-0,8 körül lehet – a számtani átlagot könnyű lenne kiszámítani, de célszerűbb lenne az egyes rendszerek konkrét adatait a rendszerhez kapcsolódó épületek alapján (fűtött térfogat, alapterület) súlyozni. A számításban azt is figyelembe kell venni, hogy kapcsolt energiatermelés esetén is előfordul, hogy valamilyen arányban közvetlen hőtermelés is történik.

Egy ilyen kompromisszum előnyei

- egységes és formálisan teljesíthető fajlagos primer energia követelményt lehet előírni;
- a kapcsolt energiatermelésből származó távhő versenyképességét a fentiek szerinti fiktív primer energia tartalom *általában* jól kifejezné.

A hátrányok:

- az eredmény csak az átlagosnak megfelelő rendszer esetében tükrözi a valóságot;
- az egyes konkrét rendszerek közti minőségi különbségek nem mutatkoznak meg.

Természetesen az egyes konkrét rendszerek közötti minőségi különbségek nem maradnak titokban, bármikor ellenőrizhető, hogy egy adott rendszerhez tartozó épületnek mennyi a valós primer energia felhasználása, ennek alapján lehet esetleges támogatásokról dönteni, amelyek a rendszer fejlesztését szolgálják, akár a forrásoldalon (például füstgázhasznosító beépítése), akár az épületeken (az oda telepített kollektorokkal támogatva a melegvízellátást – a lehetőségek határáig).

Egy ilyen kompromisszum a jogszabályalkotó és a távhőszolgáltatók egyetértésén múlik.

Egy ilyen kompromisszum elmaradása esetén vagy abszurd helyzetekhez vezetne egy egységes követelmény (szinte semmit sem kell csinálni vagy a lehetetlent is meg kell kísérelni) vagy pedig közel 1:2 arányban differenciált követelményeket kellene előírni és alkalmazni aszerint, hogy az épület milyen távhőszolgáltatóhoz kapcsolódik, úgy, hogy azok nagyjából azonos ráfordításokkal legyenek teljesíthetők – hiszen általában nem az épület tervezőin vagy tulajdonosain múlik, hogy adott helyen milyen a távhőellátás.

Új épületek esetében tehát egy olyan követelményérték megfogalmazása célszerű, amely a kapcsolt energiatermelésből származó távhő átlagos primer energiataralma esetén észszerű ráfordításokkal teljesíthető.

A számítások és minősítések során két opció lehetséges

- ezt az átlagos primer energiataralmat vesszük figyelembe ami a valóságot az esetek egy részében felfelé, más részében lefelé torzíthatja, de az eljárást egyszerűsíti;
- a tényleges rendszer primer energiataralmát vesszük figyelembe, ami a valóságot tükrözi, a jobb rendszerekhez csatlakozó épületek esetében mérsékeltebb, a rosszabb rendszerek esetében az átlagost meghaladó ráfordításokat igényel – de ha az átlagos és a legkedvezőtlenebb primer energiataralom közötti különbség nem nagy, akkor a követelmény teljesítése nem lehetetlenül el (ne feledjük: a rosszabb kapcsolt energiatermelésből származó távhő még mindig alacsonyabb primer energiataralmú, mint a földgáz).

Más a helyzet az új épületek és a fűtőművek esetében. A fűtőművekből származó távhő esetében az épület eleve 20-40% tehertétellel indulna, ha csak a fűtőműben nem biomasszát vagy hulladékot égetnek. Ezt a hátrányt az épületen behozni észszerű ráfordításokkal nem igazán lehet. Ezért javasolható, hogy

- új épületeket 1-nél nagyobb primer energiataralmú fűtőművi távhő rendszerre ne kössenek
- vagy ha valamilyen okból mégis rákötnek, akkor az ilyen távhő primer energiataralmának a földgázéhoz viszonyított arányában magasabb energia igényre kapjon felmentést egyedi elbírálás alapján – a valamilyen ok lehet vagy a fűtőmű tervezett, esedékes korszerűsítése, ami belátható időn belül a primer energiataralom csökkenéséhez vezet vagy környezetvédelmi szempont (a levegő tisztaságától az épített örökség védelméig).

2.3.2. Fotovillamos rendszerek

A fotovillamos rendszerek alkalmazását, az abban sejtett nagy lehetőségek kihasználtságát több szempontból is óvatosan kell kezelni.

Első ránézésre igen vonzó, hogy 1 kWh fotovillamos rendszerrel megtermelt energiával az elszámolásban 2,5 kWh hálózatról vételezett energiát lehet kiváltani. Ez lehetővé tenné, hogy alacsony szintszám esetében akár ténylegesen nulla, sőt „energiapozitív” épületeket is létesítsünk – ha a helybeni fotovillamos rendszerrel megtermelt energiát az országos hálózat korlátozás nélkül átveszi, ha a tetőn a benapozás geometriai feltételei adottak és nem utolsó sorban ha a rendszer költségei az optimum sávban vannak.

A megtermelt energia átvételét illetően már a műszaki megfontolások alapján javasolt követelmények ismertetését követően is érezhető volt bizonyos tartózkodó hozzáállás. Ez más tagországokban sem ismeretlen. A 3. táblázat a Concerted Action EPBD 3 felméréséből származó adatokat tartalmazza. A bekeretezett két sor illusztrálja, hogy egyes tagállamokban a megtermelt energia nem korlátlanul adható át az országos hálózatnak illetve írható jóvá az épület energiámérlegében (azokat a nemzeti szabályozásokat jelölték, amelyek szerint csak az épület által felhasznált elektromos energia kerül jóváírásra a követelmények teljesítése szempontjából illetve az országos hálózat által átvett elektromos energia felső határa az épület saját fogyasztásával egyenlő. Ami a megtermelt energia átvételét illeti hasonló tendencia nem zárható ki a későbbiekben a nemzeti szabályozásban sem – nem az épületekre, hanem az országos elektromos hálózatra vonatkozó szabályozásban. Megjegyzendő, hogy amennyiben a hálózatnak átadott elektromos energia az épület saját fogyasztásának megfelelően van korlátozva, úgy abba a követelményrendszerben nem szereplő „háztartási” energiafogyasztás is beleértendő – ennek mértéke statisztikai adatok alapján tárcaközi megállapodás kérdése, amennyiben a korlátozás kérdése felmerülne.

Különösen meglévő épületek esetében jelenthet gondot a fotovillamos mezők teljes benapozásához szükséges geometriai feltételek hiánya. Kollektormezők esetében a részleges benapozás „csak” annyi gondot okoz, hogy az árnyékban lévő hányad „nem dolgozik”, a teljesítmény csökken. Fotovillamos mezők esetében azonban a részleges benapozás üzemzavarokat okoz, ellenállás képződik és az élettartamot is hátrányosan befolyásolja.

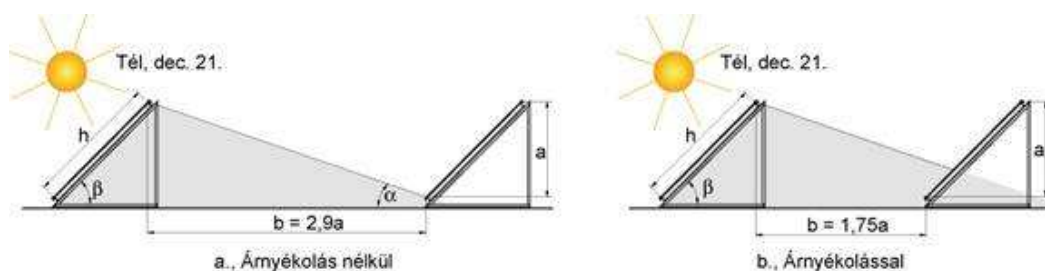
A zavartalan működés és a lehető legnagyobb energia elvétel szempontjából tehát fontos kérdés az egy inverterhez tartozó mező teljes benapozottsága. Lapostetőkön a mezőket állványokon helyezzük el, egymás mögött több sorban. A mezők déli tájolása általában

3. táblázat

Country	A	B-BA	B-FL	B-W	BG	CR	CY	CZ	D	DK	EE	ES	FI	F	GR	HU	I	IR	LV	LT	LX	MT	NL	N	PL	PT	RO	SL	SK	S	UK	Total	
State of application	Offic. approved	X	X							X					X																	2	
	Developed	X	X					X			X				X				X											X		5	
	Study performed		X					(X)	X						X						X					X	X	X	X			4	
	Work ongoing		X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		17
	Study planned											X											X	X			X					4	
Included energy aspects	Annex I H, C, V, DHW, L (non-res.)	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	27	
	T+ aspects missing																								X							1	
	Additional aspects							X	X		X											X	X				X			X		7	
Used indicators	Primary energy	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	24	
	Other	X	X					X	X			X	X						X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	14	
Type of requirement	Fixed value(s)	X	X			X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	19	
	Fixed + allowances					X				X	X											X	X	X	X			X				7	
	Technology set							X	X						X	X	X				X	X	X								X	7	
Renewable requirement	Ratio					X	X	X									X				X			X				X	X			8	
	Minimum			X		X	X	X										X						X		X						9	
	Non	X	X							X	X		X				X	X					X								X	9	
Renewable inclusion (generation)	On building	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	24	
	On-site	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	22	
	Nearby	X	X		X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14	
	Green certificate																															3	
	Self-consumed		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13	
	Feed-in						X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	(X)		X	8	
Size	Single building	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	30	
	Building complex									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	(X)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	8	
NZEB application approach	Based on current requirements	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X				X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	22	
	New approach									X				X	X	X	X	X	X	X	X									X	8		
Tightening ratio [%]			50		35		40	40	34					50	35	70					70	25	70	20-30	20		75				47,1		

nem okoz gondot. Kompromisszumot kell keresni azonban az elhelyezhető összes felület és az egyes soroknak a mögöttes sorokra vetett árnyéka miatt kieső felülete között: sűrűbb sorok nagyobb összfelület elhelyezését teszik lehetővé, de az árnyék miatt kieső felülethányad is nagyobb.

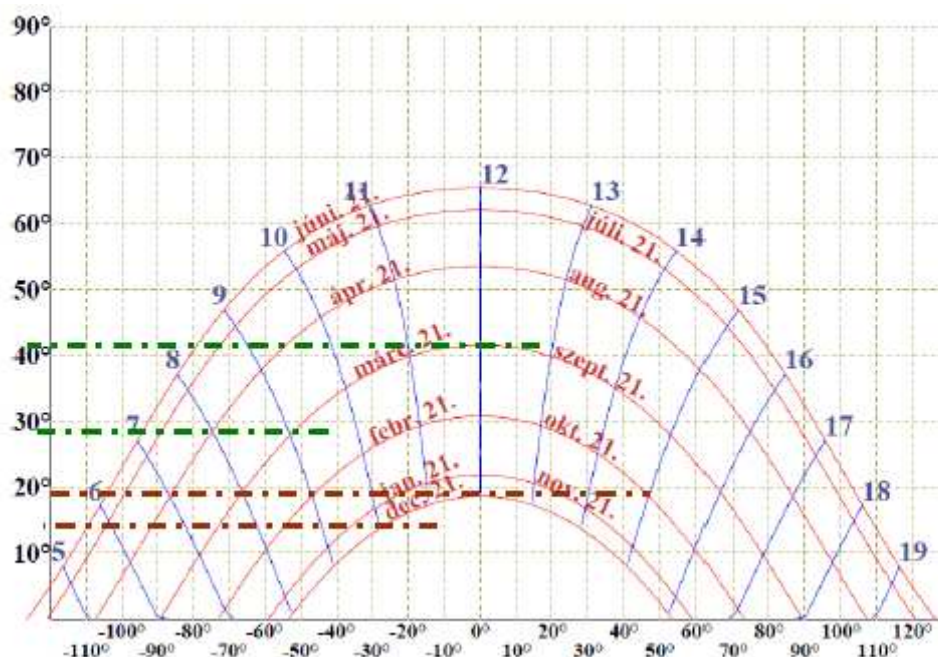
A kérdést a segédletek, kézikönyvek általában „oldalnézetben”, egydimenziós ábrákon szemléltetik, egy adott hónap reprezentáns napjára a csillagászati dél időpontjában érvényes napmagassági szög bejelölésével.



4. ábra. A segédletekben szokásos kétdimenziós ábrázolás. (Forrás: Naplopó)

Ez a közelítés elfogadható kollektorok méretezése esetén, amikor „mindössze” annyi történik, hogy a beárnyékolt felületrész „nem termel”, de egyéb gond nem merül fel. Fotovillamos rendszerek esetében azonban nem ez a helyzet, a teljes benapozottság kulcskérdés.

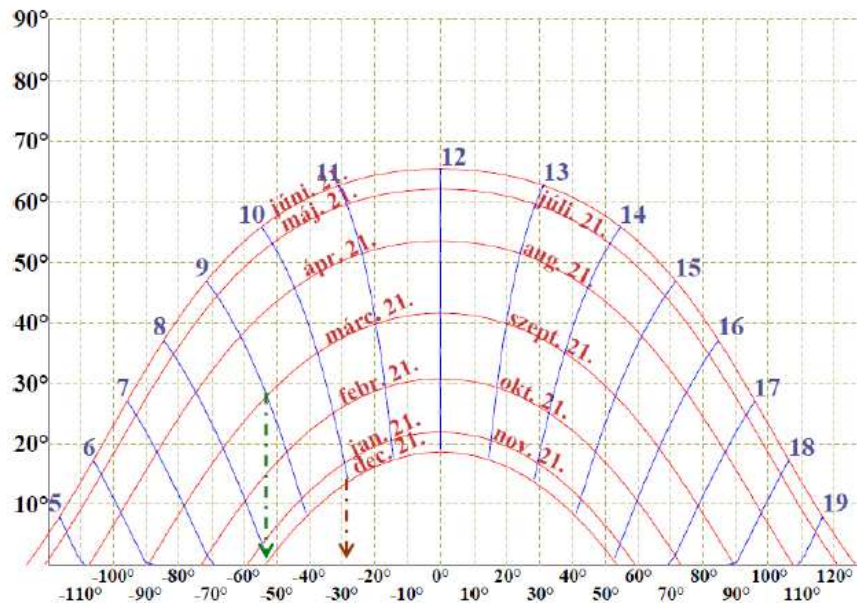
Az első lépés a pontosítást illetően az, hogy nem elég a csillagászati dél *időpontját* vizsgálni, hiszen az elvileg csak egy pillanatra, gyakorlatilag néhány percre érvényes eredményt ad. A benapozást azonban egy időszakra vizsgáljuk. Az időszak elején és végén a Nap magassági szöge kisebb, mint a csillagászati dél idején és pedig minél „tágabb” ez az időszak, annál nagyobb a különbség: mértékét az 5. ábra alapján ítélni lehet meg. Ha decemberben napi négy órás benapozás lehetőségét kívánjuk ellenőrizni, akkor a 10 órához tartozó magassági szöget kell figyelembe venni, amely kisebb, mint a délben érvényes érték (barna eredményvonalak). Még nagyobb különbség adódna ugyanebben az órákban márciusban (és a „tükörhónapban”, szeptemberben), és ez még tovább nő, ha ezekben a hónapokban hat órás benapozás lehetőségét vizsgáljuk, azaz a 9 és 15 órához tartozó magassági szögeket vesszük figyelembe (zöld eredményvonalak).



5. ábra. A benapozott időszak kezdetén és végén a magassági szögek alacsonyabbak, mint délben.

A pontosítás következő lépése a 6. ábráról hiányzó dimenzió. A benapozott időszak kezdetén és végén a Nap és az energiagyűjtő felület azimut szögei között jelentős különbség van. A különbség annál nagyobb, minél hosszabb benapozott időszakot vizsgálunk, másrészt a tavaszi-őszi hónapokban az eltérés nagyobb, mint decemberben. Az azimut szögeket a 6. ábra mutatja decemberi négyórás benapozási időszakra (barna eredményvonal) és márciusi hat órás benapozási időszakra (zöld eredményvonal). Emiatt az energiagyűjtő felület előtt jelentős méretű „oldalirányú” térbővületre van szükség, ahol nem lehet a benapozást gátló akadály.

A fenti megfontolások alapján egy vízszintes szögtartományban ellenőriztük a benapozottságot és nem egy megadott időpontra, hanem egy időintervallum kezdetére és végére. Ezt a számítást a 48° szélességi körre végeztük el. A számítás egy mező azon L hosszúságú alsó élére vonatkozik, amely élnek a benapozottságát ellenőrizzük. Nyilvánvaló, hogy ha az alsó él benapozott, akkor a teljes mező is – reális körülmények között – benapozott. (Elvileg elképzelhető olyan belógó vagy lebegő objektum, ami ezt a feltételezett teljes benapozottságot zavarhatná, de ez nem egy reális eset.)



6. ábra. A benapozott időszak kezdetén és végén az azimut szögek miatt „oldalirányú bővületre” van szükség.

A vizsgált mezővel szemben déli irányban lévő akadály (attika fal felső belső éle, másik sor mező felső éle) az „a” (vízszintes síkban mért) távolságon belül nem lehet, magassága a „h” értéket nem haladhatja meg. Miután az idő függvényében a Nap azimutszöge is változik az akadály „nem lóghat bele” a vízszintes síkban mért $b+L+b$ szélességi méretbe.

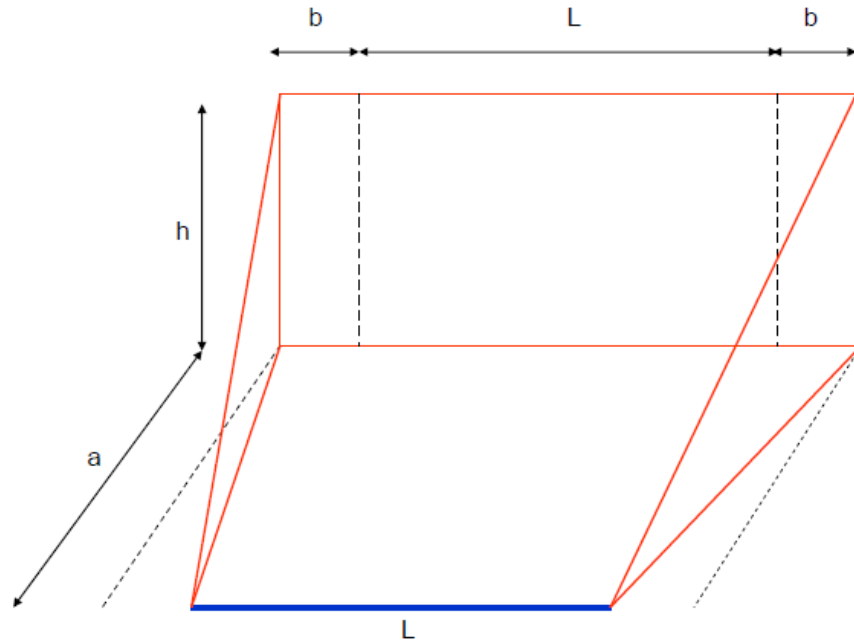
4. táblázat: A 7. ábrán jelölt méretek arányai $h=1$ esetén a hónap és a napszak függvényében

Hónap	A teljes benapozás óráköze	a	b
December	11-13	3,485	0,805
	10-14	4,016	2,225
Január és	11-13	2,747	0,635
	10-14	3,485	1,931
November	09-15	5,155	4,639
Február és	11-13	1,805	0,552
	10-14	2,247	1,459
Október	09-15	2,907	3,009
	08-16	5,155	8,928
Március és	10-14	1,429	1,116
	09-15	1,880	1,816
Szeptember	08-16	2,907	6,529

Az arányok számítását a téli félév hónapjainak reprezentáns napjaira végeztük el, mivel ezek a benapozás szempontjából kritikus időszakok, az eredményeket a 4. táblázatban foglaltuk össze. Miután az állványok és mezők magassági mérete tág határok között változhat, abszolút számok helyett arányokat állapítottunk meg, feltételezve, hogy $h=1$.

Az 4.táblázatban szereplő „a” és „b” értékek erre vonatkoznak: amennyiben $h \neq 1$, az „a” és „b” értékek „h” értékével szorzandók.

A nehézkes szöveges definíció helyett a 7. ábrára utalunk, amelyen pirossal jelöltük annak a térrésznek az éleit, amely térrészen belül az „L” él benapozottsága szempontjából árnyékot vető akadály nem lehet.



7. ábra. A teljes benapozáshoz szükséges akadálymentes tér déli tájolás esetén a pirossal rajzolt gúla. L- vizsgált mező alsó éle, a – vízszintes távolság az alsó éltől, h – magasság az alsó éltől, b – az azimut szögek miatti oldalirányban szükséges növekmény. A jelölt méretek arányait $h=1$ esetére a 4. táblázat tartalmazza.

Decemberben nyilván a kicsi magassági szög jelent gondot. Ha csak a dél időpontjára szimmetrikus két órányi időközben kívánunk teljes benapozottságot akkor is az a/h arány jó másfélszerese a segédletekben kompromisszumként ajánlott sortávolság/magasság aránynál és némi oldalirányú bővületre („b”) is szükség van. Négy órányi benapozás igénye esetén az a/h arány tovább nő és igen jelentős oldalirányú bővületre is szükség van.

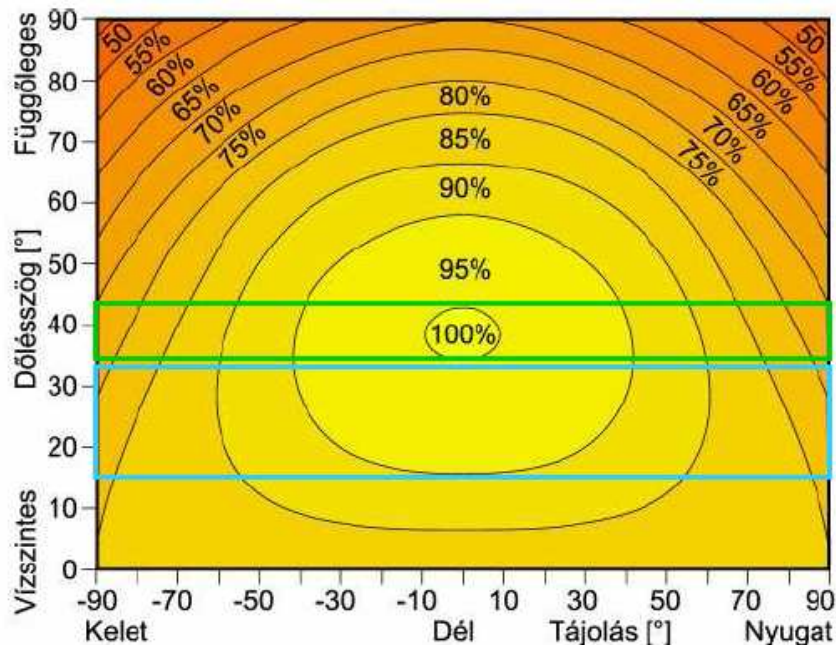
Valamivel jobb a helyzet januárban és novemberben: azok a geometriai viszonyok, amelyek decemberben kétórányi benapozást tesznek lehetővé januárban és decemberben már négyórányi benapozáshoz is megfelelnek. Hat órányi benapozás azonban olyan geometriai feltételeket követelne, amely irreálisnak minősíthető.

Február és október hónapokban adódik az a helyzet, amikor a segédletekben általában javasolt 2,9 szeres távolság/magasság arány már hatórányi benapozást tesz lehetővé, amennyiben a jelentős oldalirányú szabad tér is biztosítva van. Utóbbi általában nem gond az első sor esetén és kisebb szintszámú épületek lapostetőin – nagyobb szintszámok esetében azonban a tetőn lévő felépítmények (felvonó gépház, szellőző ventilátorok...) ebbe az oldalirányú tégigénybe saját tömegükkel és/vagy vetett árnyékukkal „bezavarhatnak”.

Februárban és októberben hat óránál hosszabb teljes benapozás geometriai feltételei nem reálisak.

Márciusban és szeptemberben már a nyolc órás időtartamú benapozás esélye is adott, amennyiben oldalirányban a meglehetősen nagy tégigény biztosított.

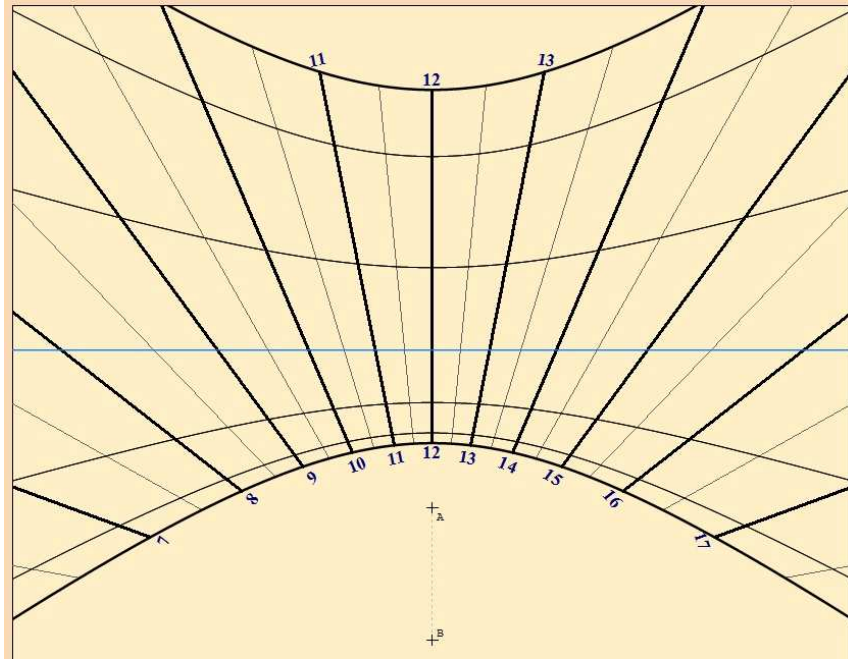
Felvethető, hogy amennyiben a téli hónapokban az áramtermelés fontos, akkor a mezőket az optimálisnál kisebb dőlésszöggel helyezük el. 45 fok helyett 30 fokos dőlésszöget alkalmazva az éves energiatermelésben 2- 3% csökkenéssel kell számolni, a téli hónapokban emiatt a direkt sugárzás beesési szöge is romlik (mintegy 10%-kal, de ez csak a téli hónapokra vonatkozik és a cella típusától is függ, hogy teljesítménye mennyire érzékeny a beesési szögre), viszont könnyen ellenőrizhető, hogy akár 23%-kal nagyobb benapozott összfelület helyezhető el (ez függ attól, hogy milyen méretűek az egyes sávok és hogy közöttük a szerelés-karbantartás céljára milyen széles szabad közlekedő sávokat kell biztosítani).



8. ábra. A mellékégtájakig terjedő azimut szög tartományban az optimálisnál kisebb dőlésszög csak csekély energiabevétel csökkenéssel jár, ugyanakkor nagyobb teljesen benapozott összfelület elhelyezésére ad lehetőséget. (A Naplopó ábrájába berajzolva)

Tetőfelépítmények vetett árnyéka

A vetett árnyék irányát és méretét a napóra vetületek alapján vizsgálhatjuk. Az ehhez felhasznált diagramot a 9. ábra mutatja.



9. ábra. Napóra vetület Budapest szélességi körére.

Az árnyék helyzete és mérete a hónapok során és a nap óráinak függvényében változik. Pontosabb vizsgálatra azokban az órák között van szükség, amelyekben – az előzők szerint – a Nap magassági szöge szempontjából – a benapozásra egyáltalán esély van. Ezt egy téglatest alakú tetőfelépítmény példáján mutatjuk be a 10. és 11. ábrákon.

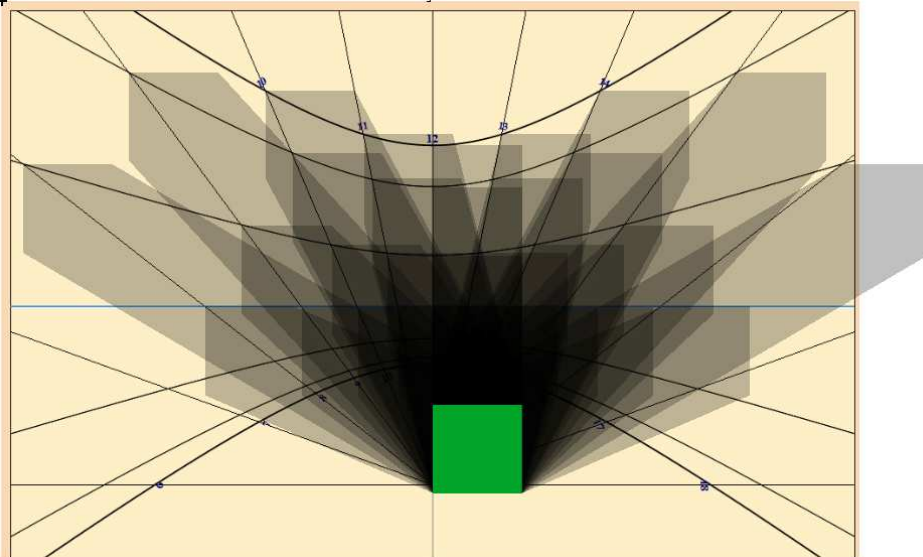
Kockaház árnyéka

DECEMBER 21. 10-től 14-ig óránként

JANUÁR 21. 9-től 15-ig óránként

FEBRUÁR 21. 8-tól 16-ig óránként

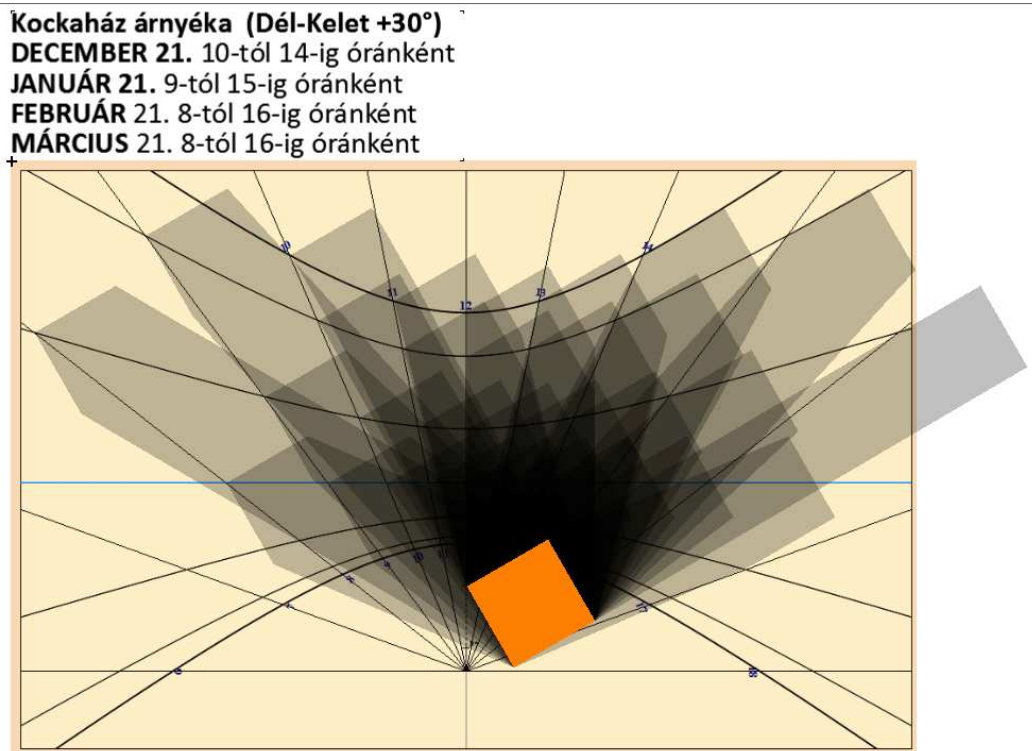
MÁRCIUS 21. 8-tól 16-ig óránként



10. ábra. Tetőfelépítmény vetett árnyéka a téli félév benapozás szempontjából reális órák között

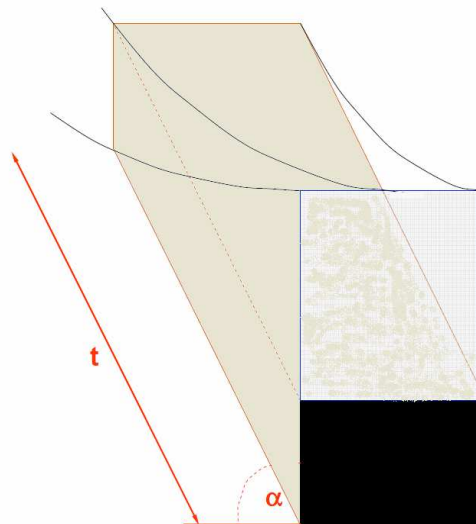
A 10. ábrán a tetőfelépítmény egyik homlokzata déli tájolású. Nem változik a helyzet akkor, ha a tetőfelépítmény másként tájolt – ekkor is az élek határozzák meg a vetett árnyék sarokpontjait. Az árnyék alakja kissé torzul.

A korábbihoz hasonló mintát mutatunk be erre a 11. ábrán.



11. ábra. Tetőfelépítmény vetett árnyéka a téli félév benapozás szempontjából reális órákőzeiben

Az árnyékkal zavart terület méretének becslése céljából meghatároztuk annak jellemző hosszát és szögét.



12. ábra. Egy felépítmény (pl. felvonógépház) vetett árnyéka. Fekete: a felépítmény alaprajzi vetülete, barna: az árnyék egy adott időpontban, szürke: az árnyék délben (a kettő egymást részben átfedi), t: az árnyék végpontjának távolsága az alapsíkon a felépítmény élétől, α az árnyék éle és az észak-dél tengely között vízszintes síkban mért szög a benapozott órákőz kezdetén és végén. Az árnyék sarokpontjai a berajzolt görbék mentén mozognak.

Miután a lapostetőn megjelenő felépítmények magassági mérete bizonyos határok között változhat, abszolút számok helyett arányokat állapítottunk meg, feltételezve, hogy a magassági méret $h=1$. Az 5. táblázatban szereplő „t” érték erre vonatkozik: amennyiben $h \neq 1$, „t” értéke „h” értékével szorzandó. A táblázat adatainak értelmezését a 12. ábra mutatja.

5. táblázat. A vetett árnyék jellemző adatai

Hónap	A teljes benapozás óráköze	t	α
December	11-13	3,485	13
	10-14	4,016	29
Január és November	11-13	2,747	13
	10-14	3,485	29
November	09-15	5,155	42
Február és Október	11-13	1,805	17
	10-14	2,247	33
Október	09-15	2,907	46
	08-16	5,155	60
Március és Szeptember	10-14	1,429	38
	09-15	1,880	44
Szeptember	08-16	2,907	66

Az arányok számítását a téli félév hónapjainak reprezentáns napjaira végeztük el, mivel ezek a benapozás szempontjából kritikus időszakok, az eredményeket az 5. táblázatban foglaltuk össze.

Decemberben nyilván a kicsi magassági szög jelent gondot. Ha csak a dél időpontjára szimmetrikus két órányi időközben kívánunk teljes benapozottságot akkor is a felépítmény magasságának három és félszeresére nyúlik az árnyékkal zavart terület. Négy órányi benapozás igénye esetén ez négyszeresre növekszik.

Valamivel jobb a helyzet januárban és novemberben: azok a geometriai viszonyok, amelyek decemberben kétórányi benapozást tesznek lehetővé januárban és decemberben már négyórányi benapozáshoz is megfelelnek. Hat órányi benapozási igény esetén azonban a intervallum kezdetén és végén az árnyék hossza a magasság jó ötszöröse. Ilyen hosszú vetett árnyékokat februárban és novemberben a nyolcórás benapozottsági időszak szélső helyzeteiben találunk.

Az Energiaklub költségelemzésében négy referenciaépületen vizsgált napelemes változatot: három iskola mellett egy családi ház esetében. Utóbbi kiugróan magas költségűnek bizonyult, de nagyon valószínű, hogy ennek oka a „gépészeti csomagban” szereplő talajkollektoros hőszivattyú (olyan változat nem szerepel, amelynek alapján a napelem és a hőszivattyú költségvonzata elkülöníthető lenne).

A három iskolaépület mindegyikén elemezték napelemet is tartalmazó „gépészeti csomagot”. Két esetben ezek gyakorlatilag a költségek szempontjából is optimálisnak bizonyultak, a harmadik esetben a költségek az optimálisnál 15%-kal magasabbak – ez utóbbi ismét annak a következménye lehet, hogy a felújítási csomag hőszivattyút is tartalmazott. Vélelmezhető, hogy ez utóbbi nélkül a napelemes rendszer ebben az esetben is a költségoptimum sávba esett volna.

Mindebből arra lehet következtetni, hogy a fotovillamos rendszerek alkalmazása nem akadály a költség-optimum megközelítésének vagy elérésének és jó esélyt kínál arra, hogy a legalacsonyabb fajlagos primer energiaigényt eredményező változat egyszersmind a költség-optimummal egybe essék vagy ahhoz nagyon közeli legyen. A telepíthető fotovillamos mező felületének és energiatermelésének meghatározása során azonban (az átvett energia mennyiségét esetleg korlátozó szabályozás mellett) a bemutatott benapozási feltételekből származó korlátokat is figyelembe kell venni! (Ezzel összefüggésben utalunk a 2012. évi jelentésünk III. Függelékében bemutatott paneles lapostető sémákra és tájolási változatokra.)

2.3.3. Napkollektoros rendszerek

Az Energiaklub referenciaépületei közül öt családi ház és egy paneles tömb esetében vizsgáltak napkollektort is tartalmazó gépészeti „felújítási csomagot”. Ezek közül két esetben a napkollektoros rendszer hatása nem ítéhető meg, miután az nem választható el a vele együtt szereplő hőszivattyútól, illetve pellet kazántól. Valamennyi egyéb esetben a napkollektoros rendszer nemcsak kedvező fajlagos primer energiafogyasztással jár, hanem a költség-optimum elérésével is, akár távfűtéssel, akár kondenzációs gázkazánnal párosítva.

A 3. referenciaépületre alkalmazott változatok azt is sugallják, hogy a biomassza tüzeléssel (faelgázosító kazán) kombinált napkollektoros rendszer még kedvezőbb eredményre vezetne.

Az eddigi eredmények azt igazolják, hogy napkollektoros rendszerek alkalmazása műszaki megfontolások alapján megfogalmazott követelmények teljesítésének fontos és a költség-optimum szempontjából is megfelelő eszköze, a középmagas épületek esetében a legkészenfekvőbb megoldásnak tűnik, ugyanakkor éppen a középmagas épületek esetében merül fel az a kérdés, hogy van-e elég hely a tetőn jól benapozott energiagyűjtő felület elhelyezésére. (Ezzel összefüggésben ismét utalunk a 2012. évi jelentésünk III. Függelékében bemutatott paneles lapostető sémákra és tájolási változatokra.) Kisebb színtszám esetében ilyen kérdés csak kivételes esetekben merülhet fel.

2.3.4. Biomassza tüzelés

A biomassza tüzelést városi környezetben fenntartásokkal kell kezelni, amennyiben egyedi épületekről van szó. Tény, hogy a fa és általában a növényi származékok CO₂ semlegesek abban az értelemben, hogy elégetésükkor az a CO₂ szabadul fel, amelyet a növényi test a saját felépítéséhez az atmoszférából lekötött, csak hogy amíg az utóbbi folyamat valahol egy távolabbi erdőben zajlott le, addig a kibocsátás helye egy sűrűn beépített település a légszennyezés és a szmogképződés minden kockázatával. Ehhez vegyük még hozzá a szállítás, tárolás és kiszolgálás problémáit. Az utóbbit illetően természetesen felvethető a pellet tüzelés automatizálásának lehetősége, de az Energiaklub referencia rendszereire elvégzett számítások szerint ez lényegesen drágább, mint a faelgázosító kazánok alkalmazása, amelyeknél a kiszolgálás nagyobb gondot jelent.

A fentiek az egyes épületekben alkalmazott biomassza tüzelésre vonatkoznak – távhőszolgáltatás esetén az előzőekben felsorolt problémák kisebbek, megfelelő telepítés és magasabb kémények esetén a légszennyezés is alacsonyabb koncentrációval járhat. A biomassza tüzeléssel a tömbfűtőművekből származó távhő primer energiataralma jelentősen csökkenthető.

Az Energiaklub eddig elvégzett számításaiban biomassza tüzelés három referenciaépület esetében szerepel. Ezek közül egy nem tesz lehetővé összehasonlítást, mert csak fatüzelésen alapuló gépészeti változatokat tartalmaz. Egy esetben közvetlenül, egy esetben közvetve bizonyosodik, hogy nem lehet *általában biomassza* tüzelésről

beszélni: a faelgázosító kazán költség-optimumot eredményezett (bár nem a legalacsonyabb primer energiafogyasztás mellett), ugyanabban az épületben pellet kazán esetén a költségek meghaladták a gázkazános rendszerek költségeit.

A kevés adat birtokában bizonyossággal nem állítható, de sejthető, hogy a pellet tüzelés a magas költségek miatt nem lehet (helybeni rendszerként, *egyedi épületekben*) a követelmények alapja. A faelgázosító kazánok a költségek szempontjából versenyképesek, de – mint az előrelátható volt és a műszaki megfontolások alapján tett javaslatokban is szerepelt – csak szerényebb követelmények teljesítését teszik lehetővé. A „biomassza” (csak így, általában) kategóriára műszaki megfontolások alapján javasolt követelményértékek a faelgázosító kazánok hatásfokához igazítva fenntarthatók. Más kérdés, hogy adott esetben az ilyen kazánok kiszolgálásával járó gondokat mérlegelve ezeket a többszintes, többlakásos lakóépületek kategóriájában nem tekintjük a megújuló energiaforrások alkalmazása lehetséges változatának és fenntartásokkal kezeljük iroda és iskola épületek esetében is.

Természetesen, ha a költségektől eltekintünk, akkor a pellet kazánok alkalmazása lehetséges, de éppen a költségek miatt ez nem lehet követelményérték alapja.

2.3.5. Hőszivattyús rendszerek

Az Energiaklub referenciaépületei közül egy iskola épület és három családi ház elemzése szerepel hőszivattyút tartalmazó „gépészeti csomaggal”.

Az iskolaépület vizsgált épületgépészeti változatai közül a hőszivattyús rendszer eredményezte a legalacsonyabb éves fajlagos primer energiaigényt, de költsége az optimálisnál több, mint tíz százalékkal magasabb.

A három családi ház változat közül a hőszivattyús rendszer két esetben bizonyult energetikai szempontból a legjobbnak, azonban a költségek mindhárom esetben kiugróan magasnak adódtak.

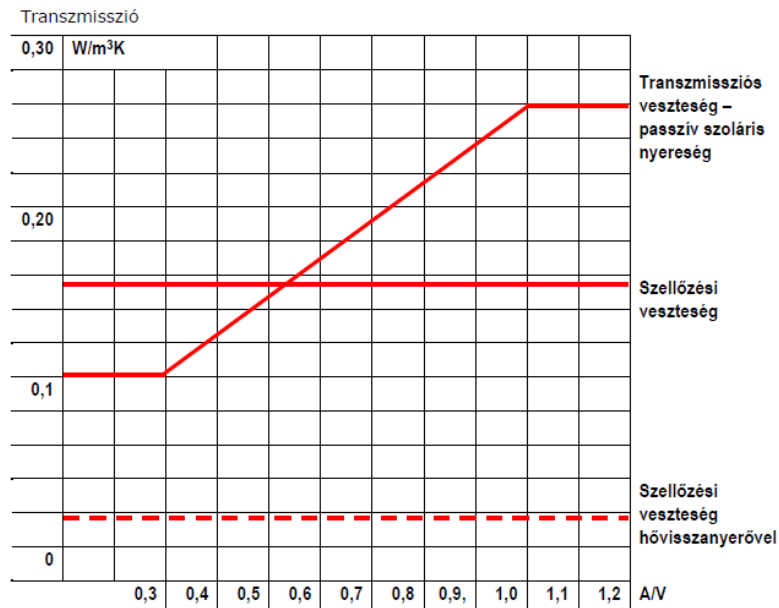
Megjegyzendő, hogy minden esetben bivalens rendszer szerepelt. Két esetben a talajkollektor is fel vont tüntetve, a másik két esetben a forrásoldal nem tisztázott – szóbeli információ szerint ezek is talajhővel működő rendszerek voltak.

A költségek miatt kétséges, hogy a követelményeket szabad-e a hőszivattyús rendszerekkel elérhető energetikai eredményekhez igazítani. A magas költségek egyik oka nyilván a csúcsigények fedezésére szolgáló (és az idény akár 80%-ában kihasználatlan) fűtési rendszer. Ugyanakkor monovalens rendszerek esetében a nagyobb igényeket kielégítő talajkollektorok, szondák többletköltségével kellene számolni.

2.3.6. Hővisszanyerő

A hővisszanyerő alkalmazása természetes minden olyan esetben, ahol gépi szellőztetést alkalmaznak vagy kellene alkalmazni, különösen abban az esetben, ha az alapterülethez viszonyítva a helyiségben tartózkodók száma nagy. Ez utóbbi a lakóépületekre nem jellemző, ami természetesen nem jelenti a hővisszanyerők energetikai előnyeinek kétségbe vonását, csak azt, hogy a mérlegelésre nagyobb lehetőség van. Az elérhető megtakarítás abszolút számokban 20-21 kWh/m²a. ami százalékos arányát tekintve 20%-ot tesz ki családi házak, 30%-ot középmagas lakóépületek esetében. A követelményértékek elérése szempontjából nézve az 1- 4 szintes épületek esetében ennél nagyobb hatású vagy ezzel egyenértékű a használati melegvízellátás szoláris rendszerrel történő támogatása.

A szellőzési hőigény és a transzmissziós veszteségek fedezésére szolgáló energiaigény fajlagos értékének alakulását a felület/térfogat viszony függvényében a 13. ábra mutatja lakóépületekre. (A transzmissziós veszteségből levonásra kerül a hasznosított sugárzási nyereség a fajlagos hővesztésgtényező /W/m³K/ értelmezése szerint, a szellőzési hőigényt a lakóépületekre előírt 0,5/h légcsereszámval vettük figyelembe.)



13. ábra. A hőigények változása lakóépületek esetében

Az ábra egyértelműen mutatja azt az ismert tényt, hogy a transzmissziós és szellőzési energiaigény aránya radikálisan változik a felület/térfogat arány függvényében és $A/V < 0,55$ esetében a lakóépületek szellőzési energiaigénye meghaladja a transzmissziós veszteségek fedezésének energiaigényét.

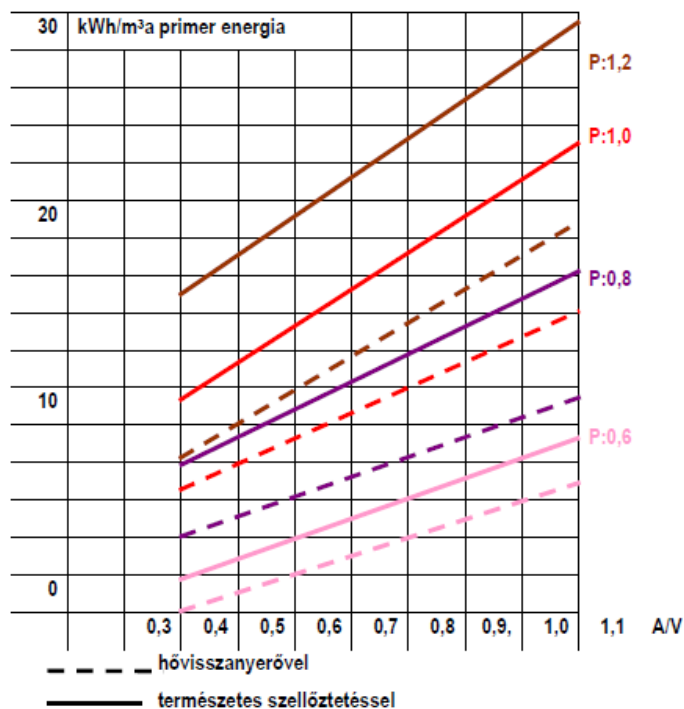
Hővisszanyerő alkalmazásával a szellőzési energiaigény negyedére – ötödére csökkenthető. Ez különösen a kisebb A/V arányok esetében eredményez relatíve nagyobb megtakarítást.

A 13. ábra azonban csak az energiaigényeket mutatja. Nem mindegy azonban, hogy milyen primer energiatartalmú forrásból és milyen hatásfokú rendszerrel fedezzük ezeket az igényeket.

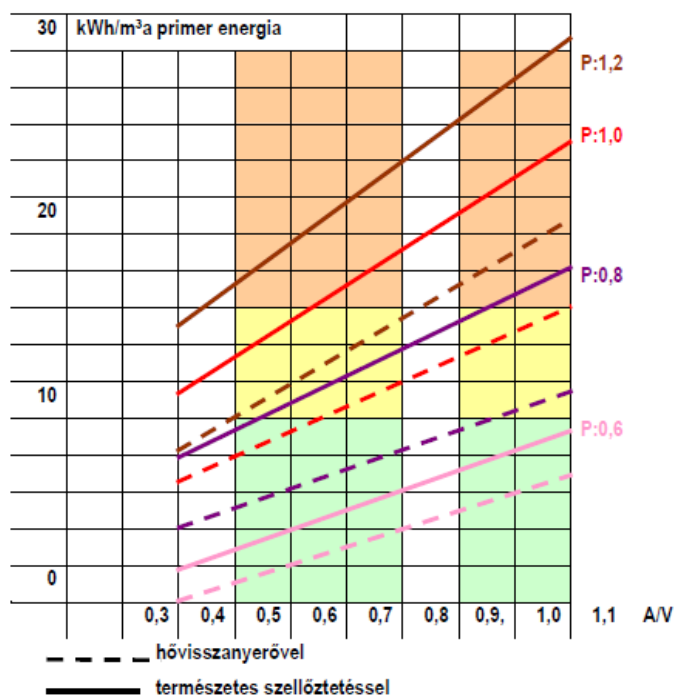
A 14. ábra fajlagos éves primer energiaigényeket ábrázol. Ezek a transzmissziós és szellőzési energia igények fedezésére szolgáló fajlagos primer energiaigények összegére vonatkoznak.

Az ábrán P a forrás primer energiatartalmának és a rendszer teljesítménytényezőjének (a hatásfok reciproka) a szorzata, hozzáadva a becsült villamos segédenergiaigényt. A folyamatos vonalak az előírt légcsereszámmal történő természetes szellőztetésre vonatkoznak. Szaggatott vonalak jelzik az energiaigényt 80% hatásfokú hővisszanyerő alkalmazásának esetére, figyelembe véve a gépi szellőzés villamos energiaigényét is. Feltételeztük, hogy a hővisszanyerős gépi szellőzés csak a fűtési időben működik. (Ha a gépi szellőzés az egész évben működne, az primer energiában 3 kWh/m³a fogyasztás növekménnyel járna.) Az adatok a lakóépületek jellemző belmagasságára és belső hőnyereségére vonatkoznak.

A hővisszanyerővel elérhető megtakarítás relatíve annál kisebb, minél alacsonyabb primer energiatartalmú forrással van dolgunk (és minél jobb teljesítménytényezőjű a rendszer – a kettő között nincs közvetlen kapcsolat). Ennek oka az, hogy a termikus energiában mutatkozó megtakarítás csekélyebb értékű és ehhez viszonyítva a gépi szellőzés villamos energiaigénye változatlan.



14. ábra. A primer energiaigények különböző energiahordozók esetében, hővisszanyerővel és anélkül. P a forrás primer energiatartalmának és a rendszer teljesítménytényezőjének (a hatásfok reciproka) a szorzata, hozzáadva a becsült villamos segédenergiaigényt.



15. ábra.

A 15. ábra a 14. ábra ismétlése egyes mezők bejelölésével. A 10 kWh/m²a fajlagos primer energiaigény alatti mezőbe esnek azok a családi házak, egy-két szintes lakóépületek, amelyek fűtési célra alacsony primer energiatartalmú energiahordozót használnak. Ilyen esetben a hővisszanyerős gépi szellőzéssel elérhető megtakarítás

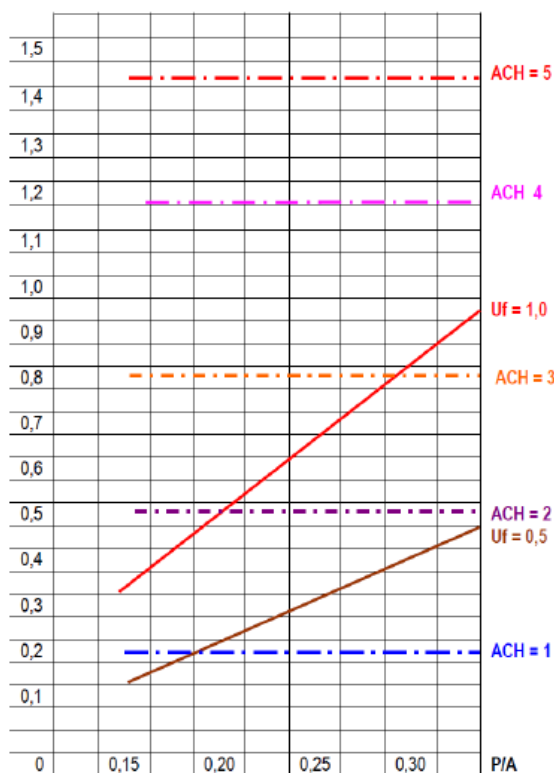
csékély, az annak elhagyása miatti energiaigény növekmény viszonylag könnyen ellentételezhető a használati melegvíz termelésre alkalmazott aktív szoláris rendszerrel és esetleg fotovillamos mezőkkel – az alacsony szintszám miatt a tetőn elhelyezhető energiagyűjtő felület aránya az össz-alapterülethez viszonyítva kedvező. Mindez azonban csak az energiamérlegre vonatkozik: a költségeket is figyelembe véve az Energiaklub elemzéséből látható, hogy a pellet kazánok a tüzelőanyag és az automatizálás magas költségei, a hőszivattyús rendszerek pedig a csúcsigényeket fedező fűtési rendszerek költségei miatt kiesnek az optimum sávból. A faelgázosító kazánokkal működő fűtési rendszerek „versenyképesek” lehetnének, amennyiben tudomásul vesszük a kiszolgálással járó kényelmetlenségeket és városias település esetében a szmogképződés kockázatát.

A primer energia szempontjából értékesebb energiahordozók esetén a hővisszanyerővel elérhető energiamegtakarításról csak abban az esetben mondhatunk le, ha az össz-alapterülethez viszonyítva jelentős energiagyűjtő felületet helyezünk el az épület tetején, ami a kis szintszám miatt ebben az esetben lehetséges.

A többszintes lakóépületek esetében a műszaki megfontolások alapján javasolt követelményértékek alacsonyabbak. A tetőn elhelyezhető energiagyűjtő felületek aránya az össz-alapterülethez viszonyítva a szintszám növekedésével egyre kedvezőtlenebb, ezzel tehát kompenzációs lehetőség nem nyílik. A hővisszanyerős gépi szellőzés elhagyása csak különösen előnyös kapcsolt energiatermelésből származó hőellátás esetén lehet mérlegelés tárgya, ugyanakkor szinte racionálisan megoldhatatlan feladat lenne a követelményértékek betartása, ha az épületet olyan tömbfűtőműből származó távhőellátásra kellene rákötni, amely nem megújuló energia forrással üzemel.

Iskola és irodaépületek esetében a nagyobb légcsereszám miatt hővisszanyerős gépi szellőztetés nélkül a követelmények aligha teljesíthetők, a szellőzési hőigény még jó hatásfokú hővisszanyerő esetében is súlyos tétel.

Az irodaházak és irodák abszolút mérete általában kedvező geometriai viszonyokat eredményez, ezért a szellőzési veszteségek szerepe elsődleges.



16. ábra. A légcsereszám hatása

A 16. ábra ezt a viszonyt a kerület/alapterület arány függvényében mutatja fajlagos értékben (W/Km^2 padló) kifejezve. A folytonos vonalak a homlokzat transzmissziós hőveszteségét jelzik két átlagos homlokzati hőátbocsátási tényező esetére. ($U_f = 1,0$ a javasolt hőátbocsátási tényező követelményértékek mellett akár 80%-os ablakaránnyal is megvalósítható, $U_f = 0,5$ esetében vagy az ablakarány korlátozott 40%-ban vagy a követelménynél jobb minőségű ablakot ($U = 0,8$) kell alkalmazni.

A szaggatott vonalak a szellőzési hőigényt ábrázolják különböző légcsereszámok (ACH) esetére a következők szerint: a hővisszanyerős gépi szellőzés (80% hővisszanyerő hatásfokkal) csak az épület foglaltságának ideje alatt működik. A foglaltságon kívüli időszakban vagy egyszeres légcsereszámmal jár a gépi szellőzés (egyes komfort és belső levegőminőségi szabványok szerint az üres épületet is szellőztetni kell) vagy spontán filtrációs levegőforgalom játszódik le 0,2 légcsereszámmal.

Az ábra egyértelműen mutatja, *mi lenne az ára* az irodaépületekre vonatkozó A, B kategóriák szerinti komfort és levegőminőségi elvárások teljesítésének.

Az Energiaklub referenciaépületei között egy esetben találunk olyan családi házat, amely lehetővé teszi a hővisszanyerős gépi szellőzés értékelését. Az adott esetben a hővisszanyerő beépítése 20% primer energiaigény csökkenést eredményezett lényegében változatlan költségek mellett. A vizsgált épület esetében a legalacsonyabb primer energiaigényt egy biomassza tüzelésű változat eredményezte hővisszanyerő nélkül.

Jelentésünk írása során kaptunk az Energiaklubtól rövid úton a hővisszanyerők megítélésére alkalmas friss munkaközi adatokat. Ezek alapján a 10 szintes referenciaépület esetében a hővisszanyerős változat a költségek szempontjából elfogadható és energetikailag a műszaki megfontolások alapján javasolt követelmények teljesíthetők, ugyanakkor a kisebb léptékű társasház esetében az optimumsáv fölé eső költségekkel lenne csak megvalósítható.

2.3.7. Javasolt követelményértékek

Az eddigi költség számítási adatok alapján lakóépületek esetében a költségek figyelembe vételével indokoltnak tűnik a műszaki megfontolások alapján javasolt követelményértékeket enyhíteni, családi házak esetében 80, többszintes többlakásos épületek esetében $70 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ értékig. Ezek a határok családi házak és kisebb többszintes lakóépületek esetében hővisszanyerő nélkül is tarthatók kollektorokkal támogatott melegvízellátás vagy napelemek vagy faelgázosító kazán alkalmazásával. Öt és annál többszintes lakóépületek esetében a kollektorokkal támogatott melegvízellátás mellett hővisszanyerő alkalmazása is szükséges, hacsak nem kifejezetten alacsony primer energia tartalmú távhő ellátásról üzemel a fűtési rendszer.

Iskolaépületek és B kategóriás irodaépületek esetében a műszaki megfontolások alapján javasolt követelmények megtarthatók, hővisszanyerők és napelemek alkalmazásával.

Minden esetben tisztázandó a távhőellátás primer energiataralmának kérdése.

A fenti követelmények munkaközi javaslatnak tekintendők, amelyek az Energiaklub további számítási eredményeinek ismeretében pontosítandók.

Ismételten megjegyzendő, hogy a követelmény nem a lehetséges legjobb épületet jelenti. A követelménynél jobb épületet lehet és adott esetben érdemes is csinálni, egynél többféle helybeni megújuló forrást hasznosító rendszert is lehet alkalmazni. A követelményrendszer azonban olyan, hogy annak teljesítése egy helybeni megújuló forrást alkalmazó rendszerrel a leendő épületek 95 %-ában nem lehetetlenül el.

Az egyéb rendeltetésű épületek esetében továbbra is a konkrét rendeltetésnek megfelelő referencia épület szolgál a követelményérték megállapításának alapjául. Feltételezzük, hogy a fajlagos hőveszteségtényező a követelményértékkel megegyezik. A nettó energiaigényeket a vonatkozó szabványok és segédletek alapján állapítjuk meg. A

„felbruttósítás” során figyelembe vett referencia rendszer a korábbihoz képest változik és a következő:

A módosult „standard” épületgépészeti rendszer a következőképpen alakul (a változások *dőlt betűvel* jelölve):

- a fűtési rendszer hőtermelőjének helye (fűtött téren belül, vagy kívül) adottságként veendő
- a feltételezett energiahordozó földgáz; *ez alól kivétel, ha a vizsgált épület fűtőművi távfűtésre kapcsolódik, akkor tömbkazánházas távfűtést kell feltételezni,*
- a feltételezett hőtermelő kondenzációs kazán; *ez alól kivétel, ha a vizsgált épület fűtőművi távfűtésre kapcsolódik, akkor tömbkazánházas távfűtést kell feltételezni,*
- a feltételezett szabályozás termosztatikus szelep *1K arányossági sávval,*
- a fűtési rendszerben tároló nincs,
- a vezetékek nyomvonala a ténylegessel megegyező (az elosztó vezeték fűtött téren belül, vagy kívül való vezetése),
- a vezetékek hővesztésének számításakor az *55/45 °C* hőfoklépcsőhöz tartozó vezeték veszteségét kell alapul venni,
- a szivattyú fordulatszám szabályozású,
- a melegvízellátás hőtermelője *kondenzációs kazán; ez alól kivétel, ha a vizsgált épület fűtőművi távfűtésre kapcsolódik, akkor tömbkazánházas távfűtést kell feltételezni,*
- a vezetékek nyomvonala a ténylegessel megegyező,
- 500 m² hasznos alapterület felett cirkulációs rendszer van,
- a tároló helye adottság (fűtött téren belül, vagy kívül),
- a tároló indirekt fűtésű,
- a gépi szellőzéssel befűjt levegő hőmérséklete a helyiséghőmérséklettel egyező, a léghevítőt *a kondenzációs kazánról táplálják; ez alól kivétel, ha a vizsgált épület fűtőművi távfűtésre kapcsolódik, akkor tömbkazánházas távfűtést kell feltételezni,*
- *a légtechnikai rendszerben hővisszanyerő van*
- a légcsatorna hőszigetelése 20 mm vastag
- A gépi hűtés számításait az ugyanazokkal a paraméterekkel kell elvégezni, mint amilyenekkel a tényleges berendezés rendelkezik.

Az így meghatározott fajlagos éves bruttó primer energiaigény mínusz 20 tekintendő követelményértéknek.

Ismételten megjegyzendő, hogy a követelmény nem a lehetséges legjobb épületet jelenti. A követelménynél jobb épületet lehet és adott esetben érdemes is csinálni, egynél többféle helybeni megújuló forrást hasznosító rendszert is lehet alkalmazni. A követelményrendszer azonban olyan, hogy annak teljesítése egy helybeni megújuló forrást alkalmazó rendszerrel a leendő épületek 95 %-ában nem lehetetlenül el és annak költségei az Energiaklub által eddig meghatározott költség optimum sávot nem haladják meg. További költségadatok ismeretében a jelenleg javasolt követelmények pontosítása szükséges válhat.

3. Felújítás esetén javasolt követelmények

3.1. Javasolt követelmények lakóépületekre

A lényeges felújításoknál előírható követelmények mérlegeléséhez lakóépületek esetén áll rendelkezésre a legtöbb információ. Lakóépületekre a költségoptimum vizsgálat 6 családi háztípusra, valamint 3 társasház típusra terjedt ki. Ezek közül az egyik családi ház és az egyik társasház új építésű volt, melyek felújítás szempontjából nem érdekesek.

A jelen tanulmány előzményének tekinthető, a műszakilag lehetséges követelmények vizsgálatát célzó tanulmányban 3 családi háztípust és 6 társasháztypust vizsgáltunk. A két vizsgálat típusai ebből következően csak részben fedik egymást. A következő táblázat összefoglalja a két vizsgálat eredményeit.

6. Táblázat: A költségoptimum elemzés eredményei, a műszakilag reálisan teljesíthető összesített energetikai jellemzők és az új épületekre eredetileg javasolt követelmények összehasonlítása lakóépületekre

	Költségoptimum vizsgálat alapján	műszakilag lehetséges minimum			műszaki minimum alapján javasolt követelmény	több szempont szerint meghatározó érték
	Optimumsávban minimális E_p	megújuló nélkül	kollektorral	PV-vel	E_{Pmax}	követelmény szempontból meghatározó (piros)
	kWh/m ² a					
Referenciaépület						
CSH-1 Meglévő családi ház vályog	106,00		$<E_{Pmax}$		72	106
CSH-2 Meglévő családi ház tégl	132,00	134,7	8,7	-20,3	72	132
CSH-3 Meglévő családi ház B30	96,00	122,4	25,4	7,4	72	96
CSH-5 Meglévő családi ház Porotherm 250	80,00	108	45	44	60	80
TH-1 Meglévő társasház panel 10 emelet	68,00	86	82,4	84,5	50	82,4
TH-2 Meglévő társasház gangos	96,00	113,9	70,9	89,9	50	96
TH-2 Meglévő társasház gangos sarok	nincs adat	145,9	115,9	128,9	50	115,9

A 2. oszlop a költségoptimum tanulmány eredményeit mutatja, pontosabban az optimumnál 10%-kal magasabb költségű, annál energiahatékonyabb határhoz tartozó értéket (lásd „A költség-optimum elemzések figyelembevétele” c. fejezetet). A 3-5. oszlopok a műszakilag elérhető minimumértékeket tartalmazzák, azaz a jelen tanulmány elődjének tekinthető tanulmány eredményeit.

A 3. oszlop egy olyan felújítási változatot tartalmaz, melyben a határolószerkezeteket a 2019-es Osztroluczky-féle követelmények szerint hőszigeteltük, de csak akkor, ha a felújításnak az adott szerkezetre nem volt akadálya, valamint a gépészetnél standard,

kondenzációs kazános, megújuló nélküli rendszert feltételeztünk. A követelménynek ennél nyilvánvalóan kisebbnek kell lennie, legalábbis a nagy átlagra nézve, különben nem teljesülne az az elv, hogy megújulót kell a közel nulla energiateljesítményű épületekben alkalmazni. Ez az érték 86 és 145,9 között változik, de ha a szélső értékeket kivesszük, akkor a sáv 108 és 134,7 közé esik.

A 4. és az 5. oszlop azt mutatja, hogy a teljes tetőpotenciál kihasználásával milyen mértékben csökkenthető az összesített energetikai jellemző, ha napkollektorokat vagy napelemeket helyezünk el. A csökkentő hatás a kisebb típusok esetén nagyon jelentős lehet, mert magas az egy egység alapterülethez tartozó hasznos tetőfelület. Magas épületek esetén a megújulókkal garantálható primer energia kiváltás lényegesen kisebb. Ugyanakkor azt is meg kell jegyezzük, hogy az alacsonyabb épületek esetén ugyan lényegesen jobb az elméleti minimum, de ez igen költséges, nagy energiagyűjtő felületekkel oldható meg. Persze családi házak esetén általában van lehetőség egyéb megújuló alkalmazására (pl. talajszondás hőszivattyú, biomassza) is, mely vélhetően olcsóbb, mint a teljes tetőpotenciál kihasználása napenergia hasznosításra.

A 6. oszlop az új építésű épületekre végzett részletes elemzés alapján meghatározott, a műszakilag elérhető (de a költségoptimumot figyelembe nem vevő) követelmény javaslatot tartalmazza. Ahogy azt már korábban is megállapítottuk, ez az érték minden esetben alacsonyabb, mint a költségoptimum alapján javasolt érték (2. oszlop).

Nyilvánvalóan a végleges követelményeknek magasabbnak kell lenni, mint a műszakilag elérhető minimum (4., 5. oszlop közül a kisebb) és az új építésű épületre megállapított minimum (6. oszlop). Ugyanakkor általában alacsonyabbnak kell lenni, mint a megújuló nélkül elérhető minimum, hogy a megújuló alkalmazása szükségszerű legyen. Végezetül pedig a költségoptimum elv alapján meghatározott érték közelében kell lennie.

Ezen szempontokat együttesen figyelembe véve az utolsó oszlopba beírtuk azt az értéket a korábbi oszlopok értékei közül, melynek a leginkább meghatározó szerep jut a végleges követelmények megállapításakor. A fekete, dőlt betűs értékeknél lehet valamivel kisebb a követelmény, a piros, vastagon szedettnél viszont semmiképpen.

Az értékeket megfigyelve megállapítható, hogy az új építésű épületek műszakilag elérhető minimumértékeivel szemben itt már nem teljesül az a tendencia, hogy a kisebb épületekre nagyobb érték írható elő, mint a nagyobbakra. Ennek oka, hogy a kisebb épületeknél bár nagyobbak a fajlagos veszteségek, a megújulókkal kiváltható energia is több.

Mivel méret szerinti tendencia nem figyelhető meg és az értékek a szélső értékek kivételével a 82 és a 115 kWh/m²év közé esnek, ezért egységes vagy legfeljebb kétlépcsős követelmény megállapítását tartjuk célszerűnek. Javaslatunk szerint a 100 kWh/m²év követelmény az esetek nagy részében teljesíthető lenne, a költségoptimumhoz közel esik és általában szükséges lenne a megújuló energiák alkalmazása. Ez lehet egységes érték, de az is indokolható, ha egyszintes családi házakra 120 kWh/m²év lenne az előírás, mert itt a 100 kWh/m²év több százezer épület esetén csak költségesen (a költségoptimumnál drágábban) lenne teljesíthető. Kétszintes családi házaknál ez már általában nem áll fenn.

Az is látszik a táblázatból és a javasolt követelményértékekből, hogy lesznek esetek, ahol a követelmény nem vagy irreális áron teljesíthető. Ilyen például a táblázat utolsó sorában lévő sarokfekvésű gangos bérház, ahol az utcafronti homlokzatok külső hőszigetelése nem megoldható, a belső pedig a lakói egyetértés várható hiánya miatt irreális. A fűtőművi távhőellátásra kapcsolt épületek esetén szintén számolni kell ezzel a problémával a magas primer energia tényező miatt. Nem tartjuk elfogadható megközelítésnek az ilyen szélsőséges esetekre szabni a követelményeket, hanem azt javasoljuk, hogy az ilyen esetek esetére egy speciális eljárást alkalmazzunk (3.3. fejezet).

A speciális eljárás lényege egy épületre szabott követelmény meghatározása, mely figyelembe veszi az épület bizonyíthatóan fennálló korlátait. A módszer hasonló a

jelenleg érvényes szabályozásban is alkalmazott „egyéb rendeltetésű épület”-re előírt referencia épület módszerhez. A fogalmi keveredések elkerülésére a későbbiekben javasolt módszert „épületspecifikus követelmény módszer”-nek nevezzük.

3.2. Javasolt követelmények oktatási és irodaépületekre lényeges felújítások esetén

Irodaházak és oktatási épületek esetén a költségoptimum vizsgálat viszonylag kevés épületet vizsgált: 3 oktatási épületet és 3 irodaépületet, melyek közül 1-1 új építésű épület volt. A következő táblázat összehasonlítja az optimumszámítás eredményeit a műszaki minimum alapján javasolt követelményekkel. Megállapítható, hogy a vizsgált példákban a költségoptimum számítás eredménye és a műszakilag teljesíthető követelmény javaslat között nincs számottevő eltérés, sőt általában az optimum a követelmény javaslat alá esik (az első oktatási épületen kívül). Lakóépületeknél az optimumszámítás eredménye és a műszakilag teljesíthető követelmény javaslat között nagyobb volt a különbség mégpedig a követelmény javaslat volt a kisebb. Tehát itt ellenkező az eredmény.

7. táblázat: A költségoptimum elemzés eredményei és az új épületekre eredetileg javasolt követelmények összehasonlítása oktatási és irodaépületekre

<i>oktatási épületek</i>	optimumsávban minimális E_p	műszaki minimum alapján javasolt követelmény
<i>I-2 Meglévő iskola tégl</i>	84,00	50,00
<i>I-1 Meglévő iskola panel</i>	38,00	50,00
<i>I-3 Új iskola tégl</i>	50,00	50,00
<i>irodaépületek</i>		
<i>IR-1 Meglévő iroda hőszigetelhető</i>	78,00	85,00
<i>IR-2 Meglévő iroda nem hőszigetelhető</i>	105,00	115,00
<i>IR-3 Új iroda tégl</i>	84,00	85,00

Ugyanakkor ez a 2-2 értékelhető minta nem alkalmas arra (az új épületeket vegyük ki), hogy ez alapján a meglehetősen változatos oktatási és irodaépület állományra követelményértéket javasoljunk. Az oktatási és irodaépületek esetén nagyon jelentős különbségek valószínűsíthetők a geometria tekintetében, valamint a gépészeti rendszerekben. Irodáknál ugyanis gyakori a légtechnika, a gépi hűtés, de az ezek nélküli változatok is jellemzőek.

Ezért nem javasoljuk, hogy irodákra és oktatási épületekre a költségoptimum számítás eredményeit figyelembe vegyük, legfeljebb annyiban, hogy a vizsgált példák megnyugtatóak a tekintetben, hogy a költségoptimumhoz tartozó fajlagos éves primer energia igény nem lényegesen magasabb, mint a műszakilag előírható követelmény (sőt itt inkább alacsonyabb adódott).

Ugyanakkor az oktatási és irodaépületek tipizálására sem vállalkozunk jelen tanulmány keretében azok változatossága miatt.

A követelmények megállapításánál jelenlegi ismeretek áttekintése alapján azt tartjuk a legmegbízhatóbb megközelítésnek, ha a lakóépületek eredményeiből indulunk ki, azokat adaptáljuk iroda- és oktatási épületekre. A legfontosabb különbség a nettó igényekben van és ezek vizsgálata alapján megadható a követelmény.

Ehhez a jelen tanulmány előzményének tekinthető, a műszakilag lehetséges követelmények vizsgálatát célzó tanulmányban található 8-10. táblázatokból indulhatunk ki. A 8. táblázat lakóépületekre, a 9. irodaépületekre, a 10. oktatási épületekre adja meg

részletes bontásban különböző műszaki csomagokra, automatikusan generált új épületekre a fajlagos primerenergia felhasználás átlagértékeit mégpedig gépészeti alrendszerek szerinti bontásban. (Példaképpen mutatunk egy-egy táblázat részletet egyszintes lakó- és irodaépületekre.) Ez alapján megállapítható, hogy lakóépületekre a HMV energiafelhasználása lényegesen nagyobb, mint iroda-vagy oktatási épületek esetén, de ezt kompenzálja a világítás, a légtechnika és a hűtés primer energiaigénye. Összességében egy klimatizált iroda esetén konzekvensen nagyobb energiafelhasználás adódik, mint lakóépületekre, viszont nem klimatizált iroda esetén kisebb lesz az érték. Javaslatunk szerint egységes követelmény megállapítása célszerű, ami nem klimatizált épületekre megengedőbb lesz, klimatizáltakra viszont kielezettebb, ami egyébként az EPBD szellemiségével egybevág.

Oktatási épületekben a klimatizálás nem jellemző, kisebb a HMV igény, de előfordul légtechnika. Összességében kisebb az oktatási épületek fajlagos energiafelhasználása, mint a lakóépületeké.

Részlet a műszakilag lehetséges követelmények vizsgálatát célzó tanulmányból lakóépületekre:

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

Részlet a műszakilag lehetséges követelmények vizsgálatát célzó tanulmányból irodaépületekre:

1 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)	0,20	0,02	0,20	0,02	0,20	0,02	0,20	0,02
nettó fűtési energiaigény (kWh/m ² a)	62,26	5,28	33,50	4,64	33,26	4,45	33,27	4,48
Efűtés (kWh/m ² a)	69,37	5,44	39,75	4,78	39,50	4,58	30,00	2,95
EHMV (kWh/m ² a)	12,84	0,00	12,84	0,00	12,84	0,00	8,66	0,00
Elégtechnika (kWh/m ² a)	0,00	0,00	18,36	0,81	18,36	0,83	18,30	0,83
Évilágítás (kWh/m ² a)	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/m ² a)	0,00	0,00	0,00	0,00	118,95	10,39	0,00	0,00
EP (kWh/m ² a)	103,21	5,44	107,66	7,83	-11,79	13,39	93,53	6,02
E _{pmax} (kWh/m ² a)	110,19		117,73		5,42		101,27	

Részlet a műszakilag lehetséges követelmények vizsgálatát célzó tanulmányból oktatási épületekre:

4 tantermes	a) kond. kazán		b) + hővisszanyerő		c) + PV, hővisszanyerő		d) pellet + hővisszanyerő	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
q (W/m ³ K)	0,21	0,02	0,21	0,02	0,21	0,02	0,21	0,02
nettó fűtési energiaigény (kWh/m ² a)	48,81	3,40	28,57	3,43	28,49	3,31	28,64	3,35
Efűtés (kWh/m ² a)	55,52	3,51	34,67	3,53	34,59	3,41	26,94	2,21
EHMV (kWh/m ² a)	10,20	0,00	10,20	0,00	10,20	0,00	6,95	0,00
Elégtechnika (kWh/m ² a)	0,00	0,00	10,46	0,19	10,46	0,19	10,46	0,19
Évilágítás (kWh/m ² a)	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/m ² a)	0,00	0,00	0,00	0,00	112,68	11,46	0,00	0,00
EP (kWh/m ² a)	77,72	3,51	67,33	3,58	-45,44	11,84	56,35	2,27
E _{pmax} (kWh/m ² a)	82,22		71,93		-30,22		59,27	

A számokat mérlegelve, valamint figyelembe véve az új épületekre tett műszakilag teljesíthető javaslatokat, a költségoptimum vizsgálat eredményeit, **felújításokra az alábbi követelményeket javasoljuk:**

8. táblázat Javasolt követelmények lakóépületekre, oktatási, iroda- és egyéb épületekre általános esetben

lakóépületek	100 kWh/m ² év
oktatási épületek	85 kWh/m ² év
irodaépületek	120 kWh/m ² év
egyéb funkciójú épület	Egyedileg számított követelmény: a fajlagos hőveszteség tényező követelményből, a tényleges nettó igények figyelembe vételével, felbruttósítással, standard gépészet feltételezésével.

Valamennyi típus esetén javasoljuk fenntartani azt az opciót, hogy bizonyíthatóan fennálló felújítási korlátok vagy tömbkazanházas távhőrendszer esetén épületspecifikus követelményt határozzon meg a tanúsító a következő fejezetben ismertetett eljárás szerint.

3.3. Épületspecifikus követelmények felújítások esetén

3.3.1. Korlátozott szigetelhetőség

Mint már kifejtettük, a speciális eljárás lényege egy épületre szabott követelmény meghatározása, mely figyelembe veszi az épület bizonyíthatóan fennálló korlátait.

A módszer lényege, hogy a tanúsító legyárt egy fiktív referenciaépületet, melynek geometriája, üvegezési aránya, tájolása azonos a vizsgált épületével, de a határoló szerkezetei a 2019-es követelménynek felelnek meg. Ez alól kivételt képeznek azok a határoló szerkezetek, ahol a meglévő épület adottságaiból következően az előírt követelmény teljesítése a felújítás során a használhatóságot negatívan befolyásolná, vagy lehetetlenné tenné (pl. a közlekedési és menekülési útvonal szűkítése, a belmagasság nem megengedett mértékű csökkentése stb.). Vagyis, a módszer ott alkalmazható, ahol egyes szerkezetek bizonyíthatóan nem hőszigetelhetők, javíthatók, vagy az előírt hőátbocsátási tényező bizonyíthatóan nem érhető el (például helyhiány miatt csak 5 cm szigetelés helyezhető el). Ezekre a kivételes szerkezetekre olyan hőátbocsátási tényező veendő fel, ami reálisan elérhető (pl. az 5 cm szigeteléssel kialakuló érték). A kivételes szerkezeteknél a szigetelésekre $\lambda=0,035$ W/mK értéket kell felvenni.

Ezek után kiszámítjuk az épület fajlagos hőveszteségtényezőjét a reálisan alkalmazható hőszigetelések (és az ebből származó hőhídhatások) figyelembe vételével. Az így meghatározott fajlagos hőveszteség tényezőt jelöljük q_{ref} -fel.

A fajlagos hőveszteség tényező követelményértéke jelen fejezetben tárgyalt speciális esetben:

$$q_{max}=q_{ref}$$

Az összesített energetikai jellemző követelménye pedig:

$$\begin{aligned} \text{lakóépületekre:} & \quad E_{p,max} = 100 + 67 \cdot bm \cdot (q_{ref} - q_{max,(\Sigma A/V)}) \\ \text{oktatási épületekre:} & \quad E_{p,max} = 85 + 59 \cdot bm \cdot (q_{ref} - q_{max,(\Sigma A/V)}) \end{aligned}$$

irodaépületekre:
$$E_{p,max} = 120 + 67 \cdot bm \cdot (q_{ref} - q_{max,(\Sigma A/V)})$$

ahol

bm: az átlagos belmagasság a fűtött térben

$q_{max,(\Sigma A/V)}$: a fajlagos hőveszteség tényező általános esethez tartozó, azaz a $\Sigma A/V$ alapján kiszámolt (a 2. ábra diagramjából leolvasott) követelményértéke

3.3.2. Tömbkazánházra csatlakozó épületek

Mint már tárgyaltuk, meglévő épületek esetén adottság, ha az épület kedvezőtlen primer energia tényezőjű tömbkazánházas távhőrendszerre kapcsolódik. Ebben az esetben lényeges felújítás esetén enyhébb követelményértékeket tartunk célszerűnek előírni, mert a távhőről való leválás nem támogatandó.

8. táblázat Javasolt követelmények lakóépületekre, oktatási, iroda- és egyéb épületekre **tömbkazánházas távfűtésre kapcsolódó** épületek esetén

lakóépületek	118 kWh/m ² év
oktatási épületek	100 kWh/m ² év
irodaépületek	136 kWh/m ² év
egyéb funkciójú épület	Egyedileg számított követelmény: a fajlagos hőveszteség tényező követelményből, a tényleges nettó igények figyelembe vételével, felbruttósítással, standard gépészet feltételezésével.

Előfordulnak olyan esetek, amikor tömbkazánházhoz csatlakozik egy épület, amelynek van nem vagy csak korlátozottan szigetelhető szerkezete – ilyenkor mindkét korrekciót alkalmazni kell, melynek eredményeképpen az összesített energetikai jellemző követelménye a következőképpen alakul:

lakóépületekre:
$$E_{p,max} = 118 + 80 \cdot bm \cdot (q_{ref} - q_{max,(\Sigma A/V)})$$

oktatási épületekre:
$$E_{p,max} = 100 + 71 \cdot bm \cdot (q_{ref} - q_{max,(\Sigma A/V)})$$

irodaépületekre:
$$E_{p,max} = 136 + 80 \cdot bm \cdot (q_{ref} - q_{max,(\Sigma A/V)})$$

ahol

bm: az átlagos belmagasság a fűtött térben

$q_{max,(\Sigma A/V)}$: a fajlagos hőveszteség tényező általános esethez tartozó, azaz a $\Sigma A/V$ alapján kiszámolt (a 2. ábra diagramjából leolvasott) követelményértéke

3.4. Egyéb funkciójú épületek követelményértéke felújítás esetén

Az eljárás hasonló a jelen hatályos szabályozásban leírt módszerrel az alábbi eltérésekkel:

- a referencia épület számítása során alapesetben a $\Sigma A/V$ alapján leolvasott követelményértékéből kell kiindulni; speciális esetben (ha az épületburok felújítása akadályba ütközik - lásd az előző fejezetet) a fajlagos hőveszteség tényező számítását az előző fejezetben leírtak szerint kell végezni;

- a „standard gépészet” eltér a jelen hatályos rendeletben leírtaktól;
- a referenciaépületre adódó összesített energetikai jellemzőt szintszámtól függően az alább meghatározott mértékben csökkenteni kell;

A módosult „standard” épületgépészeti rendszer a következőképpen alakul (a változások *dőlt betűvel* jelölve):

- a fűtési rendszer hőtermelőjének helye (fűtött téren belül, vagy kívül) adottságként veendő
- a feltételezett energiahordozó földgáz; *ez alól kivétel, ha a vizsgált épület fűtőművi távfűtésre kapcsolódik, akkor tömbkazánházas távfűtést kell feltételezni,*
- a feltételezett hőtermelő *kondenzációs kazán; ez alól kivétel, ha a vizsgált épület fűtőművi távfűtésre kapcsolódik, akkor tömbkazánházas távfűtést kell feltételezni,*
- a feltételezett szabályozás termostatikus szelep *1K arányossági sávval,*
- a fűtési rendszerben tároló nincs,
- a vezetékek nyomvonala a ténylegessel megegyező (az elosztó vezeték fűtött téren belül, vagy kívül való vezetése),
- a vezetékek hővesztésének számításakor az *55/45 °C* hőfoklépcsőhöz tartozó vezeték veszteségét kell alapul venni,
- a szivattyú fordulatszám szabályozású,
- a melegvízellátás hőtermelője *kondenzációs kazán; ez alól kivétel, ha a vizsgált épület fűtőművi távfűtésre kapcsolódik, akkor tömbkazánházas távfűtést kell feltételezni,*
- a vezetékek nyomvonala a ténylegessel megegyező,
- 500 m² hasznos alapterület felett cirkulációs rendszer van,
- a tároló helye adottság (fűtött téren belül, vagy kívül),
- a tároló indirekt fűtésű,
- a gépi szellőzéssel befűjt levegő hőmérséklete a helyiséghőmérséklettel egyező, a léghevítőt *a kondenzációs kazánról táplálják; ez alól kivétel, ha a vizsgált épület fűtőművi távfűtésre kapcsolódik, akkor tömbkazánházas távfűtést kell feltételezni,*
- *a légtechnikai rendszerben hővisszanyerő van*
- a légcsatorna hőszigetelése 20 mm vastag
- A gépi hűtés számításait az ugyanazokkal a paraméterekkel kell elvégezni, mint amilyenekkel a tényleges berendezés rendelkezik.

Az ilyen módon kapott összesített energetikai jellemzőt még csökkenteni kell, mégpedig a következő táblázat szerinti értékekkel.

9. táblázat: Csökkentő tényezők az összesített energetikai tényező követelményének meghatározásához egyéb funkciójú épületekre felújítás esetén

	csökkentő tényező
1 szintes épület	-25 kWh/m ² év
2 szintes épület	-12 kWh/m ² év
3 szintes épület	-8 kWh/m ² év
4 szintes épület	-6 kWh/m ² év
5 vagy több szintes épület	-5 kWh/m ² év

Az így kapott eredmény fogja megadni az összesített energetikai jellemző követelményértékét.

3.5. Példa korlátozott szigetelhetőség esetén a követelmény meghatározására

Nézzük meg két példán a követelmények alkalmazhatóságát. Mindkét épület szerepelt a jelen tanulmány előzményét képező tanulmányban. Ott megvizsgáltuk, hogy a két épületre mekkora primer energia kiváltás érhető el valósan a valós tetőpotenciál kihasználásával.

3.5.1. Gangos bérház

Az első példánk a 17. ábrán látható gangos bérház, mely sarokfekvése miatt két utcai díszes homlokzattal rendelkezik. Ez a két utcai homlokzat nem szigetelhető, ezért a követelményértéket ennek figyelembe vételével határozzuk meg. A számításokat az Energopt programmal végeztük. A részleteket mellőzve itt csak az eredményeket közöljük. Meghatároztuk az épületből képzett referenciaépület fajlagos hőveszteség tényezőjét úgy, hogy valamennyi határoló szerkezetet a 2019-es követelmények szerint szigeteltük a két utcai homlokzat kivételével, ahol az eredeti állapot U-értékét vettük fel. A fajlagos hőveszteség tényező így $q_{ref} = 0,26 \text{ W/m}^3\text{K}$ -re adódott (ez tehát erre az épületre a második szintű követelmény). A 2. ábra szerint a $\Sigma A/V$ alapján a követelményértéknek általános esetben $q_{max,ált} = 0,182 \text{ W/m}^3\text{K}$ kellett volna adódnia. Az átlagos belmagasság 3,9 m. Ebből a 3.3.1. fejezetben leírtak szerint a harmadik szintű követelmény a következőképpen számolható:

$$E_{p,max} = 100 + 67 \cdot bm \cdot (q_{ref} - q_{max,(\Sigma A/V)}) = 100 + 67 \cdot 3,9 \cdot (0,26 - 0,182) = 120,6 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$



17. ábra: Az első példában vizsgált gangos bérház



18. ábra: A második példában vizsgált parasztház

Teljesíthető-e ez a követelmény egy lényeges felújítás esetén? Az épület összesített energetikai jellemzője 2019-es szintű felújítás esetén „standard” gépészettel, azaz kondenzációs központi kazánal, helyiségenkénti szabályozással $145,91 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ -re adódik. A különbséget a megújulókkal kellene áthidalni, erre pedig a sűrű városi beépítés miatt csak a napenergia látszik reálisnak. A kérdést már vizsgáltuk jelen tanulmány előzményét képező tanulmányban. A tetőpotenciál figyelembe vételével napelemekkel $17 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, napkollektorokkal $30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ primer energia váltható ki. Utóbbi feltételezve az összesített energetikai jellemző $115,91 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ -re adódik, vagyis a követelmény teljesül.

3.5.1. Parasztház

Második példánk a 18. ábrán látható parasztház, melyben a talajon fekvő padló hőszigetelése nem lenne költséghatékony, vagy egy olcsóbb megoldás jelentősen csökkentené a belmagasságot. A követelményértéket ennek figyelembe vételével határozzuk meg. Itt is meghatároztuk az épületből képzett referenciaépület fajlagos hőveszteség tényezőjét úgy, hogy valamennyi határoló szerkezetet a 2019-es követelmények szerint szigeteltük a szigeteletlen talajon fekvő padló kivételével, ahol az eredeti állapot Ψ -értékét vettük fel. A fajlagos hőveszteség tényező így $q_{ref} = 0,35$

W/m³K-re adódott (ez tehát erre az épületre a második szintű követelmény). A 2. ábra szerint a $\Sigma A/V$ alapján a követelményértékre általános esetben $q_{\max, \text{ált}} = 0,281 \text{ W/m}^3\text{K}$ kellett volna adódnia. Az átlagos belmagasság 2,65 m. Ebből a 3.3.1. fejezetben leírtak szerint a harmadik szintű követelmény a következőképpen számolható:

$$E_{P, \max} = 100 + 67 \cdot b_m \cdot (q_{\text{ref}} - q_{\max, (\Sigma A / V)}) = 100 + 67 \cdot 2,65 \cdot (0,35 - 0,281) = 112,2 \text{ kWh / m}^2\text{a}$$



17. ábra: Az első példában vizsgált gangos bérház





18. ábra: A második példában vizsgált parasztház

Teljesíthető-e ez a követelmény egy lényeges felújítás esetén? Az épület összesített energetikai jellemzője 2019-es szintű felújítás esetén „standard” gépészettel, azaz kondenzációs központi kazánal, helyiségenkénti szabályozással 134,7 kWh/m²a-re adódik. A különbséget a megújulókkal (esetleg hővisszanyerővel) kellene áthidalni, ebben az esetben azonban többféle megoldás (napenergia, biomassza, hőszivattyú, hővisszanyerő) is szóba jöhet. A kérdést már vizsgáltuk jelen tanulmány előzményét képező tanulmányban. A megújulókkal áthidalandó különbséget 22,5 kWh/m²a műszakilag könnyen teljesíthető, hiszen csak a napenergiát tekintve a kiváltási potenciál napelemekkel 155 kWh/m²a, napkollektorokkal 126 kWh/m²a, azaz műszakilag pozitív energiás ház is elérhető.

Meg kell ugyanakkor jegyezzük, hogy ebben az esetben a követelményt nem a műszaki lehetőségek, hanem a költségoptimum határozta meg, mely a két hasonló példában 106 kWh/m²a és 132 kWh/m²a-ra adódott. A kiszámolt követelmény a két érték közé esik és egyiktől sem tér el jelentős mértékben.

A számítások eredményeit a 19. ábrán is összefoglaltuk.

		Felújítási munkálatok	Fűtési rendszer	$\sum A/V$	E_f	E_p megújuló nélkül	q q_{ref}	$q_m =$ $A/V < 0,3, q_m = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^3\text{K})$ $0,3 < A/V < 1,0, q_m = 0,051 + 0,23 (A/V) \text{ W}/\text{m}^3\text{K}$ $A/V > 1,0, q_m = 0,281 \text{ W}/\text{m}^3\text{K}$	$E_{pmax} = 100 + 67 \cdot 3,9^* (q_{ref} - q_m)$ 2019	$E_{pmax} - E_p$
	Felújítás előtt	Nem releváns	Lakásonkénti gázkazán	0,57	364,6	425,41	0,56	Nem releváns	Nem releváns	Nem releváns
	Felújítás után, 2019	fal 16cm hsz., padlás 24cm hsz., pince 14cm hsz., utcai homlokzatot nem hőszigeteltük, léposóház fala 15cm hsz., épületenkénti kondenzációs gázkazán	Épületenkénti kondenzációs kazán	0,57	109,16	145,91	0,26	q_{ref} 0,182	120,6	-25,29

		Felújítási munkálatok	Fűtési rendszer	$\sum A/V$	E_f	E_p megújuló nélkül	q q_{ref}	$q_m =$ $A/V < 0,3, q_m = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^3\text{K})$ $0,3 < A/V < 1,0, q_m = 0,051 + 0,23 (A/V) \text{ W}/\text{m}^3\text{K}$ $A/V > 1,0, q_m = 0,281 \text{ W}/\text{m}^3\text{K}$	$E_{pmax} = 100 + 67 \cdot 2,65^* (q_{ref} - q_m)$ 2019	$E_{pmax} - E_p$
	Felújítás előtt	Nem releváns	Lakásonkénti gázkazán	1,11	508	568,8	1,69	Nem releváns	Nem releváns	Nem releváns
	Felújítás után, 2019	fal 16cm hsz., padlás 24cm hsz., épületenkénti kondenzációs gázkazán, padlószigetelés nélkül	Épületenkénti kondenzációs kazán	1,11	95,4	134,7	0,35	q_{ref} 0,281	112,2	-22,49

19. ábra: Számítási eredmények a két példaépületre