

# Épületek energetikai felújításának optimalizálása

**Az épületek energetikai felújítása nagyon sokrétű lehet, ezért fontos, hogy valamennyi lehetőséget megvizsgálva válasszuk ki az adott feladtnál optimális megoldást.**

**É**rdeemes először azt megvizsgálni, hogy egyáltalán milyen motivációk vannak, amelyek a felújításra ösztönöznek valakit:

- Talán a legfontosabbak egyike a kényszer. A 7/2006. (V.24.) TNM-rendelet tartalmazza a számítási módszert, a követelményértékeket az újonnan épülő és felújításra kerülő épületekre vonatkozóan. A 176/2008. (VI.30.) Korm. rendelet az épületek energetikai tanúsításának szabályai mellett az érintett épületek körét írja elő. Mindkettő európai uniós előírás alapul, és a cél az, hogy a legnagyobb energiafogyasztású szektorban, az épületállományánál lehessen energia megtakarító intézkedéseket elérni.
- Ugyanilyen fontos motiváció lehet az épület üzemeltetőjének felismerése, hogy a növekvő energiaárak, az épületüzemeltetési költségek emelkedésének hatékony ellenszere lehet ez az intézkedés. Sok esetben rövid idő alatt megtérülő beruházásokról lehet beszélni, tehát gazdaságilag is megalapozottak ezek az intézkedések. Ezt a motivációt erősítheti, ha pályázati pénzekkel a megtérülési idők tovább csökkenthetők.
- Az épület leromlott állaga amúgy is megköveteli a rekonstrukciót, ez egybeköthető az energetikai rekonstrukcióval is. Így olyan intézkedések is megtörténhetnek, amelyek önmagukban energetikailag nem eléggé hatékonyak. Általában 20–30 évenként szükséges egy épület rekonstrukciója, tehát hazánkban számos olyan épület van, amely megérett erre a feladatra.
- A lakók magasabb komfortigénye is kiválthatja ezt a döntést.
- A lakók környezettudatos gondolkodása eredményeként megújulóenergia-források alkalmazása kapcsán történik energetikai felújítás.

## Számítási módszer

Az épületenergetika rendeletben szereplő számítási módszert az jellemzi, hogy az épületre jellemző integrált energiameérleget határozza meg. Figyelembe veszi az épület és az épületszerkezet tulajdonságai mellett a gépészeti rendszerek fogyasztását, csökkentő tételként számol az épület benapozásából származó hőnyereséggel, a belső hőforrásokból származó energiával, illetve adott esetben az aktív szoláris rendszerekből, vagy a kapcsolt energiatermelésből származó nyereségeket is figyelembe veszi.

A számítási módszer előnye – komplexitása mellett – az, hogy standard meteorológiai viszonyok és standard felhasz-

nálói szokások figyelembevételével történik. Ez biztosítja az egyes épületek objektív összehasonlíthatóságát. Különösen akkor fontos, ha az adás-vétel tárgyát képező ingatlan energetikai tanúsítása történik, mert az új tulajdonos más szokásai miatt más lesz az energiafelhasználás, miközben a tanúsított épület energetikai tulajdonságai cseppet sem változtak.

A standard szokások figyelembevétele természetesen egyúttal hátrány is, mert adott esetben az épület tényleges energiafogyasztási számlái azért térnek el a számított értékektől, mert a felhasználó hatása erős. Ha ez kideríthető, és a befolyása markánsan növeli a fogyasztást, akkor hasznos tanácsokkal érdemes megtanítani őt az energiatudatos használatra. Ilyenkor gyakran mindenféle költség nélkül is jelentős energiamegtakarítás érhető el.

Egy-egy beavatkozásnak a hatása több tényezőn keresztül jelentkezik. Példaként következzen egy épületszerkezet hőszigetelésének hatása, amely háromféle formában is megnyilvánul.

A legmarkánsabb hatás a fajlagos hőveszteség-tényezőn keresztül a nettó fűtési energiaigény csökkenése. A fajlagos hőveszteség-tényező számítására szolgáló összefüggés:

$$q = \frac{1}{V} \left( \sum AU + \sum \Psi - \frac{Q_{sd} + Q_{sid}}{72} \right) \quad [W / m^3 K] \quad (1)$$

ahol:

- q a fajlagos hőveszteség-tényező, W/m<sup>3</sup>K
- V az épület fűtött légtere, m<sup>3</sup>
- A a külső határoló szerkezet felülete, m<sup>2</sup>
- U a külső határoló szerkezet hőátbocsátási tényezője, W/m<sup>2</sup>K
- l a hőhíd hossza, m
- Ψ a hőhíd vonalmenti hőátbocsátási tényezője, W/mK
- Q<sub>sd</sub> a direkt sugárzási hőnyereség, kWh/m<sup>2</sup>a
- Q<sub>sid</sub> az indirekt sugárzási hőnyereség, kWh/m<sup>2</sup>a

A nettó fűtési energiaigény számítására szolgáló összefüggés:

$$Q_F = VH[q + 0,35n(1 - \eta_r)]\sigma - Z_F A_N q_b \quad (2)$$

ahol:

- Q<sub>F</sub> a nettó fűtési energiaigény, kWh/a
- V az épület fűtött légtere, m<sup>3</sup>
- H az éves fűtési hőfokhíd ezredrésze, hK/1000a
- q a fajlagos hőveszteségtényező, W/m<sup>3</sup>K
- n az átlagos légcserezszám, 1/h
- l a hőhíd hossza, m
- η<sub>r</sub> a szellőzőrendszerbe épített hővisszanyerő hatásfoka,
- σ a szakaszos üzemvitel hatását kifejező korrekciós tényező

$Z_F$  a fűtési idény hosszának ezredrésze, h/1000a  
 $A_N$  az épület fűtött alapterülete, m<sup>2</sup>  
 $q_b$  a belső hőterhelés fajlagos értéke, W/m<sup>2</sup>

Az összefüggésekből jól látható, hogy az U-érték csökkenése a fajlagos hőveszteség-tényező csökkenését, és azon keresztül a nettó fűtési energiaigény csökkenését eredményezi. További hatás, hogy a hőszigetelés a fűtési hőfokhíd és a fűtési idény hosszának csökkenését eredményezi. Ez az egyensúlyi hőmérséklet-különbségen keresztül figyelhető meg:

$$\Delta t_b = \frac{Q_{sd} + Q_{sid} + A_N q_b}{\sum AU + \sum \Psi + (1 - \eta_r) 0,35 nV} + 2 \quad [^{\circ}C] \quad (3)$$

Az összefüggésben szereplő változók jelentése a másik két összefüggésben már szerepelt. A fűtési határhőmérséklet ennek felhasználásával:

$$t_h = t_b - \Delta t_b \quad [^{\circ}C] \quad (4)$$

ahol:

$t_h$  a fűtési határhőmérséklet, °C  
 $t_b$  az átlagos belső hőmérséklet, °C  
 $\Delta t_b$  az egyensúlyi hőmérséklet-különbség, °C

A hőátbocsátási tényező csökkenése a nevezőben jelentkezik, tehát az egyensúlyi hőmérsékletkülönbség nő. Ennek viszont az a következménye, hogy a fűtési határhőmérséklet csökken, így a számításban figyelembe vehető fűtési idény hossz és a hőfokhíd egyaránt csökken, mindkettő a nettó fűtési energiaigény csökkenését eredményezi.

Már kevésbé nyilvánvaló a szigetelés energiafelhasználást csökkentő harmadik hatása. A szigetelés következtében a szerkezet belső felületi hőmérséklete télen emelkedik, ezért az ugyanolyan hőérzet biztosításához szükséges helyiség-hőmérséklet csökkenthető. Az előző összefüggés értelmében, ha csökken a belső hőmérséklet, akkor a fűtési határhőmérséklet is csökken. Ugyancsak csökken a hőfokhíd értéke, így előzőek értelmében ez is a nettó fűtési energiaigény csökkenését eredményezi.

Az épületszerkezetek hőszigetelésével jelentkező hatások tehát komplex módon jelennek meg. Hasonlóan komplex az egyes épületgépészeti rendszerek felújításának hatása. A számításokat tovább bonyolítja, ha egyszerre több beavatkozás hatását kívánják együtt követni.

### Optimalizálás

A WinWatt programcsomag energetikai moduljához kifejlesztett optimalizáló eljárás feladata a többféle variáció együttes menedzselése. A programrész feladata, hogy az energetikai számításat valamennyi lehetséges variációra végrehajtva, lehetőséget nyújtson az egyes beavatkozások hatásának elemzésére.

A modul 1. képernyőjének bal felső táblázata az épület külső határoló szerkezeteinek összefoglaló táblázata (1. ábra).

Szerkezet megnevezése	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	l [m]	Ψ [W/m <sup>2</sup> K]	AU+Ψ [W/K]	AU/CAU [%]	N	Szerkezet megnevezése	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	AU+Ψ [W/K]	ΔAU [%]
1. sz. 2. lépcsőházi ajtó	23,76	2,1	-	-	49,9	3,2	-	Külsőfal 38 + 5 cm	12300	0,528	422,9	4,742
Külsőfal 38	633,34	1,51	-	-	1047	67,8	4	Külsőfal 38 + 8 cm	12750	0,840	305,1	5,438
Pincefal	1814	-	6,8	0	0	0,0	-	Külsőfal 38 + 10 cm	13500	0,960	258,5	5,472
Pinceabdóm	117,31	2,15	-	-	120,8	7,8	2	Külsőfal 38 + 15 cm	14200	0,845	187,2	5,659
Pincepadló	18,57	-	3,4	0,45	1,521	0,1	-					
Tetőabdóm	143,23	0,74	-	-	106	6,9	-					
külső ablakok	64,98	2,5	-	-	162,5	10,5	2					
külső ajtó	26,46	2,1	-	-	55,57	3,6	-					

1. ábra. A szerkezet változtatások kezelésére szolgáló táblázat

Ebben nyomon követhető, hogy az egyes szerkezetek felülete mennyi, mekkora az AU-érték, illetve a teljes transzmissziós részből mekkora részt képvisel. Ez utóbbi jól jelzi, hogy mely szerkezeteknél érdemes beavatkozni.

A szerkezetek rétegrövidjéről felületen lehetőség van a számításba kerülő beavatkozások új tervezett rétegrövidjének megadására, majd a beavatkozások adott szerkezethez rendelésére. A képernyőkép bal oldali táblázatának utolsó oszlopában látható, mely szerkezethez hány lehetséges alternatíva van megadva. Jelen példában a külsőfal-szigetelés 4 különböző vastagsággal szerepel. A jobb oldali táblázatban a külső fal szigetelésének ára, az azzal elérhető fajlagos csökkenés követhető nyomon.

Továbbá a gépészeti rendszerek változtatásait leíró oldalra, ismét a rekonstrukciók alternatívái vannak megadva (2. ábra).

Rendszer típusa	Q [MW/h]	q [kW/m <sup>2</sup> g]	N	Rendszer megnevezése	Á [€]	Csoportjel	Leírás
Fűtési rendszer	152,0	241,64	3	Kondenzációs kazán	2400,0	1	
Melegvíz-term...	24,3	38,60	2	Termosztikus szelep	450,0		
				Kondenzációs kazán + Termosztikus...	2700,0	2	

2. ábra. A gépészeti rendszerek változtatásának kezelésére szolgáló táblázat

A példában szereplő 15 lakásos társasházban egyedi kombi gázkazános rendszerek vannak. Az egyik rekonstrukciós javaslat a kazánok cseréje kondenzációs kazánra, ami mind a fűtési rendszert, mind a használati melegvíz-készítést befolyásolja. Másik alternatíva a helyiségenkénti szabályozás biztosítása termosztatikus szelepekkel, míg a harmadik változatban mindkettő együttesen szerepel. Az átalakítások becsült költségét itt is meg kell adni.

Energiahordozók fajlagos költsége	Érték	Energiahordozók fajlagos CO2 kibocsátás értékei [g/kWh]	Érték
elektromos áram [Ft/kWh]	45,8	elektromos áram	365
csúcson lévő elektromos áram [Ft/kWh]	29,1	csúcson lévő elektromos áram	365
földgáz [Ft/MJ]	4,01	földgáz	203
tűzelőanyag [Ft/MJ]	7	tűzelőanyag	279
szén [Ft/MJ]	2,15	szén	377
fűtőanyag távfűtés [Ft/MJ]	4,5	fűtőanyag távfűtés	273
távvezetési hálózati energiatermelés [Ft/MJ]	3,5	távvezetési hálózati energiatermelés	273
tűzfa, biomassa [Ft/MJ]	1,7	tűzfa, biomassa	0

3. ábra. Az energiahordozók költsége és CO<sub>2</sub>-kibocsátása

Ezután következnek az energiahordozók árának és a fajlagos CO<sub>2</sub>-kibocsátások megadása (3. ábra).

Innen továbblépve a program valamennyi lehetséges variációt végigszámolja, a számítási eredményeket táblázatosan jeleníti meg (4. ábra).

4. ábra. Az optimalizálás eredményeit bemutató táblázat

A táblázatban az adott variáció rövid jelzést kap, amelynek kifejtése a jobb oldalon látható. A kijelölt variációnál a program három beavatkozást vizsgált, a külső fal és pincefödém szigetelése mellett a termosztatikus szelepek cseréjét.

A táblázatban az egyes variációk beruházási költsége, a becsült éves üzemeltetési csökkenés, a megtérülési idő, a CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkenése, és az elérhető energetikai besorolás jelenik meg.

Lehetőség van különböző szempontok szerinti sorba rendezéssel, törlésekkel a fontosnak ítélt alternatívák kigyűjtésére.

Az optimális alternatíva kiválasztása a felhasználó feladata, mert az optimalizálásnál nem csupán a gazdasági kérdés, a megtérülési idő lehet szempont. Vannak állagromlás miatt elkerülhetetlen beavatkozások, illetve azt is szem előtt kell tartani, hogy az épület milyen energetikai besorolásra lesz a beavatkozás után. Ez egyrészt azért érdekes, mert ez az ingatlan árát növelő tényező, másrészt egyes pályázatoknál elvárás adott minőségi osztály elérése.

### Összefoglalás

A cikkben olyan technikai megoldás szerepel, amely az energiafogyasztás viszonylag bonyolult folyamatát kezeli.

Fontos szempont, hogy a felhasználó valamennyi lehetséges alternatívát rövid idő alatt megvizsgálhatja, majd ezek közül választhatja ki az optimálist. Ez a munkafolyamat a megrendelő érdekeit szolgálja, mert a számára legjobb megoldás remélhetőleg hozzájárul ahhoz, hogy a továbbiakban alacsonyabb energiafelhasználással, esetleg magasabb komfort mellett üzemeltetheti épületét.



**BAUMANN MIHÁLY**  
okl. épületgépész mérnök

## Helyreigazítás

**1. táblázat**

**Telítési vízgőznyomás a hőmérséklet függvényében**

Hőmérséklet [°C]	Telítési nyomás [Pa]	Telítési nyomás [bar]	Hőmérséklet [°C]	Telítési nyomás [Pa]	Telítési nyomás [bar]
-20	103	0,00103	150	475970	4,760
-10	259	0,00259	160	618040	6,180
0	611	0,00611	170	792020	7,920
10	1227	0,01227	180	1002700	10,027
20	2337	0,02337	190	1255200	12,552
30	4241	0,04241	200	1555100	15,551
40	7375	0,07375	210	1908000	19,080
50	12335	0,12335	220	2320100	23,201
60	19917	0,19917	230	2797900	27,979
70	31156	0,31156	240	3348000	33,480
80	47536	0,47536	250	3977600	39,776
90	70108	0,70108	260	4694000	46,940
100	101322	1,01322	270	5505100	55,051
110	143260	1,433	280	6419100	64,191
120	198540	1,985	290	7444800	74,448
130	270120	2,701	300	8591700	85,917
140	361360	3,614			

Szaklapunk előző számában az alábbi táblázatokban szereplő adatok felcserélve, illetve rossz dimenzióval jelentek meg (Magyar Installateur 2009/8-9. sz. 28. oldal).

Kérjük olvasóinkat, hogy azok használatakor a mellékelt, javított változatot vegyék figyelembe.

Szerkesztőség

**2. táblázat**

**Falazatokon diffundáló vízgőz tömegárama**

Szerkezet megnevezése	Páraáram [g/m <sup>2</sup> s]	Idő [nap]
38 cm vastag, kisméretű téglafal vakolva	50 x 10 <sup>-6</sup>	9,3
POROTHERM 38 N+FTM hőszigetelő habarccsal vakolva	56 x 10 <sup>-6</sup>	8,3
POROTHERM 38 téglafal vakolva	85 x 10 <sup>-6</sup>	5,5
38 cm vastag, kisméretű téglafal 8 cm polisztirol hőszigeteléssel	20x10 <sup>-6</sup>	23,1
POROTHERM 38 N+FTM hőszigetelő habarccsal, 8 cm polisztirol hőszigeteléssel	21x10 <sup>-6</sup>	22,0