

Szegedi Tudományegyetem TTIK

Kísérleti Fizika Tanszék

SZAKDOLGOZAT

## Energiamegtakarítási lehetőségek panelházak korszerűsítésével

Készítette: Abou-Abdo Tamás

Fizika BSc szakos hallgató

Témavezető: Dr. Gingl Zoltán

egyetemi docens

SZTE Kísérleti Fizika Tanszék

Szeged

2010

# Tartalom

Tartalom .....	1
Bevezető.....	2
Magyar épületenergetikai szabályozás .....	5
Panelépület sematikus modellezése .....	14
Költségek és várható haszon .....	28
Konklúzió .....	30
Ábrajegyzék.....	31
Források.....	32
Internetes források .....	32

## Bevezető

Dolgozatom célja bemutatni és elemezni néhány konkrét lehetőséget panelos technológiával készült épületeink energetikai korszerűsítésére. Főképpen a fűtés, melegvíz használatra fókuszálva azonban a villamos energia fogyasztás néhány kérdésére is kitérve.

Téma aktualitását adja, hogy Magyarországon 4,2 millió lakásból 788 000 a panelos illetve alagútzsalus technológiával készült épület, melyekben hozzávetőleg 1,9 millió ember él. Ezeknek, az épületeknek zöme az 1970-es évek második felében épült így felújításuk már tovább nem halasztható. Ezért átfogó panelfelújítás program indult az utóbbi években, melyek jellemzően a külső nyílászárók cseréjét, általában 10 centiméter vastag polisztirol hab hőszigetelést jelentenek, illetve a fűtést próbálják szabályozhatóbbá és precízebben lakásonként mérhetővé tenni. Ezek a felújítások alapvetően az energiafogyasztást és ezzel rezsi költségek csökkentését kívánják előmozdítani. Egy ilyen komplex felújítás a fogyasztást hozzávetőleg 30%-kal csökkenti. Az épület energiafogyasztásának a csökkenése azonban nem egyenesen arányos a rezsiköltségek csökkenésével, amit a távhő vállalat hálózati veszteségei valamint a rendszer üzemeltetésének egyéb ráakódó költségei is befolyásolnak. Egy hétköznapi példával megvilágítva ezt a problémát, jelenleg egy 2 szobás 50 négyzetméteres rossz hőszigetelésű panellakás esetén, éves szinten felújítás előtt hozzávetőlegesen 200<sup>1</sup> ezer forintot költ a lakó a fűtésre és a melegvízre évente. Egy ilyen lakásnak nagyságrendileg 1 millió forint a felújítási költsége, ami évi 60 ezer forintos megtakarítással számolva 16 év alatt térülne meg állami támogatás nélkül. Ez a megtérülési ráta az üzleti életben nem megfelelő magáncégek bevonásához, azonban ha figyelembe vesszük, hogy az ÁFA mértéke 25% valamint a munkadíjba, szállítási költségekbe további adótartalom épül be látható, hogy van reális lehetőség ennek a problémának a megoldására, ami azonban politikai döntést is igényel. Tovább árnyalja a problémát az, hogy a széndioxid kibocsátás csökkentéséből származó kvótát az állam értékesítheti. Valamint bonyodalmakat okoz az is, hogy jelenleg kapcsolt üzemű villamos energiatermelés folyik a távfűtő művekben, ami számos kérdést vet fel a távfűtésre kapcsolt lakótelepek esetében. Ez a villamos energia és a távhőszolgáltatás árképzésének problémáját veti fel. Jelenleg a panellakások fűtési költsége jóval magasabb, mint a téglablokkos központi gázfűtéses épületekéi, ami ellent mond annak a logikának, amivel gyakran érvelnek a kapcsolt üzemű villamos energiatermelés mellett, azaz annak hogy lényegében annak, hogy a

---

<sup>1</sup> A fűtődíjak lényegesen különbözhetnek városonként.

hulladékhőt hasznosítjuk fűtésre. A számomra rendelkezésre álló bekerülési adatok azonban csak kiragadott példák egy pontosabb elemzés tárgyát kell, hogy képezzék. Ezzel inkább a probléma szerteágazó voltára kívántam rávilágítani és a megoldás realitását alátámasztani. Nyilvánvalóan egy új a mai technológiákat felhasználó átfogó koncepció az, ami elősegítheti a megoldást. Dolgozatomban a technikai és gazdasági kérdéseket egy átfogó rendező elv alá fogom rendelni. Arra próbálok meg alternatívákat felvonultatni, hogy hogyan lehet csökkenteni a panelházak energiaigényét, és csak másodlagosan foglalkozok azzal, hogy hogyan lehet kielégíteni a fennmaradó csekélyebb energiaigényt.

Dolgozatomban rá kívánok világítani, hogy mennyi energiát spórolhatunk meg az épületállomány különböző mértékű felújításával. Néhány egyszerű adatból ez könnyen látható. Magyarországon az összes energiafogyasztás 60%-át használja fel a lakosság, a következő bontásban:

- 54% fűtésre
- 11% melegvíz
- 26% közlekedés
- 8% háztartási eszközök energiaigénye
- 1% világítás

Azaz Magyarország összes energiaigényének hozzávetőleg 40%-át fordítjuk fűtésre és melegvíz készítésre. Jelenleg ezen lehet könnyen relatív kis befektetéssel spórolni. Magyarországon jelenleg ez átlagosan egy négyzetméterre 160 kWh/m<sup>2</sup> éves fogyasztást jelent, panelházak esetén felújítás előtt pedig felület, térfogat aránytól függően 220 kWh/m<sup>2</sup> körüli érték.



**1. ábra**

Az épületek energia tanúsításának minőségi osztályai

A  $220 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  az éves négyzetméterenkénti fogyasztást a jelenleg elterjedt felújítási móddal, azaz 10 centiméteres polisztirol hab homlokzati hőszigeteléssel, új kétrétegű low-E bevonatú 5 kamrás műanyag nyílászáróval, és költségmegosztók felszerelésével konkrét kiragadott szegedi mért adatok alapján  $135 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  éves fogyasztásra csökkent. Számítások szerint pedig ez az érték átlagosan a teljes épületre vetítve  $100 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  alatt kell, hogy legyen egy felújítás után. A különbség a két érték között a szabályozás nehézségeiből és a hálózati veszteségekből, valamint az egyes lakások különböző külső határoló felület arányából adódik. Látható hogy közel meg lehet felezní egy egyszerű épület-felújítással az energiafelhasználást. Ez már önmagában is jelentős, ha a teljes épületállományt fel lehet újítani, azonban ez a mértékű felújítás azzal jár, hogy hosszú távon továbbra is fenn kell tartani a meglévő távhő gázturbinákat és a jelentős méretű centralizált melegvíz hálózatot.

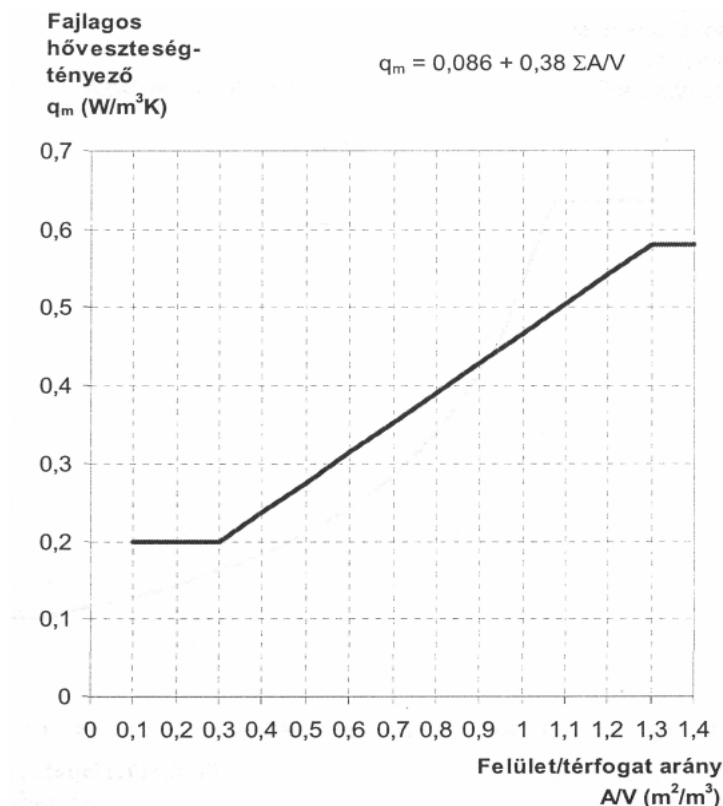
Dolgozatomban a jelenlegi épületek és az azt kiszolgáló rendszer alternatívájaként fogok felvázolni olyan alternatív megoldásokat melyben az épület energiaigénye 50, illetve  $25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  alatti. Vizsgálni fogom, hogy ezt az energiaigényt pedig ki lehet-e szolgálni egy kisméretű gázmotorok hulladékhőjével, ami puffertartályban tárolható felhasználásig. Így a gázmotorok bekapcsolása nem kell, hogy egybeessen a hőenergia termelés időpontjával. Ezt az teszi lehetővé, hogy a kisméretű gázmotorokat pedig internetes kapcsolaton keresztül lehet szabályozni, így megmarad a villamos hálózat termelési kapacitásának tervezhetősége. Éppen az informatikai háttér kezdetlegessége szinte szükségszerűen centralizálta a korábbi rendszereket. Mit is jelentenek ezek a fogyasztási adatok a gyakorlatban?  $50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  éves fogyasztás egy 5 emeletes szintenként hozzávetőlegesen 3 darab  $65$  négyzetméteres lakás, közel  $1000$  négyzetméter, ami évente  $50\,000 \text{ kWh}$  energiát fogyaszt. Ez egy 5 hónapos fűtési szezonnal számolva átlagosan napi  $330 \text{ kWh}$ , ehhez  $14 \text{ kW}$  átlagteljesítmény szükséges. Nyilván vannak hidegebb időszakok, amikor az átlagteljesítménynél nagyobb teljesítmény szükséges, ami konkrét méretezéssel a leghidegebb időszakra számítható. Azonban így előzetesen csak arra hívnám fel a figyelmet, hogy egy átlagos családi ház gázkazánja  $24 \text{ kW}$  teljesítményű, azaz akár családi házaknál alkalmazható technológiákban is gondolkozhatunk ilyen alacsony energiafelhasználás mellett. Ezekkel, a számokkal érzékeltetni kívántam a problémát és az esetleges megoldási lehetőségeket, melyeket egy sematizált panel épület példája kapcsán fogok részletesen bemutatni. Be fogom mutatni, hogy számításaim szerint az ország lakásállományának  $12,5\%$ -át kitevő panel épületek igényes felújításával  $4,3\%$  országos energiafogyasztás csökkenést lehet elérni.

A továbbiakban az Európai Unió direktívája alapján a hatályos új magyar szabályozás számítási elveit és képleteit fogom felhasználni vizsgálataimhoz. Ezért célszerű először a szabályozás főbb elveit áttekinteni, majd ez alapján különböző a könnyű áttekinthetőség miatt szemantikusan alternatívákat megvizsgálni.

## Magyar épületenergetikai szabályozás

A jelenlegi szabályozás több szintű és igen szerteágazó módszereket kínál a számítógépes modellezéstől az egyszerű gyakorlati alkalmazásból adódó képletek alapján való becslésig. Ennek igen rövid áttekintését kívánom nyújtani az alábbiakban, fókuszálva a részletes kézi számolásra alkalmas módszerekre, melyeket a későbbi számolásaim során további egyszerűsítéssel fogok használni.

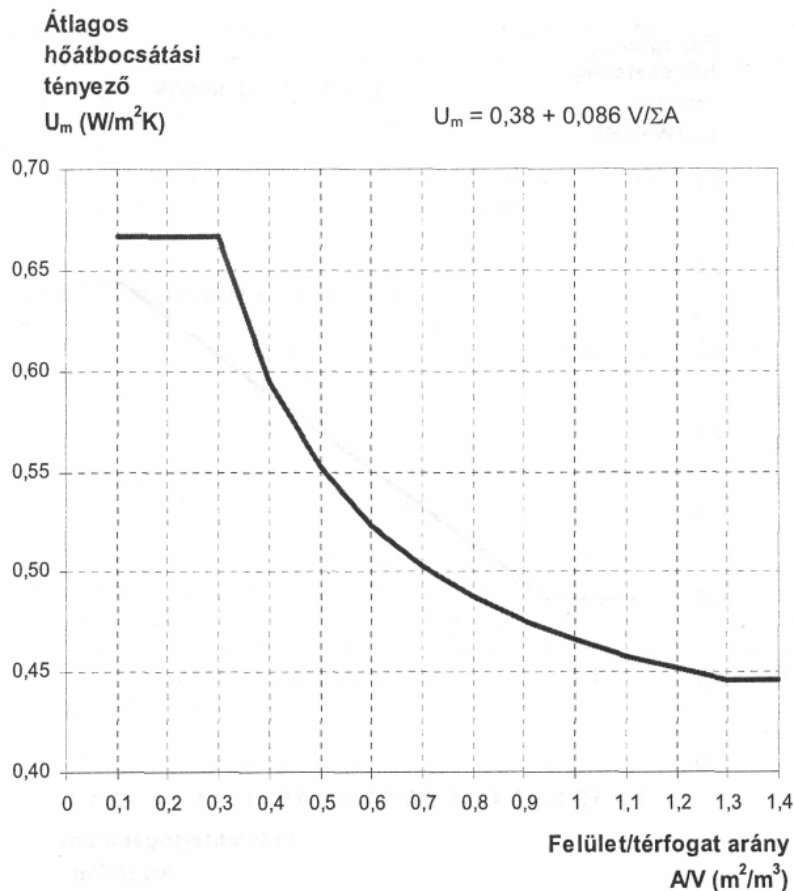
A szabályozás legfelső szintje az **összesített energetikai jellemző**. Ez az épületekre felhasználási kategóriánként és felület térfogat arány szerint ír elő egy követelmény értéket, ami tartalmazza az épület gépészeti kialakításából adódó energetikai hatékonyságot is. A fajlagos hővesztességtényező követelményértéke az alábbi ábráról leolvasható, vagy az ábrán mellékelt képlettel számítható. Ennek a követelményértéknek a teljes épület éves energiafogyasztásának kell megfelelnie beleértve a gépészeti rendszereket is.



2. ábra

A fajlagos hővesztességtényező követelményértéke

A szabályozás második szintje a határolószervezetekre ír elő egy követelményértéket az épület összesített **fajlagos hővesztességtényezőjére**. Ez garantálja azt, hogy az épület a gépészeti megoldásoktól függetlenül is elfogadható energetikai kialakítású legyen. A fajlagos hőátbocsátási követelményértéke leolvasható az alábbi ábráról, vagy az ábrán mellékelt képlettel számítható.



**3. ábra**

Átlagos hőátbocsátási tényező követelményértékei

Ezt a fajlagos hővesztességtényező értéket kell az épület szerkezeteinek összességében teljesítenie. Érdeemes megjegyezni azonban, hogy a fajlagos hővesztességtényező nem tartalmazza a szellőzési veszteségeket, valamint a szoláris energiát hasznosító gépészeti rendszerekből származó nyereségeket, ezeket a gépészeti szerkezetek energiafelhasználásánál veszi figyelembe a szabályzás.

A fajlagos hővesztességtényezőt az épület meglévő, ill. tervezett szerkezeteinek tulajdonságai alapján kapjuk az alább felsorolt hővesztességtényezők algebrai összegéből egységnyi határoló felületre vetítve:

- nyílászáró szerkezetek felületének és hőátbocsátóképességének szorzatösszege
- szerkezeti csomópontok és csatlakozási élek mentén kialakuló hővesztesség
- üvegezett szerkezeteken bejutó direkt sugárzási nyereség
- esetleges passzív szoláris nyereségek, mint energiagyűjtő falak, vagy télikertek.

Képlettel megadva a fajlagos hővesztességtényező egyszerűsített hőhídszámítással:

$$q = \frac{1}{V} \left[ \sum A_i U_i + \sum \Psi_j l_j - \frac{Q_{sd} + Q_{sid}}{72} \right] = \frac{1}{V} \left[ \sum A_i U_i (1 + c_i) - \frac{Q_{sd}}{72} \right] \text{ [kW/m}^3\text{]}$$

### 1. Egyenlet

- A a határoló felület, m<sup>2</sup>
- $c_i$  a vonalmenti fajlagos hőhíd korrekciós tényezője, dimenzió nélküli szám
- $Q_{sd}$  az üvegezett szerkezetek fűtési időnyre vonatkoztatott energiahozama, kWm<sup>2</sup>/a
- $Q_{sid}$  a csatlakozó üvegház, vagy napfal hőnyeresége, kWm<sup>2</sup>/a
- $\Psi_j$  a vonalmenti hőhíd értéke W/mK
- $l_j$  a vonalmenti hőhíd hossza, m

Ahol az üvegezett felületek direkt sugárzási energianyeresége a fűtési időnyre:

$$Q_{sd} = e \sum A_{\ddot{u}} g Q_{TOT} \text{ [kWh/a]}$$

### 2. Egyenlet

- $A_{\ddot{u}}$  az üvegezett felület mérete m<sup>2</sup>-ben
- $e$  az épület hőtároló tömegétől függő hasznosítási tényező (0,75 nehéz szerkezetű épületekre és 0,5 könnyű szerkezetű épületekre. A szerkezet akkor nehéz szerkezetű, ha négyzetméterenként legalább 400kg)
- $g$  értéke az ablak reflexióját veszi figyelembe, dimenzió nélküli szám

$$Q_{sd} = e \sum A_{\ddot{u}} I g \text{ [W]}.$$

### 3. Egyenlet



A direkt sugárzási nyereséget konkrét dátumra is számíthatjuk, amit a harmadik egyenlet ad meg. Ez az egy napra vonatkozó átlagos sugárzási intenzitás, melyet a nyári túlmelegedés kockázatának vizsgálatára valamint az épület téli egyensúlyi hőmérsékletének számítására alkalmazhatunk. (A szabvány ugyanazt a betűjelet használja a fenti két értékre, ami különös figyelmet igényel.) A fenti sugárzási nyereségek átlagértékeit különböző tájolása az alábbi táblázat alapján határozhatjuk meg, azonban ellenőrizni kell nappályadiagrammal, vagy számítógépes modellezéssel, hogy az adott üvegezett szerkezetet éri a téli hónapokban is direkt sugárzás. Ennek hiányában a kedvezőtlenebb értékkel kell számolni.

A számítás célja	Tájolás		
	E	D	K-N
Sugárzási energiahozam a fűtési idényre fajlagos hővesztésgtényező számításához $Q_{TOT}$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	100	400	200
Átlagintenzitás egyensúlyi hőmérsékletkülönbség számításához / [W/m <sup>2</sup> ]	27	96	50
Átlagintenzitás nyári túlmelegedés kockázatának számításához / [W/m <sup>2</sup> ]	85	150	150

### 1. Táblázat

#### Fontosabb sugárzási adatok

A szabályozás harmadik szintje egy-egy konkrét határoló szerkezet (például nyílászáró vagy fal) hőátbocsátási tényezőjét maximálja figyelembe véve a szerkezetek sajátosságaiból adódó lehetőségeket. A szabályozásnak e szintje, főképpen állagvédelmi és hőérzeti szempontból fontos, azt garantálja, hogy ne alakulhasson ki túl alacsony belső felületi hőmérséklet a határoló szerkezeteken, ami páralecsapódáshoz és emiatt penészesedéshez vezetne, illetve ne alakulhasson ki kellemetlen hőérzet nagyon eltérő felületi hőmérsékletek miatt. Hétköznapi szóhasználatnál szólva például „ne süssön a hideg” az ablakból.

	$q_k$ [W/m <sup>2</sup> K]
Külső fal	0,45
Lapostető	0,25
Padlásfödém	0,30
Fűtött tetőteret határoló szerkezetek	0,25
Alsó zárófödém árkád felett	0,25
Alsó zárófödém fűtetlen pince felett	0,50
Homlokzati üvegezett nyílászáró (fa vagy PVC keretszerkezettel)	1,60
Homlokzati üvegezett nyílászáró, ha névleges felülete kisebb, mint 0,5 m <sup>2</sup>	2,50
Tetőfelülvilágító	2,50
Tetősfák ablak	1,70
Homlokzati üvegetlen kapu	3,00
Homlokzati, vagy fűtött és fűtetlen terek közötti ajtó	1,80
Fűtött és fűtetlen terek közötti fal	0,50
Szomszédos fűtött épületek közötti fal	1,50
Talajjal érintkező fal 0 és -1 m között	0,45
Talajon fekvő padló a terület mentén 1 ,5 m széles sávban	0,50

## 2. Táblázat

A hőátbocsátási tényező követelményértékei

Ennek a rétegtervi hőátbocsátási követelményértéknek kell megfelelnie a tervezett határoló szerkezetnek, melyet a gyártmány leírása alapján, illetve az alábbi képlet alapján számolva igazolhatunk.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{a_i} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{a_e}}$$

## 4. Egyenlet

Ahol:

- U a rétegtervi hőátbocsátási tényező, mértékegysége W/m<sup>2</sup>K
- d a rétegvastagság, mértékegysége méterben megadva
- • a réteg hővezetési tényezője, W/mK-ben megadva
- $f_i$  és  $f_e$  a határoló szerkezet belső és külső hőátadásának korrekciós tényezői, értékük a határoló szerkezet típusától függ (Pl.: árkádfödém, padlásfödém, fal esetében kissé eltérő értékek).

Az épületszerkezetek és a geometriai adatok alapján a gyakorlatból nyert képletek és táblázatok szerint meghatározható az épület egyensúlyi hőmérsékletkülönbsége, amiből adott belső hőmérséklet mellett adódik a fűtési idény várható hossza és az úgynevezett hőfokhíd, mely alapján méretezhető az épületgépészeti rendszer és a konkrét megoldásoktól függően annak várható éves fogyasztása és várható csúcsterhelése. Mindebből pedig az épület primer energiaigénye számítható, melyet a nettó alapterületre vetítve megkapjuk az épületre jellemző éves fajlagos energiaigényt.

A szabályzás a **nettó fűtési energiaigény** számítására is kínál egyszerűsített, illetve részletes számítási módszert melyből a részleteset ismertetem. (Az egyszerűsítettet csak közlöm.) A nettó fűtési igény azt mutatja meg, hogy mennyi energia szükséges egy rendeltetési egység, például egy lakás, vagy iroda kifűtéséhez évente. Ennek kiszámításához részletes számítás esetén az elsősor az **egyensúlyi hőmérsékletkülönbséget** kell kalkulálni. Fűtés, illetve hűtés nélkül az épületben kialakuló hőmérsékletkülönbség az épület transzmissziós és szellőzési veszteségeinek, valamint sugárzási és belső hőnyereségeinek arányától függ. Az egyensúlyi hőmérsékletkülönbség adja meg, hogy mekkora belső és külső hőmérsékletkülönbség esetén áll be az egyensúly. Lényegében ez alapján számíthatjuk ki, hogy mekkora külső hőmérséklet esetén kezdődik el a fűtési szezon. A hőhídszámítás egyszerűsítéséből és az aktív szoláris rendszertől való eltekintésből adódik erre az alábbi egyszerűsített képlet:

$$\Delta t_b = \frac{Q_{sd} + Q_{sid} + A_N q_b}{\sum A_i U_i + \sum \Psi_j l_j + 0,35nV} + 2 = \frac{Q_{sd} + A_N q_b}{\sum A_i U_i (1 + c_i) + 0,35nV} + 2 \text{ [K]}.$$

### 5. Egyenlet

Ez alapján számíthatjuk ki a fűtési határhőmérsékletet, ami azt mutatja meg, hogy jobb hőtechnikai minőségű épületekben a fűtési határhőmérséklet alacsonyabb és ezáltal a fűtési idény rövidebb. A fűtési határhőmérsékletet egyszerűen a számolhatjuk  $t_i - t_b = t_h$  alapján, azonban a számítás megkönnyítése végett az egyensúlyi hőmérsékletkülönbségből az alábbi táblázatból kereshetjük ki a fűtési idény hosszát valamint a hőfokhidat.

$\hat{t}_b$ Egyensúlyi hőmérsék- letkülönbség [K]	H Hőfokhíd [hK]	$Z_F$ Idény hossza [h]
<8,0	72000	4400
9,0	70325	4215
10,0	68400	4022
11,0	66124	3804
12,0	63405	3562
13,0	60010	3295
14,0	55938	3003
15,0	51191	2687
16,0	45766	2346
17,0	39666	1980
18,0	32889	1590
19,0	25436	1175

### 3. Táblázat

Hőfokhíd és fűtési idény hossza 20 °C belső hőmérséklet esetén az egyensúlyi hőmérsékletkülönbség függvényében

A szellőztető berendezést is figyelembe véve ezen adatok alapján számíthatjuk ki a nettó éves fűtési energiaigényt az alábbi képlettel:

$$Q_F = HV \cdot [q + 0,35n(1 - \bullet_r)] \bullet - Z_F A_N q_b \quad [\text{kWh/a}].$$

### 6. Egyenlet

Ahol:

- H a fűtési hőfokhíd órafokban kifejezett értékének ezredrésze, hK/a
- V az épület térfogata, m<sup>3</sup>
- q a fajlagos hővesztésgtényező, W/m<sup>3</sup>K
- n a légcserezszám l/h
- $\bullet_r$  a hővisszanyerő hatásfoka, ha nincs szellőztetési hővisszanyerés, akkor ez a tag értelemszerűen elmarad
- $\bullet$  csökkentő tényező, ami a szabályozott fűtési üzem szakaszos hatását fejezi ki, lakóépületek esetében ez az érték 0,9 az alábbi táblázatból
- $Z_F$  a fűtési idény órában mért hosszának ezredrésze, h/a
- $A_N$  a nettó szintterület, m<sup>2</sup>
- $q_b$  a belső hőterhelés fajlagos értéke, W/m<sup>2</sup>

Egyszerűsített módszerrel a fűtési energiaigényt az alábbi képlet alapján számíthatjuk.

$$Q_f = 72(q + 0,35n)S - 4,4q_b .$$

### 7. Egyenlet

Az épület rendeltetése	Légcsere- szám fűtési Idényben  [1/h]			Használati melegvíz nettó hőenergia Igénye  [kWh/m <sup>2</sup> a]	Világítás energia Igénye  [kWh/m <sup>2</sup> a]	Világítási energia igény korrekciós Szorzó  ~	Szakaszos üzem korrekciós szorzó  •	Belső hő- nyereség átlagos Értéke  [W/m <sup>2</sup> ]
	1)	2)	3)					
Lakóépületek 6)	0,5			30	8	-	0,9	5
Irodaépületek	2	0,3	0,8	9	22	0,7	0,8	7
Oktatási épületek	2,5	0,3	0,9	7	12	0,6	0,8	9

### 4. Táblázat

A nettó éves fűtési energiaigény alapján a fűtés fajlagos primer energia igénye a következő összefüggéssel számítandó:

$$E_F = (q_f + q_{f,h} + q_{f,v} + q_{f,t}) \cdot \sum (C_k \cdot a_k \cdot e_f) + (E_{FSz} + E_{FT} + q_{k,v}) \cdot e_v .$$

### 8. Egyenlet

Ahol az első zárójelben szereplő összeg, amit a hőforrásból kell betáplálni:

- $q_f$  a fűtés fajlagos nettó energiaigénye
- $q_{f,h}$  a teljesítmény és az igény pontatlan illesztéséből származó - azaz a tökéletlen szabályozás miatt – fellépő veszteség
- $q_{f,v}$  az elosztóhálózatok hővesztesége
- $q_{f,t}$  az esetleges tároló hővesztesége

A második zárójelben lévő tagok jellemzik a fűtési rendszer primer energiaigényét, valamint azt hogy több hőforrás esetében melyik hőforrás milyen százalékban vesz részt a teljes hőmennyiség előállításából.

- $C_k$  teljesítménytényező, a használt berendezések hatásfoka
- $f_k$  hőforrás részesedési aránya
- $e_f$  a hőforrás (kazán, hőszivattyú, stb.) által felhasznált tüzelőanyag primer energiatar-  
talma

A harmadik tag pedig a szabályozás, az elosztás, a tárolás és a hőtermelő villamos segédenergia igényét jellemzi.

- $e_v$  a villamos energia primer energiataralma
- $E_{FSz}$  a keringető szivattyú villamos segédenergia igénye
- $E_{FT}$  hőtárolás fajlagos villamos segédenergia igénye
- $q_{k,v}$  a kazán fajlagos villamos segédenergia igénye

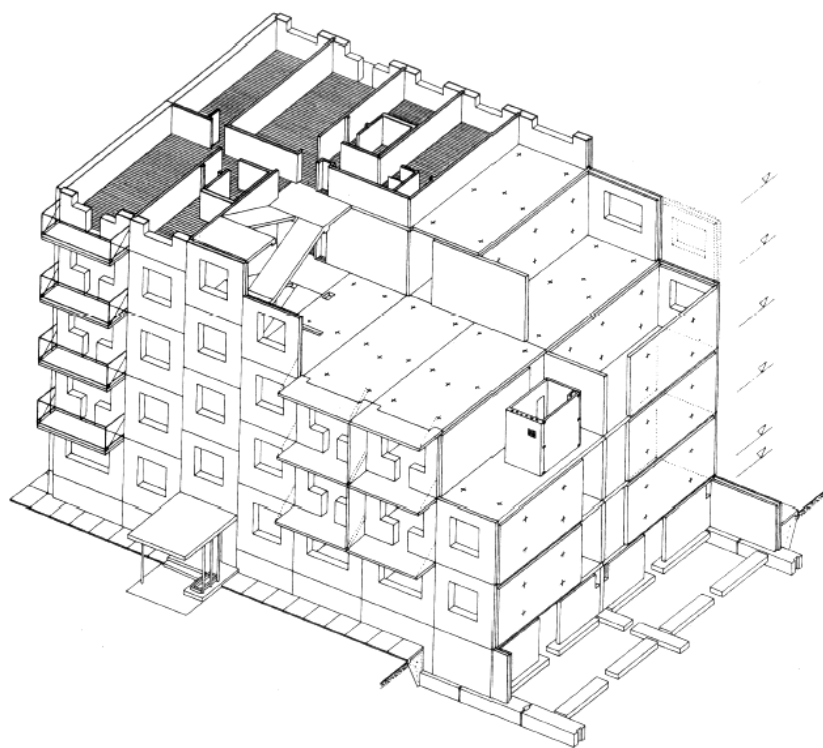
A szabályozás hasonló logikával és képlettel írja le a használati melegvíz készítés energiaigényét is, ezért azt külön nem részletezem. A fenti értékek hasonlóan a szabályzás többi részéhez táblázatosan van megadva. A táblázatokat külön nem mellékelem csak néhány dolgozatomból fontosabb értékét közlöm.

Távfűtés esetén a teljesítménytényező  $C_k = 1,01$ , a villamos segédenergia igény 0 a szabvány szerint. A szabványban kondenzációs gázkazánokra szintén  $C_k = 1,01$  érték azonban ehhez  $0,4-0,8 \text{ kWh/m}^2$  a segédenergia igény is társul. A hőelosztás veszteségei fűtött téren kívül  $0,7-13,8 \text{ kWh/m}^2$  közötti értéket vehetnek fel jól szigetelt elosztó hálózatok esetén. Minél nagyobb a rendszer és minél alacsonyabb a fűtőkör hőmérséklete annál kisebbek ezek az értékek. Fűtött téren belül ezek az értékek  $0,4-4,1 \text{ kWh/m}^2$  között változnak. A szabályozás pontatlanságából panelházak átfolyós, vagy átkötőszakaszos rendszere esetében  $5,5 \text{ kWh/m}^2$  a veszteség, míg elektronikus szabályzóval ellátott kétcsöves rendszer esetében ez az érték  $0,7 \text{ kWh/m}^2$  a. Megjegyzendő az is hogy számos panelépületben nem megoldott a szabályozás, ami átlagosan  $15,0 \text{ kWh/m}^2$  a veszteséget is okozhat.

Ebből látszik hogy egy nagy, nehezen szabályozható központi rendszer igen energiaigényes tud lenni. Emellett kérdéses hogy a kapcsolt üzemi energiatermelés mellett miért nem versenyképes a távhőszolgáltatás egy egyszerű kondenzációs kazánal. Dolgozatomban egy alternatív lehetőséget kívánok felmutatni a nagy központi rendszerek igen költséges korszerűsítése mellett.

## Panelépület sematikus modellezése

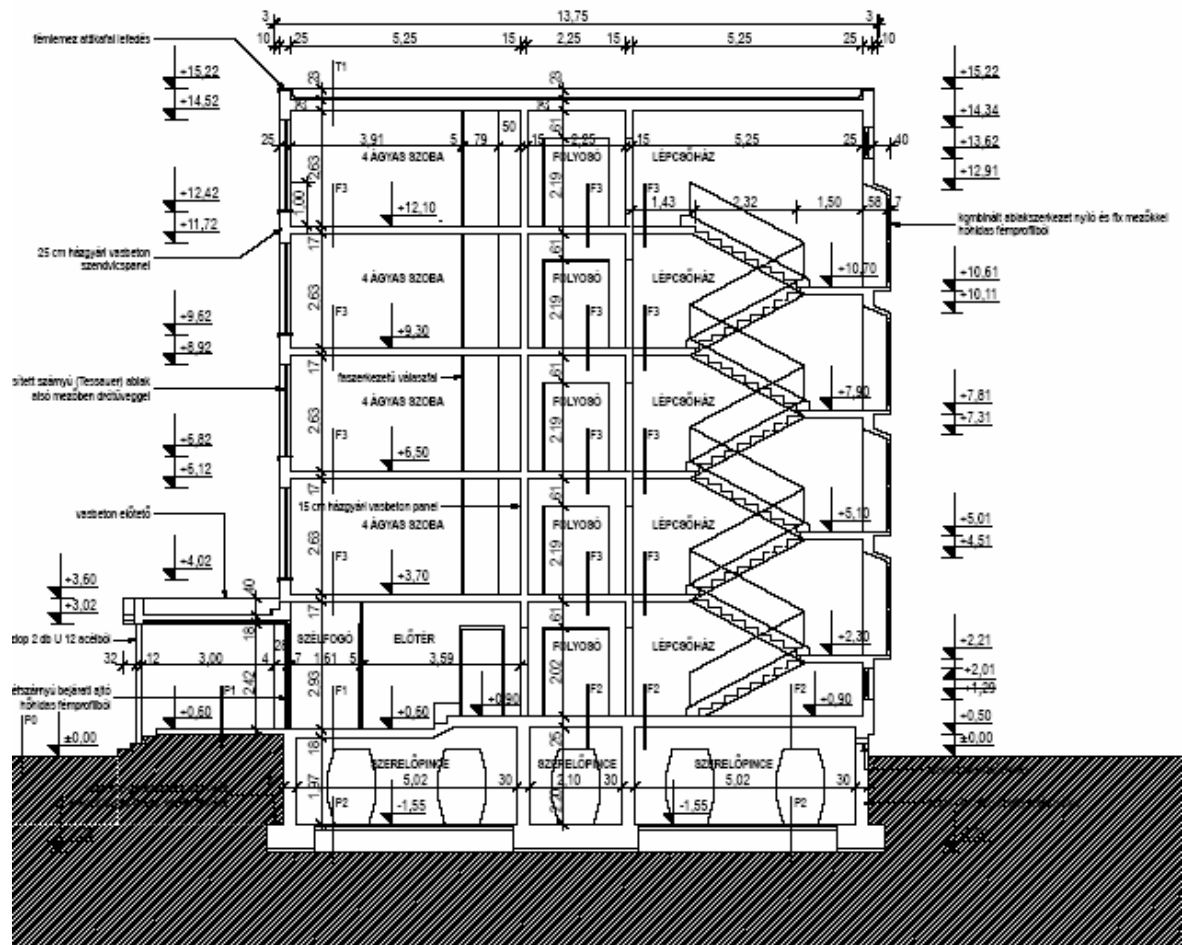
Induljunk ki a felújítás nélküli épület modellezéséből és vessük össze azt hozzávetőleges fogyasztási adatokkal. Mivel számos kialakítású panelépület van az uniformizálás ellenére, ezért egy sematikus épület modelljét fogom vizsgálni.



**4. ábra**

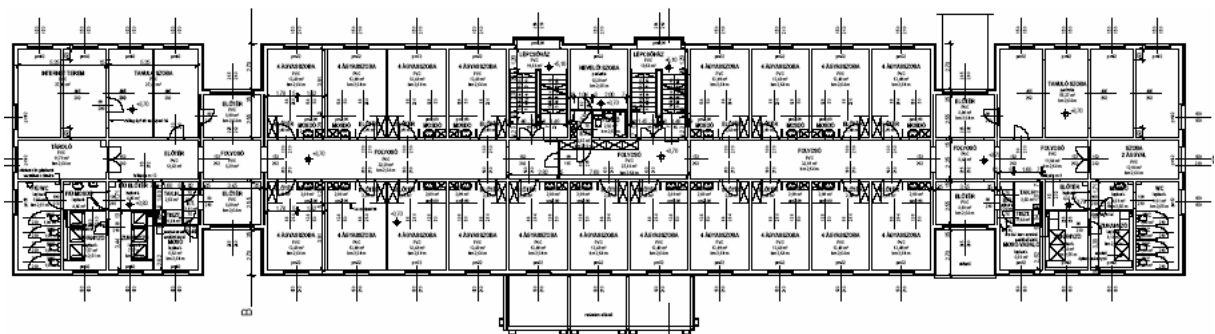
Panelépület axonometrikus képe

A fenti ábrán látható, ahogy az szinte evidens is hogy egy panelépület szint nagyságú elemekből épül fel. Ezek azonban általában épülettípustól, házgyártótól, a gyártás évétől függően más és más méretűek lehetnek. Ez főképpen a vízszintes méretekre igaz, mivel a magyar szabvány már hosszú évtizedek óta 2,50 méter minimális belmagasságot ír elő lakóépületekre, ami miatt általában 2,55 méter körüli méretűre tervezték a panelépületek belmagasságát. A szintek közötti teherhordó szerkezet és a burkolatok felülbecsülve további 0,25 métert igényeltek, ami összesen 2,8 méter átlagos magasságot eredményez. Az alábbi ábrákon egy szentesi panelos szerkezetű kollégium metszetével, alaprajzával és homlokzatával illusztrálom a felvett adatokat. Ebben a konkrét esetben 2,63m a belmagasság és 0,17m a födém szerkezet rétegtrendje.



5. ábra

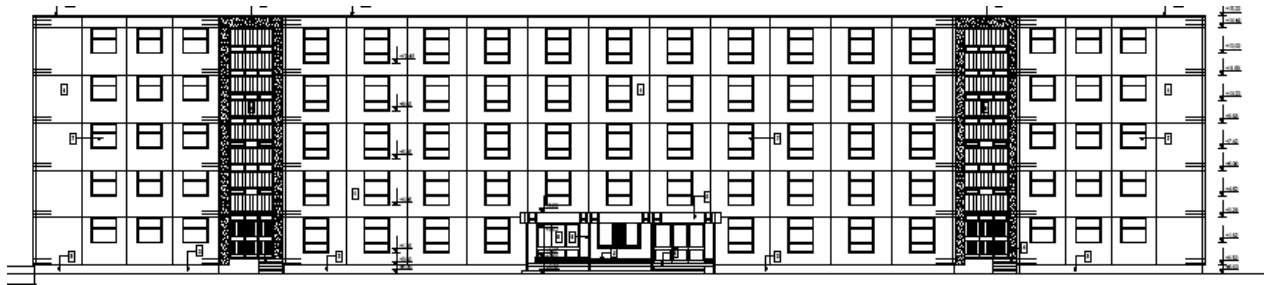
Szentesi Terney Béla Szakközépiskola kollégiumának metszete



6. ábra

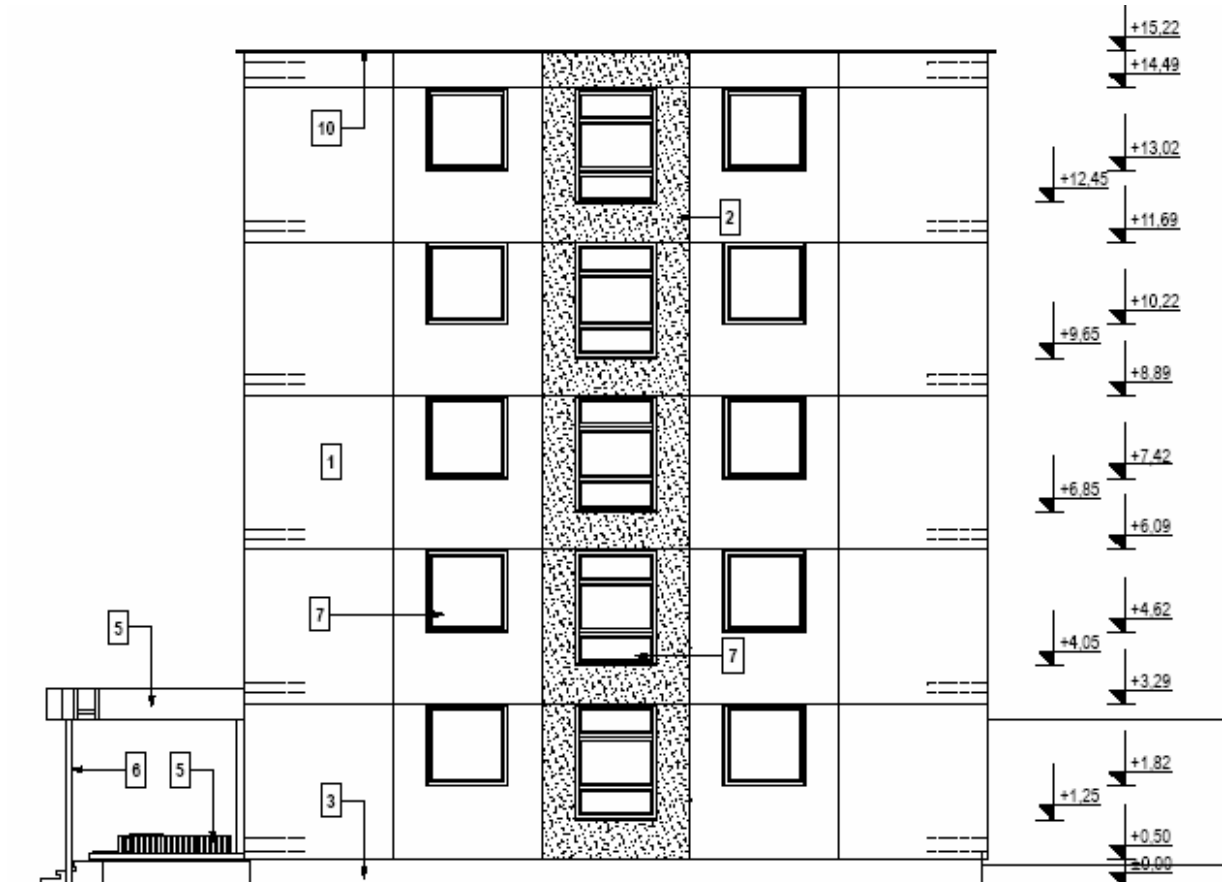
Szentesi Terney Béla Szakközépiskola kollégiumának alaprajza





7. ábra

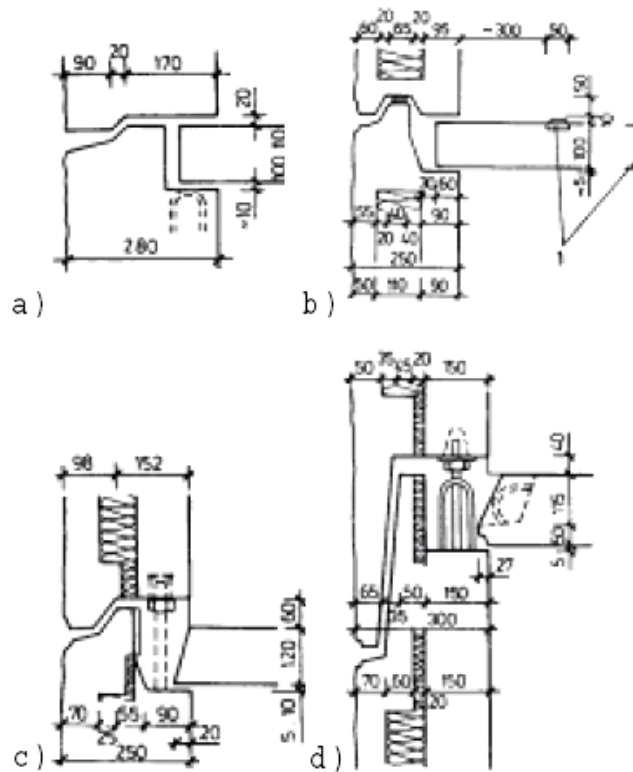
Szentesi Terney Béla Szakközépiskola kollégiumának nyugati homlokzata



8. ábra

Szentesi Terney Béla Szakközépiskola kollégiumának déli homlokzata

A műszaki dokumentációk alapján láthatjuk, hogy jó közelítéssel egy panel elem mérete  $3,60\text{m} \times 2,80\text{m} \times 0,25\text{m}$ , melyben a legtöbb helyen van egy  $1,50\text{m} \times 2,10\text{m}$ -es háromszárnyú álló formátumú ablak (8. ábra). Valamint a műszaki tervdokumentációból ismert hogy a vasbeton panelem maghőszigetelt kivitelezésű. Ez lényegében egy általában 6-8cm-es polisztirol hőszigetelő lap két 8-10cm-es vasbeton lap között, ami azonban a csatlakozásoknál jelentősen elvékonyodik<sup>c,d</sup>, illetve a régebbi típusoknál a csatlakozások mentén nincs is hőszigetelés<sup>a,b</sup> (9. ábra).



9. ábra

Panelépületek szerkezeti kialakításai

Az ábrán látható a legkorábbi kialakítású tömör vasbeton panel elem is ami végképp nem megfelelő és a belső oldalon páralecsapódás is fellép a téli időszakban, ami penészesedéshez vezet. Vizsgáljuk meg, hogy a homlokzat egy négyzetméterére mennyi hő áramlik ki egységnyi idő alatt egy négyzetméter felületen, a **4. Egyenlet** alapján az ábra b részén bemutatott esetben a hőhíd figyelmen kívül hagyásával, a következő adódik:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{a_i} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{a_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,05}{1,55} + \frac{0,065}{0,04} + \frac{0,095}{1,55} + \frac{1}{24}} = 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Ez az érték azonban csak a hőszigeteléssel ellátott részeken igaz, vizsgáljuk meg azokat a felületeket, ahol „hőhidas” a szerkezet, ami azt jelenti hogy bizonyos részeken lényegesen nagyobb a veszteség:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{a_i} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{a_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,21}{1,55} + \frac{1}{24}} = 3,31 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Látható, hogy ezeken a felületeken egy nagyságrenddel nő a veszteség. Ha figyelembe vesszük, hogy ezek a hőhidas csatlakozások a panel szélein körbe fellépnek egy 15cm-es felü-

leten akkor vizsgáljuk meg, hogy hogyan alakul egy panelre a hővesztesség filtrációs veszteséget nem számolva. Egy a korábbi példa kapcsán kiragadott 3,60m×2,80m-es panelt összefoglalva táblázatban az alábbi felületarányok adódnak, 15cm-es kerületi hőhiddal számolva.

	hőátbocsátási tényező W/m <sup>2</sup> K	felület m <sup>2</sup>	arány %
maghőszigetelt panelszerkezet	0,53	5,01	72
maghőszigetelés nélküli panelszerkezet	3,31	1,92	28
súlyozott átlag a falszerkezetre	1,30	6,93	100

### 5. Táblázat

Az egyesített szárnyú ablak hőhidas szerkezeteit nem részletezve a teljes panel felülete az alábbi hőátbocsátási tényezőket és arányokat kapjuk:

	hőátbocsátási tényező w/m <sup>2</sup> K	felület m <sup>2</sup>	arány %
nyílászáró (súlyozott érték)	2,70	3,15	31
falszerkezet (súlyozott érték)	1,30	6,93	69
súlyozott átlag a teljes panelre	1,74	10,08	100

### 6. Táblázat

Következő lépésként vizsgáljuk meg, hogy különböző vastagságú hőszigetelő rétegekkel milyen rétegtervi hőátbocsátási tényező javulást érhetünk el. Rendezve a **4. Egyenletet** az alábbi táblázatban foglalt értékeket kapjuk. Érdeemes megjegyezni, hogy a követelmények szigorodásával az újabb panelszerkezetek falszerkezete javult azonban így a fenti 1,3W/m<sup>2</sup>K-es érték felülbecsli a veszteségeket, ekkor:

$$U_{új} = \frac{1}{\frac{1}{U_{régi}} + \sum_j \frac{d_j}{l_j}} = \frac{1}{1,3 + \frac{d_j}{l_j}}$$

Eredeti hőátbocsátási tényező Wm <sup>2</sup> /K	Alkalmazott PS hőszigetelő rendszer vastagsága cm	Új rétegtervi hőátbocsátási tényező Wm <sup>2</sup> /K	Hozzávetőleges nettó költség Ft
1,3	10	0,31	5800
1,3	20	0,17	6800
1,3	30	0,12	8200*

\*becsült érték

### 7. Táblázat

A fenti táblázat új rétegtervi hőátbocsátási tényezőinek értéke hozzávetőleg 10%-kal javulnak, ha az eredeti hőátbocsátási tényező 0,7 Wm<sup>2</sup>/K, ami a további számítások során

kevésbé ad szignifikáns eltérést. Amennyiben pedig el szeretnénk érni 0,10 Wm<sup>2</sup>/K értéket 1,3 értékről az alábbi anyagokat és vastagságokat kell alkalmaznunk. Ezt csak azért részletezem, ha esetleg valakiben felmerülne hogy túl sok 30cm hőszigetelés alkalmazása. Jobb anyagokkal ezt a vastagságot csökkenteni lehet.

Eredeti hőátbocsátási tényező Wm <sup>2</sup> /K	Alkalmazott hőszigetelő rendszer anyaga	Hőszigetelő rendszer vastagsága cm	Új rétegtervi hőátbocsátási tényező Wm <sup>2</sup> /K
1,3	PS	36	0,10
1,3	PS grafit	32	0,10
1,3	PUR	22	0,10

### 8. Táblázat

Az ablakokra katalógusból kiválasztható modellezett, vagy mért értékek alapján választhatunk.

Ablak típusa	Egyenértékű hőátbocsátási tényező teljes szerkezetre* Wm <sup>2</sup> /K
Egyesítet szárnyú ablak (régi panelbeépítéseknel használt)	2,7
2 rétegű Argon töltésű low-E bevonatos 5 kamrás PVC ablak	1,2-1,8
3 rétegű Argon töltésű low-E bevonatos 5 kamrás PVC ablak	0,9-1,8

\*gyártmányfüggő érték

### 9. Táblázat

Az eddigiekben láthattuk, hogy a különböző vastagságú hőszigetelő rétegek és üvegezések értéke mekkora és mennyivel lehet javítani ezeken, az értékeken ésszerű határok között. Valószínűleg további hőszigetelő anyagok elterjedésével ez a paletta bővülni fog azonban ez megfelelő arra, hogy szemléltessem vele dolgozatom célját. Hozzávetőleg 25% költségtöbblettel a falakon átjutó hőveszteséget megfeleztük a jelenlegi szabványhoz képes, valamint hozzávetőleg 35%-os költségráfordítással megfeleztük a nyílászárókon kiáramló hőmennyiséget. A következőkben azt fogom áttekinteni, hogy ez mennyit tud spórolni egy panelépületre, egy lakásra, egy négyzetméterre lebontva.

A következő lépésben ahogy korábban említettem egy sematikus épület geometriát felvéve fogom megmutatni a konkrét energiaigény különbségeket a fenti eredeti és felújított szerkezetekkel. A földémszerkezetekre külön számítás nélkül azonos hőátbocsátási tényezőket fogok felhasználni az egyszerűsítés miatt. Azonban meg kell jegyezni, hogy a pincefödém hőszigetelése a korlátozott belmagasság miatt korlátokba ütközhet a használatától függően.

Egy aránylag kis panelépületet feltételezve az alábbi táblázatban összefoglalva a geometriai adatokat:

	5 emelet esetén panelek száma db		ablaktalan panelek száma db	fal/födém felülete m <sup>2</sup>	teljes ablakfelület m <sup>2</sup>	homlokzatonkénti teljes felület m <sup>2</sup>	üvegezett felület m <sup>2</sup>
keleti homlokzat	5×7=	35	0	242,55	110,25	352,8	81,585
nyugati homlokzat	5×7=	35	0	242,55	110,25	352,8	81,585
északi homlokzat	4×5=	20	15	185,85	15,75	201,6	11,655
déli homlokzat	4×5=	20	15	185,85	15,75	201,6	11,655
pincefödém	7×4=	28	28	282,24	0	282,24	0
lapostető	7×4=	28	28	282,24	0	282,24	0

**10. Táblázat**

	üvegezett felület m <sup>2</sup>	Éves sugárzási energia-hozam egységi felületre kWh/m <sup>2</sup> a	égtájankénti sugárzásos energiahozam kWh/a
keleti homlokzat	82	200	16317
nyugati homlokzat	82	200	16317
északi homlokzat	12	100	1166
déli homlokzat	12	400	4662
összesen	186	-	38462

**11. Táblázat**

Az épület nettó területe  $A_N=1130\text{m}^2$

Az épület belső térfogata  $V=3000\text{m}^3$

A fenti táblázat értékéből a **2. Egyenlet** alapján:

$$Q_{sd} = e \sum A_{ij} g Q_{TOT} = 0,75 \cdot 38462 = 28846 \text{ kWh/a két rétegű üveg esetén}$$

$$= 0,60 \cdot 38462 = 23077 \text{ kWh/a három rétegű üveg esetén}$$

Az épületben lévő hőhidakat egyszerűsítéssel átlag 30%-os korrekciós tényezővel figyelembe véve a hőhidak hatását számítjuk ki az a fajlagos hővesztességtényező egyszerűsített hőhídszámítással **1. Egyenlet** alapján táblázatosan megadva az eltérő hőszigetelések és üvegezések adataiból adódó értékeket, ekkor:

$$q = \frac{1}{V} \left[ \sum A_i U_i (1 + c_i) - \frac{Q_{sd}}{72} \right]$$

hőszigetelés nélkül régi kapcsolt szerkezetű ablakkal							
	A m <sup>2</sup>	(1+C)	U kW/m <sup>2</sup>	AU (1+C)	• A <sub>i</sub> U <sub>i</sub> (1+C <sub>i</sub> )	Q <sub>sd</sub> kWh/a	q W/m <sup>3</sup> K
A <sub>fal</sub>	857	1,4	1,30	1559	3144	23077	<b>0,941</b>
A <sub>üveg</sub>	252	1,4	2,70	953			
A <sub>födém</sub>	564	1,4	0,80	632			

hőszigetelés nélkül új 2 rétegű bevonatos üveggel kialakított nyílászáróval							
	A m <sup>2</sup>	(1+C)	U kW/m <sup>2</sup>	AU (1+C)	• A <sub>i</sub> U <sub>i</sub> (1+C <sub>i</sub> )	Q <sub>sd</sub> kWh/a	q W/m <sup>3</sup> K
A <sub>fal</sub>	857	1,4	1,30	1559	2827	23077	<b>0,835</b>
A <sub>üveg</sub>	252	1,4	1,80	635			
A <sub>födém</sub>	564	1,4	0,80	632			

hőszigetelés nélkül új 3 rétegű bevonatos üveggel kialakított nyílászáróval							
	A m <sup>2</sup>	(1+C)	U kW/m <sup>2</sup>	AU (1+C)	• A <sub>i</sub> U <sub>i</sub> (1+C <sub>i</sub> )	Q <sub>sd</sub> kWh/a	q W/m <sup>3</sup> K
A <sub>fal</sub>	857	1,4	1,30	1559	2509	23077	<b>0,730</b>
A <sub>üveg</sub>	252	1,4	0,90	318			
A <sub>födém</sub>	564	1,4	0,80	632			

10cm-es hőszigeteléssel és 2 rétegű bevonatos üveggel							
	A m <sup>2</sup>	(1+C)	U kW/m <sup>2</sup>	AU (1+C)	• A <sub>i</sub> U <sub>i</sub> (1+C <sub>i</sub> )	Q <sub>sd</sub> kWh/a	q W/m <sup>3</sup> K
A <sub>fal</sub>	857	1,3	0,26	290	1351	28846	<b>0,317</b>
A <sub>üveg</sub>	252	1,3	1,80	328			
A <sub>födém</sub>	564	1,3	0,26	734			

20cm-es hőszigeteléssel és 2 rétegű bevonatos üveggel							
	A m <sup>2</sup>	(1+C)	U kW/m <sup>2</sup>	AU (1+C)	• A <sub>i</sub> U <sub>i</sub> (1+C <sub>i</sub> )	Q <sub>sd</sub> kWh/a	q W/m <sup>3</sup> K
A <sub>fal</sub>	857	1,3	0,16	178	885	28846	<b>0,1616</b>
A <sub>üveg</sub>	252	1,3	1,80	590			
A <sub>födém</sub>	564	1,3	0,16	117			

20cm-es hőszigeteléssel és 3 rétegű bevonatos üveggel							
	A m <sup>2</sup>	(1+C)	U kW/m <sup>2</sup>	AU (1+C)	• A <sub>i</sub> U <sub>i</sub> (1+C <sub>i</sub> )	Q <sub>sd</sub> kWh/a	q W/m <sup>3</sup> K
A <sub>fal</sub>	857	1,3	0,16	178	590	23077	<b>0,0900</b>
A <sub>üveg</sub>	252	1,3	0,90	295			
A <sub>födém</sub>	564	1,3	0,16	117			

30cm-es hőszigeteléssel és 3 rétegű bevonatos üveggel							
	A m <sup>2</sup>	(1+C)	U kW/m <sup>2</sup>	AU (1+C)	• A <sub>i</sub> U <sub>i</sub> (1+C <sub>i</sub> )	Q <sub>sd</sub> kWh/a	q W/m <sup>3</sup> K
A <sub>fal</sub>	857	1,3	0,11	123	498	23077	<b>0,0592</b>
A <sub>üveg</sub>	252	1,3	0,90	295			
A <sub>födém</sub>	564	1,3	0,11	81			

12. Táblázat

A fenti fajlagos hővesztességtényező ( $q$ ) értékekből látható a teljes épület átlagos hőszigetelő képessége, valamint ez alapján számítható közelítő módszerrel a fűtési energiaigény. **7. Egyenlet** alapján ahol a hőfokhíd (a külső és a belső hőmérséklet különbségéből adódó idővel súlyozott átlag) és a fűtési órák száma rögzített érték, amit a 72 és a 4,4-es számok rögzítenek a mértékegységek átváltásából adódó számokat is beépítve. Először vizsgáljuk meg, hogy mekkora megtakarítást érhetünk el szellőzőgép nélkül. A légcsereszám fűtési szezonban  $n=0,5$  1/h, illetve a szakaszos üzem miatti korrekciós tényező,  $S = 0,9$  értéket vesznek fel.

$$Q_f = 72(q + 0,35n)S - 4,4q_b$$

szellőzőgép nélkül				
	fajlagos hőátbocsátási tényező $q$ w/m <sup>3</sup> K	Nettó fűtési energiaigény $Q_f$ kWh/m <sup>2</sup> a	Fajlagos energiaigény $q=Q_f/A$ kWh/m <sup>2</sup> a	Fűtési ener- giafelhasz- nálás eredeti hőigényhez képest %
hőszigetelés nélkül régi ablakkal	0,94	216970	192	100
hőszigetelés nélkül és 2 rtg üveggel	0,84	196395	174	91
hőszigetelés nélkül és 3 rtg üveggel	0,73	175819	156	81
10cm-es hőszigeteléssel és 2 rtg üveggel	0,32	95583	85	44
20cm-es hőszigeteléssel és 2 rtg üveggel	0,16	65404	58	30
20cm-es hőszigeteléssel és 3 rtg üveggel	0,09	51491	46	24
30cm-es hőszigeteléssel és 3 rtg üveggel	0,06	45504	40	21

### 13. Táblázat

Érdeemes áttekinteni a táblázatot és megvizsgálni a kapott értékeket a további számolás folytatása előtt. A számokból látható, hogy jól visszaadják a tapasztalati mért értékeket. Hőszigetelés nélkül 192 kWh/m<sup>2</sup>a éves fajlagos energiafogyasztást kaptunk, ehhez hozzávéve éves 30 kWh/m<sup>2</sup>a használati melegvízfogyasztást 222kWh/m<sup>2</sup>a értéket kapunk, ami szinte teljesen megegyezik a rendelkezésemre álló tavaly előtti szegedi fogyasztási adatokkal. Ez mutatja, hogy az egyszerűsített számolás ebben az esetben jól teljesít.

Az ablakcsere közel 10%-os energia megtakarítást jelent legalább, azonban ez az érték az eredeti ablak állapotától függően több lehet a filtrációs veszteség miatt. Hétköznapi szóhasználatnál, a szelelő, huzatos ablak lecserélésével télen a bejövő hideg levegő beáramlása megszűnik. Ez a tönkremenetel mértékétől is függ, mivel a huzat friss levegőt is biztosít, ami miatt a lakók ritkábban a szellőztetnek. A huzatos szerkezet azonban biztosan többet fogyaszt valamivel, mint a használók szellőztetése a szabályozhatóság hiánya miatt.

A **13. Táblázat** következő sorában szereplő 3 rétegű 2 low-E bevonatos üveg és egy jobb minőségű ablakkeret közel dupla annyi megtakarítást eredményez, mint a két rétegű

üvegezésű rosszabb hőszigetelésű keretszerkezettel ellátott nyílászáró. Azaz ha kevesebb, mint duplája az ára a jobb minőségű ablaknak akkor megéri a nagyobb költséggel járó beruházás a jobb szerkezetbe.

A táblázat harmadik sorában szereplő felújítás hasonlít valamelyest a jelenleg alkalmazott felújításokra. 10cm polisztirolhab hőszigetelő rendszer és 5 kamrás 2 rétegű low-E bevonatos üvegezés. Azonban a jelenlegi panelépületek felújításánál a pincefödém és a lapostető hőszigetelése általában nem kerül beépítésre, illetve felújításra, ami átlagosan 20kWh/m<sup>2</sup>a éves plusz felhasználással rontja ezt az értéket. Így a jelenlegi felújítások hozzávetőlegesen az eredeti felhasználást szűk 30%-kal csökkentik, hozzávetőlegesen 110 kWh/m<sup>2</sup>a éves értékre. Ez főképpen a pincefödém hőszigetelésénél igényel különös figyelmet a hőhidak, a korlátozott belmagasság és a tűzvédelmi szabványok miatt.

A táblázat negyedik sorából látszik, hogy 10cm helyett 20cm alkalmazása további 15% veszteség csökkenést okoz, azonban a hőszigetelés további növelése, illetve jobb üvegezés alkalmazása egyre kisebb csökkenést hoz magával a szellőzési veszteség dominálása miatt. Ráadásul érdemes szem előtt tartani hogy a használati melegvíz készítés átlagosan 30 kWh/m<sup>2</sup>a energiát igényel, valamint a hálózati veszteség és a szabályozásból adódó veszteség is 5-10 kWh/m<sup>2</sup>a körüli becsléssel vehetjük figyelembe a meglévő rendszertől függően. Azaz itt már ismét technológia váltás szükséges további megtakarítás eléréséhez. Ezt mutatja a **13. Táblázat** utolsó két sora. A kérdés azonban már másképp tehető fel. Ha alkalmazunk legalább 20cm hőszigetelést elérhető-e, hogy ne kelljen a nagy beruházási költséggel járó távfűtő rendszert felújítani, hanem helyette más technológiát alkalmazni. Ezért vizsgáljuk meg, hogy hogyan csökken a veszteség szellőztető gép alkalmazásával.

Érdemes röviden áttekinteni a szellőztető gép működését, majd nézzük meg, hogyan alakul az előző táblázat  $h=0,5$  és  $h=0,9$ , azaz 50%-os és 90%-os hatásfokú hővisszanyeréssel rendelkező gép esetén. A gép elég kisméretű, könnyen elhelyezhető szerkezet, melyből 20cm körüli befúvó és elszívó vezetékek vezetnek a szellőztetett helyiségekbe. A **11. ábra** egy padlástérbe épített gépet mutat. Panellakások esetében a konyhaszekrénybe vagy a közlekedő feletti plafon alá helyezhető el egy ilyen gép.

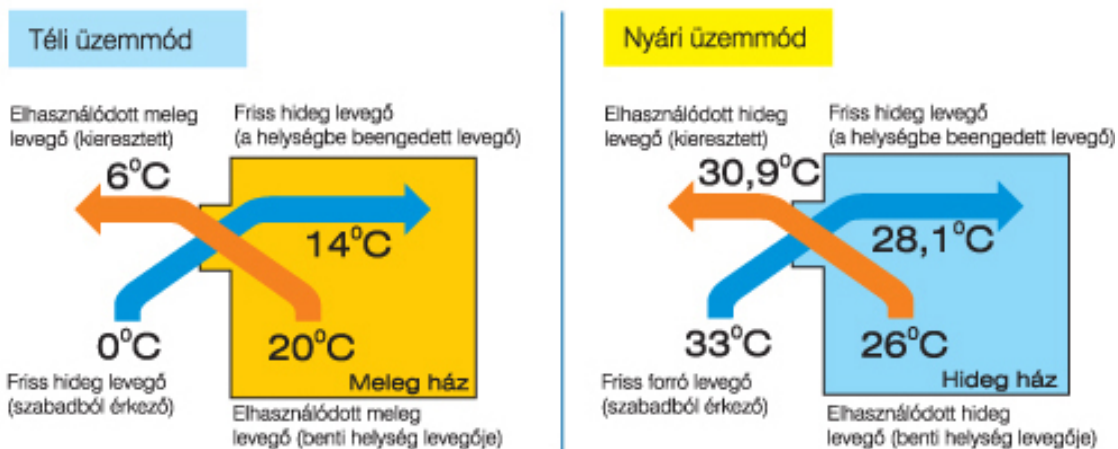




**10. ábra**

### Szellőztető berendezések

A gép egyik fő egysége a hőcserélő melyben, téli üzemmódban a kifúvott meleg levegő melegíti fel a beszívott hideg levegőt (**11. ábra**). Két ventilátor biztosítja a befúvást és az elszívást, így az elhasznált benti és a friss kinti levegő nem keveredhet a legtöbb géptípusban. A hőcserélő hatásfokának javításán túl további lehetőségek vannak a gép hatásfokának javítására az egyik ha a hőszivattyút telepítünk a gépbe, mely a a hőcserélő után a kifúvott levegőből nyeri vissza a hőt, melyet a befúvó ágba táplál. Másik lehetőség egy talajszondában vezetett fagyálló folyadékkal előmelegíthetjük a téli időszakban beszívott levegőt egy kalorifer segítségével. Így a talaj átlagos téli 14C fokos hőjével a kinti akár mínusz 10-15C fokos levegőt felmelegíthetjük 10-12C fokra. Ebben az esetben a hőcserélő alkalmazásával alig veszünk 2-3C fokot. Ha a két módszert kombináljuk, akkor pedig akár a fűtés is kiváltható jó minőségű hőszigetelő burok esetén.



11. ábra

Szellőztető működésének berendezések elvi ábrái

Egy egyszerű hőcserélő alkalmazásával 50%-os megtakarítást érhetünk el, a hőcserélő minőségének javításával ez az érték pedig akár 90% körüli is lehet, további levegő-levegő hőszivattyú és a talajhő hasznosítása esetén pedig légfűtéssel kiváltható a fűtés, illetve nyáron pedig a hűtés, ami szignifikáns számú épület felújítása esetén a nyári villamos csúcspotyogást csökkenti, amiből kifolyólag nem lenne szükséges akkora csúcserőművi teljesítmény sem. Konzervatív számítással csak 50 illetve 90%-os hatásfokokkal fogom folytatni számításaimat.

A szellőzőgép rendszerének ismertetése után nézzük meg hogyan változnak a **13. Táblázat** értékei. A **7. Egyenlet** alapján látható, hogy a légcseréből adódó veszteségét kifejező tagja a szellőzőgép hővisszanyerőjének hatásfokával arányosan csökken. Így, bevezetve  $\eta$  hatásfok tényezőt a következő táblázatokban összefoglalt fogyasztási értékeket kapjuk az alábbi egyenlettel számolva

$$Q_f = 72(q + 0,35(1-\eta)n)s - 4,4q_b.$$

50%os hatásfokú hővisszanyerős szellőzőgép alkalmazásával				
	fajlagos hőátbocsátási tényező $q$ $W/m^3K$	Nettó fűtési energiaigény $Q_f$ $kWh/m^2a$	Fajlagos energiaigény $q=Q_f/A$ $kWh/m^2a$	Fűtési ener- giafelhasz- nálás eredeti hőigényhez képest %
hőszigetelés nélkül régi ablakkal	0,94	199960	177	92
hőszigetelés nélkül és 2 rtg üveggel	0,84	179385	159	83
hőszigetelés nélkül és 3 rtg üveggel	0,73	158809	141	73
10cm-es hőszigeteléssel és 2 rtg üveggel	0,32	78573	70	36
20cm-es hőszigeteléssel és 2 rtg üveggel	0,16	48394	43	22
20cm-es hőszigeteléssel és 3 rtg üveggel	0,09	34481	31	16
30cm-es hőszigeteléssel és 3 rtg üveggel	0,06	28494	25	13

#### 14. Táblázat

90%os hatásfokú hővisszanyerős szellőzőgép alkalmazásával				
	fajlagos hőátbocsátási tényező $q$ $W/m^3K$	Nettó fűtési energia- igény $Q_f$ $kWh/m^2a$	Fajlagos energia- igény $q=Q_f/A$ $kWh/m^2a$	Fűtési ener- giafelhasz- nálás eredeti hőigényhez képest %
hőszigetelés nélkül régi ablakkal	0,94	186352	165	86
hőszigetelés nélkül és 2 rtg üveggel	0,84	165777	147	76
hőszigetelés nélkül és 3 rtg üveggel	0,73	145201	128	67
10cm-es hőszigeteléssel és 2 rtg üveggel	0,32	64965	57	30
20cm-es hőszigeteléssel és 2 rtg üveggel	0,16	34786	31	16
20cm-es hőszigeteléssel és 3 rtg üveggel	0,09	20873	18	10
30cm-es hőszigeteléssel és 3 rtg üveggel	0,06	14886	13	7

#### 15. Táblázat

A 14. Táblázat és 15. Táblázat táblázatok esetében a felújítás előtt értékhez van viszonyítva a százalékos arány a könnyebb összehasonlíthatóság végett. Látható, hogy hőszigetelés nélkül nem domináns a szellőzési hőveszteség megspórolása. Az is kitűnik, hogy a szellőzőgép hatásfoka is csak a kifejezetten jó minőségű hőszigetelési teljesítmény elérése esetében válik meghatározóvá. Továbbá látható, hogy a mai technológia adta lehetőségeket kihasználva el lehet érni az eredeti fogyasztás kevesebb, mint tized részét.

A használati melegvíz készítés átlagosan 30kWh/m<sup>2</sup>a éveses fogyasztása láthatóan már ebben az esetben vetekszik, illetve meghaladja egy jól hőszigetelt szellőztető berendezéssel ellátott épület fogyasztását. Részletes számítás nélkül becsljük meg, hogy csak napkollektorok alkalmazásával mennyivel lehet ezt az értéket csökkenteni. Durván a téli 4 hónap kivételével egy jól méretezett napkollektor megfelelő puffertartállyal megtermeli a szükséges me-

legvizet, ami azt jelenti, hogy az év kétharmadában nincs vízmelegítési költségünk 10 kWh/m<sup>2</sup>a éves fogyasztásra csökken.

Figyelembe véve a használati melegvíz készítés és a fűtés energiaigényét a felújítás előtti 220 kWh/m<sup>2</sup>a éves fogyasztás műszaki lehetőségektől függően lecsökkenthető 30-40 kWh/m<sup>2</sup>a értékre. Meg kell azonban jegyezni, hogy a felhasznált sematikus példában nem vettem figyelembe az erkélyek és lodzsák műszakilag igen nehezen, vagy drágán hőszigetelhető eseteit, amit hozzáépítéssel, vagy üvegezéssel lehet megoldani. Ez számos esetben spontán módon is elindul a lodzsák szakszerűtlen beüvegezésével. Ezek azonban már inkább technikai, építészeti problémák.

Meg kell még jegyezni, hogy a számítások során nem vizsgáltam a nyári túlmelegedés kockázatát. Biztos hogy túlmelegszik egy jól hőszigetelt épület, jól hőszigetelt ablakokkal. Ezt csak külső árnyékolástechnikával lehet elkerülni. Praktikusan például az elterjedt redőnyrel, vagy az utóbbi időben a Magyar piacon is elterjedőben lévő kültéri zsalúziával, ami egy relaxáéhoz hasonló állítható árnyékoló szerkezet.

Érdeemes egy szemléletes példával rávilágítani arra is, hogy mit jelent például a **15. Táblázat** egyik sorában a 20cm-es hőszigeteléssel és 2 rétegű low-E bevonatos üvegezésű nyílászárókkal felújított 90%-os hatásfokú szellőzőgéppel ellátott lakás 31 kWh/m<sup>2</sup>a éves fogyasztása. Egy 50m<sup>2</sup>-es két szobás lakás esetében ez 1550kWh. Figyelembe véve, hogy a földgáz fűtőértéke 9,7-12,5kWh/m<sup>3</sup> közötti érték ez az 1550kWh 150m<sup>3</sup> földgázfogyasztást jelent. Ha fűtőolaj tüzelésével szeretnénk ugyanezt fedezni, figyelembe véve a fűtőolaj 11,2-11,9kWh/kg fűtőértékét és sűrűségét, mely 0,9-0,92kg/dm<sup>3</sup> az éves fogyasztás 150liter. Ha pedig ezt szárított fával szeretnénk fedezni, akkor ezt akkor 4,2kWh/kg fűtőértéket figyelembe véve 350kg fa elégetése évente. Kőszénből pedig 170kg fedezné ugyanezt a szükségletet. Ebből látszik, hogy egyáltalán nem mindegy, hogy még lejjebb tudjuk e vinni a fogyasztást akár ennek a felére melyet a **15. Táblázat** legalsó sora jelez. Vészhelyzetben, ha szükséges 100-200kg tüzelőanyag begyűjtése még megoldhatónak tűnik. Vagy ha például szalma eltüzelésével szeretnénk kiszolgálni kisvárosokban megoldani ezt a fűtési igényt a tárolása még megoldható a városban, hiszen ez lakásonként 4 bála szalma, ha ezt még tovább tömörítjük szalmabirketté, ami 400kg/m<sup>3</sup> sűrűségű, az azt jelenti hogy egy ilyen hőszigeteléssel rendelkező lakást 0,5-1m<sup>3</sup> megújuló energiaforrásból kifűthetünk.

## Költségek és várható haszon

Érdemes átgondolni a fenti felújítási lehetőségek költségeit és hasznait is. Jelenleg egy panellakás felújítására hozzávetőlegesen bruttó 1-1,2 millió forintot költenek. Kérdés, hogy ezt megduplázva meg lehet-e oldani egy olyan felújítást, amiben három rétegű jó keretű ablak, 10cm-rel vastagabb hőszigetelés és szellőztető berendezés is van. A **7. Táblázat** alapján látható hogy a dupla olyan vastag hőszigetelés ára nem több mint másfélszeres árú. Ezt az árkülönbözetet feltételezhetjük az ablakra is, ha kiépül ilyen minőségű ablakok hazai gyártókapacitása. Ez összesen hozzávetőleg bruttó 500 ezer forint plusz költséget jelent átlagosan lakásonként. További költség a szellőztető gép és annak légvezetékei, ami egy 2-3 szobás lakás esetén 600-700 ezer forintra rúgnak. (Példaként kiemelve egy a Magyar piacon kapható szellőztető gépet Anico AF1-25RX3 modell bruttó 275000 Ft hatásfok 75%) Ez nagyon szűkösen megoldható az eredeti költség duplájából. Ebben viszont nincs benne a napkollektoros rendszer kiépítése és a fennmaradó fűtési igény kiszolgálása. A fennmaradó fűtési igény viszont olyan kicsi hogy lépcsőházanként egy kisméretű kondenzációs gázkazán és egy nagyméretű puffertartály felszerelésével megoldható ennek az igénynek a kiszolgálása. Vagy ezt az igényt meg lehet oldani blokkonként kis gázmotorokkal, amit akár távvezérelve el lehet indítani az áramfogyasztás csúcsidőszakaiba, amikor a puffertartályba el lehet raktározni a gép által termelt hőt és akár fél nappal vagy egy nappal később felhasználni. Az azonban biztos, hogy nincs szükség ilyen fogyasztás csökkenés mellett igen nagy beruházási költséggel felújítani a meglévő távhőszolgáltató rendszert. Egy további finanszírozási forrás lehet a széndioxid kvóta eladási lehetősége, mivel a távhő cégek gázfogyasztásának csökkenésével jelentősen csökkenne a kibocsátott széndioxid mennyiség is.

Nézzük meg, mennyibe kerülne, ha egy ilyen felújítást szeretnénk közel 500 ezer panellakás esetén véghezvinni. 2,5 millió per lakás költséggel számolva 1250 milliárd forint. Ez egy tíz éves program keretében megvalósítani 125 milliárd forint évente. Érdemes megnézni azt is, hogy mennyiben kerül ez az államnak. Ha csak az ÁFA értékét megtéríti az állam akkor ez csak 100 milliárd forint per év, azonban az adóterhek ennél jóval nagyobb egy beruházásnak, a személyi jövedelemadó, a szállítási költségek adóterhei legalább hasonló nagyságrenddel növelik az adóterhet. Ezen költségek megváltoztatása azonban már gazdaságpolitikai kérdés, viszont látható hogy ez a nagyságrend előteremthető, ez szándék kérdése. A hétköznapi gyakorlatban most a panelprogram keretében egy 50 négyzetméter körüli két szobás lakás felújításakor az 1-1,2 milliós lakásonkénti összeget három harmadra osztják, mely-

ből egyharmadot az állam, egyharmadot az önkormányzat és egyharmadot a lakók fizetnek, azaz egy háztartásra hozzávetőlegesen 400 ezer forint költség jut, ami az esetenként havi 15 ezer forint körüli hődíjat 10 ezer forint körülire csökkenti. A lakó számára ez egy 5 év alatt megtérülő költség, mivel a spórolás évente hozzávetőleg 60 ezer forint. Ha a felújítási költség felmenne 2,5-3 millióra egy ilyen lakás esetében ez 750 ezer-egymillió közötti költség terhelne egy-egy lakást. Ez a lényegesen jobb minőségű felújítás esetében például egy eredetileg 15 ezer forintos rezsiköltséget 2-3 ezer forintra csökkentene. Ez évi 160 ezer forintos csökkenést eredményez a hődíjban. A lakónak ez szintén hozzávetőleg 5 év alatt megtérülő költség. Látható hogy alapvetően a probléma megoldása visszavezethető arra, hogy megvan-e a kezdeti tőkénk a beruházáshoz. Ez az önrész azonban sokak számára nem áll rendelkezésre. Másfelől azonban ez egy olyan beruházás, ami egy válság idején is „termel” hiszen a kiadásokat jelentősen csökkenti. Ez igen komoly tényező lehet nemzetgazdasági szinten is, hiszen a magyarországi energiafogyasztás 60%-át a lakosság fogyasztja el. Ebből a lakossági fogyasztásból pedig 54% megy el fűtésre és 11% melegvíz készítésre. Azaz átlagosan 40%-a az ország teljes energiafogyasztásának lakások fűtésére és melegvíz készítésére megy el. Ezt a fogyasztást lehet lecsökkenteni felújítástól függően 50-90%-kal. Ez a felújítás, ha a teljes épületállományra megoldható lenne, a teljes magyarországi energiafogyasztás 34%-os csökkenését eredményezné. Csak az általam vizsgált az ország lakásállományának 12,5%-át kitevő panel épületek esetében 4,3% országos energiafogyasztás csökkenést eredményezne. Ebbe a számba azonban még nem számoltuk bele az egyre növekvő villamosenergia-fogyasztás csökkenést sem, ami a nyári hűtési igényből adódik.

## **Konklúzió**

Egy-egy épület jelentős az épületgépészetet is érintő felújítására, ritkán kerül sor. Egy épület átlagos 100 éves élettartalmával számolva kétszer, azaz hozzávetőleg harmincévenként. Magyarországi panelépületeink esetében már elérkezett az első komoly felújítás ideje és megkezdődött a munka. A számok tükrében azonban megfontolandó jobb hőszigetelést és kisebb decentralizáltabb fűtési rendszereket alkalmazni az épületekben. A számolt fogyasztási adatok azt jelzik, hogy érdemesebb legalább 20cm-es vastagságú polisztirolhab hőszigetelést alkalmazni vagy azzal egyenértékű egyéb hőszigetelő-anyagot, illetve jobb minőségű 3 rétegű üvegezéssel ellátott nyílászárókat beépíteni. Ez biztosíthatja egy akár később beszerelt szelölőztető gép jó hatásfokú működését, valamint megadja a lehetőséget arra, hogy decentralizálhassuk a fűtési rendszert, vagy könnyebben megújuló forrásokra például szalmabrikett fűtésre, vagy fatüzelésre térjünk át. A jelenlegi technológia mellett ez egy reálisan megvalósítható alternatívát jelent, ezért érdemes a magyar szabványokat minél hamarabb szigorítani, vagy a pályázatoknál erősebb ösztönző rendszert beépíteni, hogy a jelenlegi felújítási stratégia ne okozzon a későbbiekben a nagy központosított hálózatok felújítási igénye miatt jelentős többletköltséget.

## Ábrajegyzék

1. ábra Az épületek energia tanúsításának minőségi osztályai.....	3
2. ábra A fajlagos hővesztességtényező követelményértéke.....	5
3. ábra Átlagos hőátbocsátási tényező követelményértékei.....	6
4. ábra Panelépület axonometrikus képe.....	14
5. ábra Szentesi Terney Béla Szakközépiskola kollégiumának metszete.....	15
6. ábra Szentesi Terney Béla Szakközépiskola kollégiumának alaprajza.....	15
7. ábra Szentesi Terney Béla Szakközépiskola kollégiumának nyugati homlokzata.....	16
8. ábra Szentesi Terney Béla Szakközépiskola kollégiumának déli homlokzata.....	16
9. ábra Panelépületek szerkezeti kialakításai.....	17
10. ábra Szellőztető berendezések.....	24
11. ábra Szellőztető működésének berendezések elvi ábrái.....	25



## **Források**

Introduction to Architectural Science, The Basis of Sustainable Design, Steven V Szokolay, Elsevier, Oxford , 2004

Az új épületenergetikai szabályozás, Baumann Mihály, Dr. Csoknyai Tamás, Dr. Kalmár Ferenc, Dr. Magyar Zoltán, Dr. Majoros András, Dr. Osztroluczky Miklós, Szalay Zsuzsa, Prof. Zöld András, megjelent a BAUSOFT Pécsvárad Kft. Gondozásában. 2006

Energiatudatos Építészet, Zöld András, Műszaki Könyvkiadó 1999

Épületenergetika, Zöld András, Műegyetemi Kiadó,1995

Ember, Épület, Energia, Bánhidi László, Akadémiai Kiadó Budapest 1994

Magyar Szabvány 140/1-4 Épületek és épülethatároló szerkezeteinek hőtechnikai számításai, Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium, Budapest, 1978

Passive häuser, Judith Schmuck, Bewährte Konzepte und Konstruktionen, W. Kohlhammer Verlag, Stuttgart, 2007

Ratgeber energiasparendes Bauen, Thomas Königstein, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2004

Ökologische Gebäudetechnik, Drick Bohne, W Kohlhammer Verlag, Stuttgart, 2004

Alacsony Energiájú Épületek, Othomar Humm, Dialóg campus, Budapest-Pécs, 2003

## **Internetes források**

<http://hu.wikipedia.org/>

<http://www.labaro.hu/>

<http://www.anico-keszhazak.hu/legtechnika>

## NYILATKOZAT

Alulírott Abou-Abdo Tamás Fizika BSc szakos hallgató (ETR azonosító: ABTMAAT.SZE) az **Energiamegtakarítási lehetőségek panelházak korszerűsítésével** című szakdolgozat szerzője fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem, hogy dolgozatom önálló munkám eredménye, saját szellemi termékem, abban a hivatkozások és idézések általános szabályait következetesen alkalmaztam, mások által írt részeket a megfelelő idézés nélkül nem használtam fel.

Szeged, 2009. május 14

.....  
**Abou-Abdo Tamás**