

DIPLOMADOLGOZAT

Balogh Viktor

2025



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Gödöllői Campus
Műszaki Intézet
Létesítménymérnök mesterképzési szak**

Saját családi ház energetikai korszerűsítése

Belső konzulens: **Dr. Szabó Márta**
Egyetemi docens

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** **Műszaki Intézet,
Épületgépészeti és
Energetikai Tanszék**

Külső konzulens: **Biró Péter Pál**
Indotek Zrt., Épületgépész

Készítette: **Balogh Viktor**

**Gödöllő
2025**

MŰSZAKI INTÉZET
LÉTESÍTMÉNYMÉRŐK MESTERSZAK
LÉTESÍTMÉNYÜZEMELTETŐ ÉS -ENERGETIKA SPECIALIZÁCIÓ

DIPLOMADOLGOZAT
feladatlap

Balogh Viktor (E7B37S)

részére

A diplomadolgozat címe:

Saját családi ház energetikai korszerűsítése

Feladatkiírás:

Készítse el a vizsgált épület energetikai mérlegét a vonatkozó előírások alapján
Vizsgálja meg a számítási eredmények alapján milyen módon lehetséges az épület energetikai korszerűsítése
Vizsgálja meg, hogy a jelenlegi pályázati kiírásból tudja-e biztosítani a korszerűsítéshez szükséges anyagi forrást
Készítsen elemzést az energia megtakarítási potenciálról

Közreműködő tanszék: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Külső konzulens: Bíró Péter Pál, Épületgépész, Indotek Group Zrt., 1133 Budapest Váci út 110.

Belső konzulens: Szabó Márta, MATE, Műszaki Intézet

A dolgozat beadási határideje: 2025. év 10 hó 28 nap

Kelt: Budapest, 2025. év 10 hó 15 nap

Jóváhagyom Átvettem

(tanszékvezető) (szakfelelős) (hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Kelt: Budapest, 2025. év 10 hó 16 nap


(külső konzulens)

Tartalom

Bevezetés.....	6
1. Szakirodalom feldolgozás.....	7
1.1 Az épületenergetika szerepe és jelentősége	7
1.2 Európai és hazai energetikai szabályozások.....	8
1.3 Az épületek energiahatékonysági követelményei.....	9
1.4. Az energetikai korszerűsítés fő területei.....	10
1.5. Hőtechnikai szimulációs módszerek.....	13
1.7. Az összesített energetikai jellemző (EP).....	15
1.8. Megújuló energiaforrások szerepe	16
1.9. A hőhidak és légzárás szerepe	22
1.10. A hőtechnikai számítások pontosítása – 2024-es TNM frissítés.....	24
1.12. Energetikai trendek és jövőbeli irányok.....	25
1.13. Összefoglalás	25
2. A vizsgált épület bemutatása	26
2.1. Földrajzi elhelyezkedés és környezeti adottságok	26
2.2. Telek és építési adatok.....	28
2.3 Építészeti és szerkezeti jellemzők.....	28
2.4. Épületgépészeti rendszerek.....	32
2.5. A hatályos Településrendezési tervnek (Helyi Építési Szabályzat, övezetiszabályozás) való megfelelés vizsgálata	34
2.7. Építészeti jellemzők.....	36
2.8. Jelenlegi épületszerkezeti elemek vizsgálata.....	37
2.9. Energetikai állapotfelmérés.....	41
2.10. Összegzés	41
3. Energetikai audit és számítások.....	42
3.1. Az energetikai audit célja és módszertana	42
3.2. Hőtechnikai vizsgálat – szerkezetek jellemzői	43
3.3. A fajlagos hővesztésgtényező meghatározása	44
3.4. Fűtési energiaigény számítása.....	46
3.5. Nyári túlmelegedés vizsgálata	48
3.6. Használati melegvíz (HMV) energiaigény.....	49
3.7. Összesített energetikai jellemző	51
3.8. Energetikai audit eredményeinek értékelése.....	51
4. Energetikai korszerűsítési javaslatok és alternatívák	51
4.1. Alap korszerűsítés	52
4.2. Közepes korszerűsítés	60

4.3. Komplex korszerűsítés.....	68
4.4. Összehasonlító elemzés	75
4.5. Korszerűsítés utáni várható energetikai kategória.....	77
5. Energetikai felújítási pályázatban való részvétel vizsgálata	79
6. Összefoglalás.....	80
6.1. Alap korszerűsítés	80
6.2. Közepes korszerűsítés	80
6.3. Komplex korszerűsítés.....	81
7. Konklúzió	82
7.1. Külső falszigetelés	82
7.2. Födémszigetelés.....	83
7.3. Nyílászárók.....	84
7.4. Fűtési hőtermelő berendezés.....	84
7.5. Használati melegvíz (HMV) előállítás	84
7.6. Napelemes rendszer.....	85
7.7. Hőleadó rendszer	86
7.8. Hűtési rendszer	87
Értékelés.....	88
8. Irodalomjegyzék	90
9. Melléklet.....	91

Bevezetés

Az épületenergetika az utóbbi 20 évben kulcsfontosságú területté vált, mivel az Európai Unió energiafelhasználásának közel 40%-át a létesítmények működtetése teszi ki. A magyarországi lakóépületek nagy része elavult, gépészeti és szerkezeti rendszereik a jelenlegi komfort- és hőtechnikai követelményeknek már nem felelnek meg. A korszerűtlen létesítmények nagy energiafogyasztása környezeti, gazdasági és társadalmi problémát is okoz. A magas szén-dioxid kibocsátás, ami a fosszilis energia felhasználásával keletkezik, ez nagy mértékben hozzájárul az éghajlatváltozáshoz. A magas energiaárak, pedig, a létesítmények fenntartását is jelentősen megnöveli.

A magyar épületenergetikai szabályozás a 6/2006. (V.24) TNM rendeletre épül. A rendelet meghatározza a közel nulla energiaigényű épületekre vonatkozó követelményeket és az épületek energetikai jellemzőinek a számítási módját. A rendelet célja, hogy az épületek energiahatékonysági szintjét fokozatosan növelje és segítse a megújuló energiaforrások beépítését a köz- és lakóépületekbe. Ez a szabályozás az Európai Unió 2010/31/EU (EPBD – Energy Performance of Buildings Directive) irányelvén alapul, ami az energiahatékony épületkonceptiót a fenntarthatóság központi elemévé tette.

Dolgozatom célja a saját tulajdonomban álló, 1985-ben épült családi ház energetikai korszerűsítésének kidolgozása, a jelenlegi állapot műszaki, energetikai és gazdasági értékelésével, valamint a fejlesztési lehetőségek feltárásával. A kutatás és számítás célja, hogy a korszerűsítés révén legalább 30%-os primerenergia-megtakarítás érhető legyen el, összhangban a 2024-ben elérhető Otthonfelújítási Program feltételeivel. A vizsgálat nem csupán a szerkezeti és gépészeti fejlesztéseket értékeli, hanem az épület teljes életciklusára vetített gazdasági és környezeti hatásokat is elemzi.

Az energetikai korszerűsítés szükségességét a ház jelenlegi műszaki állapota indokolja. A hőszigetelés hiánya, az elavult nyílászárók, és korszerűtlen gázkazán mind hozzájárulnak a magas energiafogyasztáshoz és a komforthiányhoz. A fejlesztés célja, hogy az épület megfeleljen a közel nulla energiaigényű épületek követelményeinek, illetve, hogy a lehetőségekhez mérten megújuló energiaforrás (napelem) is integrálásra kerüljön.

A korszerűsítési javaslat kidolgozását több szinten végzem:

- épületgépészeti szint: fűtési és melegvíz-rendszer modernizálása, energiahatékony berendezések beépítése
- építészeti és szerkezeti szint: hőszigetelés, nyílászárók, tetőszerkezet korszerűsítése
- energetikai és gazdasági szint: fajlagos energiafogyasztás, beruházási költség, megtérülési idő és CO₂-kibocsátás csökkentésének elemzése

A dolgozatban bemutatom a korszerűsítési változatok (alap, közepes és komplex fejlesztés) energetikai hatékonyságát, valamint a beruházás gazdaságosságát nettó jelenérték (NPV) és belső megtérülési ráta (IRR) alapján. A vizsgálat kiterjed a korszerűsítés finanszírozási lehetőségeire is, különös tekintettel a lakossági támogatásokra és hitelkonstrukciókra.

A dolgozat nemcsak egy konkrét épület felújítási tervét mutatja be, hanem egy általánosítható módszertant is, amely bármely hasonló korú, szerkezetű és energetikai állapotú magyar családi ház esetében alkalmazható.

A cél tehát kettős: egyrészt egy műszakilag megalapozott, gazdaságilag racionális korszerűsítési terv bemutatása, másrészt az energetikai szemléletformálás elősegítése, amely a fenntartható épületüzemeltetés alapját képezi.

1. Szakirodalom feldolgozás

1.1 Az épületenergetika szerepe és jelentősége

Az épületenergetika az egyik legdinamikusabban fejlődő szakterület napjainkban, amely a környezeti terhelés csökkentésével, az energiahatékonyság növelésével és a fenntartható környezet megteremtésével foglalkozik. A fejlett országok energiafelhasználásának nagyobb része a létesítmények üzemeltetéséhez köthető, hűtés, fűtés, melegvíz előállítás és világítás formájában. Az összes energiafelhasználás közel 40%-át a létesítmények üzemeltetése teszi ki és az összes szén-dioxid kibocsátás 36%-áért is ez szektor a felelős az Európai Unió statisztikai adata szerint. A klímavédelmi célok elérése érdekében az EU 2019-ben meghirdette az Európai Zöld Megállapodást (European Green Deal), amely 2050-re karbonsemleges kontinens létrehozását tűzte ki célul. Az egyik kulcseleme az épületenergetikai felújítási hullám (Renovation Wave), amely az elavult lakóépületek átfogó korszerűsítését támogatja. Magyarországon a lakóingatlanok, több mint 4/5-e 1990 előtt épült, így a túlnyomó részüik korszerűtlen, ezért a felújításuk nemcsak energiamegtakarítással jár, hanem értéknövelést is

jelent. A magyarországi energiafelhasználás 30-35%-át a háztartások teszik ki, amiből a fűtés aránya a legmagasabb, az elérheti az összes energiafelhasználás 70%-át.

Az energiahatékonyság növelése ezért nemcsak klímavédelmi, hanem gazdasági kérdés is. Az elavult és rosszul vagy sehogy sem szigetelt épületeknek a téli időszakban túlzott az energiafelhasználása és nyáron pedig elégtelen komfortot eredményez a korszerűtlensége miatt. A cél az épületek energetikai korszerűsítése a hűtési és fűtési energiaigények csökkentésével, továbbá a megújuló energiaforrások telepítésével.

1.2 Európai és hazai energetikai szabályozások

Az EU energiapolitikai irányelvei:

Az EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) 2010/31/EU irányelv és annak 2018-as módosítása (EU/844/2018) kötelezi a tagállamokat arra, hogy:

- minden új épület 2021-től közel nulla energiaigényű (nZEB) legyen
- a meglévő épületállomány energiahatékonyságát felújításokon keresztül javítsák
- az energiahatékonysági tanúsítás és ellenőrzés kötelezővé váljon
- az okos épületindex (SRI – Smart Readiness Indicator) bevezetésre kerüljön, amely méri az épületek digitalizáltsági és automatizálási szintjét

Az irányelv új, 2024-es felülvizsgálata („EPBD recast”) még tovább megy:

- 2030-tól minden új épület nulla kibocsátású kell legyen (Zero Emission Building – ZEB)
- 2040-ig minden középület
- 2050-ig pedig minden lakóépület el kell, hogy érje a karbonsemlegességet

Hazai szabályozás:

A magyar jogrendben ez a célkitűzéseket a 7/2006. (V.24.) TNM rendelet határozza meg, ami rögzíti az épületek energetikai jellemzőinek számítási módját, az energetikai tanúsítás szabályait és a hőtechnikai követelményértékeket.

A rendelet három szinten fogalmaz meg követelményeket:

1. Szerkezeti szint – a határoló szerkezetek (fal, tető, nyílászárók stb.) hőátbocsátási tényezőjére (U-érték)

2. Épületszint – az épület fajlagos hőveszteség tényezőjére (q)
3. Energiafogyasztási szint – az összesített energetikai jellemzőre (EP)

A rendeletet 2021 és 2024 között többször módosították, legutóbb az energiahatékonysági tanúsítványok elektronikus rendszerének (ÉTDR-ENER) bevezetésével, valamint a primerenergia-átváltási tényezők felülvizsgálatával.

A 2021-es módosítás főbb elemei:

Bevezetésre került a „renovation wave” program, amely az EU teljes épületállományának energetikai felújítását célozza. Az új szabályozás már nemcsak az új épületekre, hanem a meglévők korszerűsítésére is kötelező irányt ad, megkövetelve a primerenergia-felhasználás legalább 30%-os csökkentését nagyobb felújítás esetén.

A 2024-es módosítás főbb elemei:

- a villamosenergia-átváltási tényező 2,5 → 2,1 értékre csökkent, a zöld energiamix miatt
- a megújuló részarány (R%) számítása pontosabb lett
- új követelmény jelent meg: a megújuló részarány minimum 25% minden új épületnél

Ezzel párhuzamosan a 275/2013. (VII.16.) Korm. rendelet továbbra is szabályozza az energetikai tanúsítás részletes eljárásrendjét és kategóriáit (A+–JJ).

1.3 Az épületek energiahatékonysági követelményei

A magyar szabályozásban (7/2006. (V. 24.) TNM rendeletet 2023. november 1-jétől felváltotta a 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet) a közel nulla energiaigényű (nZEB) követelmény 2022-től kötelező minden új épületre és jelentős felújításra. Az ilyen épületek primerenergia-felhasználása $EP \leq 100 \text{ kWh/m}^2\text{év}$, és legalább 25%-át megújuló forrásból kell fedezni.

Szerkezet	Megengedett U-érték (W/m ² K)
Külső fal	0,24
Lapostető / padlásfödém	0,17
Padló talajon	0,30
Nyílászáró (átlag)	1,15
Tetőszerkezet	0,17

1. táblázat: követelményértékek a határoló szerkezetekre a TNM rendelet

Az 1980-as években érvényes szabványokhoz képest, ezek az értékek jelentősen szigorúbbak, mivel akkor falak megengedett hőátbocsátása 1,0–1,4 W/m²K volt, az ablakoké pedig általánosságban meghaladta a 3,0 W/m²K értéket.

Az energetikai korszerűsítés célja, hogy a meglévő épület gépészeti és szerkezeti rendszereinek fejlesztésével ezekhez az elvárt értékekhez közelítsünk.

1.4. Az energetikai korszerűsítés fő területei

1. Szerkezeti korszerűsítés – hőszigetelés, nyílászárók, födémek

Külső falak hőszigetelése

- Anyag: expandált (EPS) vagy grafitos polisztirol, illetve ásványgyapot
- Cél: a hőátbocsátási tényező (U) csökkentése az eredeti 1,0–1,4 W/m²K értékről ≤ 0,24 W/m²K-re
- Hatás: a fűtési hővesztesség 25–40%-os mérséklése
- Kiegészítés: hőhidmentes csomópontok, lábazati XPS hőszigetelés, megfelelő páraáteresztés biztosítása [Bozsóki K. – Kiss D. (2022)]

Födém- és padlószigetelés

- Tetőtér, padlás- és pincefödém: ásványgyapot, fűjt cellulóz, PIR vagy EPS lapok
- Cél: $U \leq 0,17$ W/m²K érték elérése
- Padló: talajon fekvő szerkezetnél 8–10 cm XPS vagy lépésálló EPS
- Hatás: további 10–15% energiamegtakarítás, javuló hőérzet

Nyílászárók cseréje

- Régi fa vagy PVC ablakok helyett többrétegű hőszigetelő üvegezésű ($U \leq 1,1$ W/m²K) nyílászárók
- Fontos a légtömör, de szellőzést lehetővé tevő kialakítás (résszellőző vagy gépi szellőztetés)
- Árnyékolástechnikai elemek (redőny, zsalúzia) nyári hőterhelés csökkentésére

Hőhidak és légzárás javítás

- Csatlakozási pontok (koszorú, ablakkeret, földem–fal találkozás) hőhídmentesítése
 - Légzárási vizsgálat (Blower Door-teszt) célértéke: $n_{50} \leq 1,5$ 1/h [6]
2. Épületgépészeti fejlesztés – fűtés, melegvíz, hűtés, szellőzés

Fűtési rendszer modernizálása

- Kondenzációs gázkazán: 95–98%-os hatásfok, alacsonyabb füstgáz hőmérséklet
- Hőszivattyú (levegő–víz, talaj–víz): megújuló alapú hőtermelés, SCOP = 3,5–5,0
- Hybrid rendszer (bivalens): hőszivattyú + gázkazán kombinációja
- Alacsony hőmérsékletű hőleadók: padló-, fal- vagy mennyezetfűtés, fan-coil rendszer

Használati melegvíz (HMV) előállítás korszerűsítése

- Kombi kondenzációs kazán vagy HMV-tárolós hőszivattyú
- Napkollektoros rendszer alkalmazása (a HMV-igény 60–70%-át fedezheti)
- Cirkulációs vezetékek szigetelése, visszacsapó szelepek beépítése

Szellőzés korszerűsítése

- Hővisszanyerős szellőztető rendszer (rekuperátor) beépítése
- Hatásfok: 75–90%, energia-megtakarítás + egészséges beltéri klíma
- Alternatíva: nyílászáróba épített higroszabályozású légbevezető [Kalmár F. (2018)]

Hűtési rendszer fejlesztése

- Inverteres split klímák (A+++) vagy hőszivattyú fordított üzemű használata
- Nyári túlmelegedés elleni védelem: árnyékolás, tetőtér-szigetelés, szellőzés

Villamos hálózat korszerűsítése

- Rézvezetékes, háromfázisú hálózat FI-relével
- Napelem-rendszer csatlakoztatására alkalmas elosztó és mérőszekrény kialakítása

3. Megújuló energia integráció – napelem, hőszivattyú, napkollektor

Napelemes rendszer (fotovoltaikus)

- 3–7 kWp teljesítményű háztartási méretű kiserőmű (HMKE)
- Éves termelés: 1050–1250 kWh/év
- 25–30 éves élettartam, 7–10 éves megtérülés
- Cél: villamosenergia-önellátás, esetleg hőszivattyú üzem fedezése

Napkollektoros rendszer

- Síkkollektor vagy vákuumcsöves rendszer HMV-hez
- Éves hasznos hőtermelés: 400–600 kWh/m²/év
- Primerenergia-megtakarítás: 0,6–0,8 tonna CO₂/év

Biomassza kazán

- Pellet- vagy aprítéktüzelésű rendszer (90–95% hatásfok)
- Szilárd tüzelésű kazán alternatív vagy bivalens üzemre

Energiatárolás és okos vezérlés

- Akkumulátoros energiatároló (5–10 kWh kapacitás)
- Smart home vezérlés: időjárás-követő szabályozás, energiaoptimalizálás

4. Energetikai menedzsment – automatizálás, szabályozás, távfelügyelet

- Digitális termosztátok, zónaszabályozás
- Okosmérők és energiafogyasztás-monitoring
- Hőtermelő és megújuló rendszerek integrált vezérlése (*Building Management System – BMS*)
- Időjárás-előrejelzésen alapuló előfűtési algoritmusok

5. Víz- és csapadékgazdálkodás

- Esővízgyűjtés és háztartási hasznosítás (WC, locsolás)
- Szürkevíz-hasznosító rendszerek
- Kültéri csapadékvíz-elvezetés hőhidak és szerkezeti károk megelőzésére

A korszerűsítés során a cél a teljes energiarendszer optimalizálása, nem pusztán egy-egy szerkezet javítása.

A hatékony energiafelhasználás alapelve:

$$E_{\text{megtakarítás}} = E_{\text{szerkezeti}} + E_{\text{gépészeti}} + E_{\text{megújuló}} - E_{\text{veszteség}}$$

1.5. Hőtechnikai szimulációs módszerek

Napjainkban már szimulációs szoftverekkel is kiegészülnek a korszerű energetikai elemzések, amelyek képesek időjárás-adatok alapján jelezni előre az épület energiaigényét.

Leggyakrabban használt programok:

- WUFI – hő- és nedvességterjedés (higrotermikus) szimuláció, klímafájlokkal, külön komponens- és épületszintű változatokkal
- ArchiCAD Energy – dinamikus energiaértékelés (VIP Core motor), energiamérleg- és CO₂-riportok, BIM-modellt használ
- DesignBuilder / EnergyPlus – EnergyPlus motorral teljes épületenergetikai és komfort-analízis; DB a modellezési felület
- RETScreen – beruházási és pénzügyi modellezés, élettartam-alapú döntéstámogatás

Ezek az eszközök lehetővé teszik, hogy a hőszigetelés vastagságát, anyagát és a gépészeti rendszer típusát már a tervezés fázisában meghatározzuk.

Például a WUFI-analízis kimutathatja, hogy 15 cm-nél vastagabb hőszigetelés esetén a megtérülés meredeken csökken a beruházási költséghez viszonyítva.

Az épületenergetikai számítások alapja a hőátadás és hőveszteség pontos ismerete. A hőátbocsátási tényező (U-érték) az adott szerkezeten keresztül egységnyi idő alatt, egységnyi felületen átáramló hőmennyiséget mutatja:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}$$

EN ISO 6946 szerinti összefüggés (rétegek ellenállásainak összege + belső/külső hőátadási ellenállás).

ahol

- R_{si} – belső hőátadási ellenállás ($m^2 \cdot K/W$)
- R – rétegek hőellenállásainak összege ($m^2 \cdot K/W$)
- R_{se} – külső hőátadási ellenállás ($m^2 \cdot K/W$)

Minél kisebb az U-érték, annál jobb a szerkezet hőszigetelő képessége.

A fajlagos hőveszteségtényező (q) az épület hőveszteségét méri a határoló felület és a térfogat arányában:

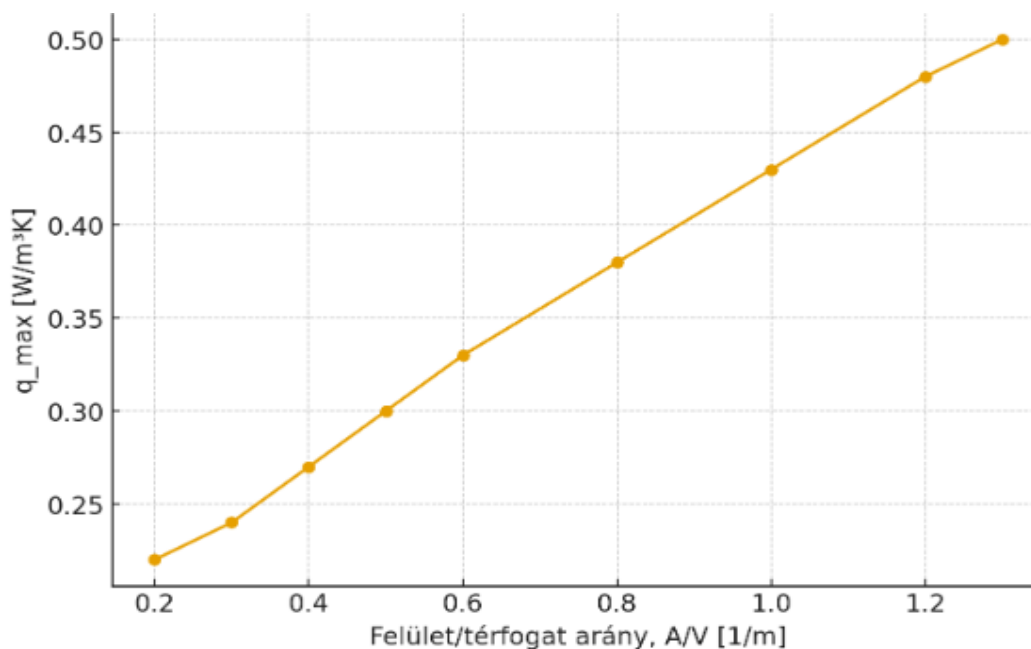
$$q = \frac{\Sigma(A_i \cdot U_i) + \Sigma(l_j \cdot \Psi_j)}{V}$$

Az épület transzmissziós és vonalmenti (Ψ) hőhidakból származó hőátbocsátás térfogatra vetítve, módszertani háttér az ISO 13789.

ahol

- A_i – a határoló szerkezet felülete (m^2)
- U_i – hőátbocsátási tényező (W/m^2K)
- l_j – a vonalmenti hőhidak hossza (m)
- Ψ_j – a hőhid vonalmenti hőátbocsátási tényezője (W/mK)
- V – a fűtött térfogat (m^3)

A fajlagos hőveszteségtényező megengedett értéke (q_{max}) a rtéke az A/V arány függvénye a rendelet ábrája szerint.



1. ábra: Megengedett fajlagos hővesztésgténye (q_{max}) és a Felület/térfogat arányában

1.7. Az összesített energetikai jellemző (EP)

Az energetikai tanúsítás során az épület teljes primerenergia-felhasználását kell meghatározni, amely tartalmazza a fűtés, melegvíz-ellátás, hűtés, szellőzés és világítás energiaigényét is.

$$EP = \frac{\sum(Q_i \cdot f_{pri})}{A_{hasznos}}$$

ahol

- Q_i – az egyes rendszerek éves végenergia-felhasználása (kWh/év)
- f_{pri} – az adott energiahordozó primerenergia átszámítási tényezője
- $A_{hasznos}$ – az épület hasznos alapterülete (m²)

Kapcsolódó jogi háttér (tanúsítás): a tanúsítvány tartalma és minősítési logikája a 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendeletben is rögzített.

A primerenergia-átváltási tényezők Magyarországon:

Energiahordozó	Átszámítási tényező (fpri)
Villamos energia	2,1
Földgáz	1,1
Megújuló villamos energia	0,0
Biomassza	0,6

2. táblázat: Primerenergia-átváltási tényezők (TNM-korszak szerinti)

Az épület energetikai kategóriáját az EP értéke határozza meg, amelyet az „A+” (kiemelkedően hatékony) és „J” (gyenge) osztályok közé sorolnak. Az energiahatékonyság önmagában nem elegendő; a fenntartható energiaellátás érdekében megújuló források bevonása is szükséges.

1.8. Megújuló energiaforrások szerepe

Az energiahatékonyság önmagában nem elegendő; a fenntartható energiaellátás érdekében megújuló források bevonása is szükséges.

Lakóépületek esetében leggyakrabban alkalmazott technológiák:

- Fotovoltaikus rendszerek (napelemek): villamos energia előállítása napfényből
-

A napenergia hasznosítása a fenntartható energetikai átmenet egyik kulcseleme, hiszen a Naptól a Földre érkező éves energiamennyiség több mint tízezerszerese az emberiség éves energiaigényének (IEA, 2022). A fotovoltaikus (PV) technológia a napsugárzás energiáját közvetlenül elektromos árammá alakítja, és mára az egyik leggyorsabban fejlődő megújuló energiaforrássá vált. A Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) adatai szerint a világ beépített napelemes kapacitása 2024-re meghaladta az 1400 GW-ot, és évente több mint 20%-os növekedést mutat. A fotovoltaikus jelenséget először Becquerel írta le 1839-ben, majd a 20. század közepén a szilícium félvezető-technológia fejlődése tette ipari szinten használhatóvá. A napelem alapvetően egy félvezető p–n átmenetből áll, amelyben a beérkező fotonok energiája elektronokat szabadít fel, így elektromos feszültség és áram jön létre. A napelemcellák tipikusan 36–72 cellából álló modulokba vannak kötve és ezek együttesen adják a névleges teljesítményt. [Kalmár F. (2018)]

A napelemek több fő típusai:

- Monokristályos szilícium (c-Si) – magas hatásfok (20–23%), hosszú élettartam, de magasabb gyártási költség
- Polikristályos szilícium (mc-Si) – kedvezőbb ár, 16–18% hatásfok, némileg alacsonyabb teljesítmény hőmérsékletfüggés miatt
- Vékonyfilmes technológiák (a-Si, CdTe, CIGS) – alacsonyabb hatásfok (10–14%), de kedvezőbb fajlagos ár és rugalmasság
- Új generációs napelemek (pl. perovszkit, tandem-cellák) – laboratóriumi hatásfokuk elérte a 30%-ot

Egy korszerű PV-rendszer fő elemei: a napelemmező, az inverter, amely a keletkező egyenáramot váltóárammá alakítja, a csatlakozó berendezések (védelmek, kapcsolók), valamint az energiatároló egység és mérési rendszer. A hálózatra kapcsolt rendszerekben a megtermelt villamos energia részben azonnal helyben fogy el, részben visszatáplálható a közüzemi hálózatba. A hatásfokot befolyásolja a modul tájolása, dőlésszöge, az árnyékolás mértéke, a hőmérséklet, valamint az inverter hatásfoka. Magyarországi adottságok mellett a fajlagos hozam jellemzően 1050–1250 kWh/kWp/év között (tájolás/árnyékolás és inverter is befolyásolja). A napelemes rendszerek gazdaságossága az elmúlt évtizedben jelentősen javult. Magyarországon egy családi ház méretű, 5 kWp teljesítményű rendszer élettartama kb. 25–30 év, és jellemzően 7–10 év alatt megtérül. A fotovoltaikus modulok teljesítménye évente kb. 0,3–0,5%-kal csökken, így 25 év után is a névleges kapacitás 85–90%-át képesek biztosítani. A PV rendszerek üzemelés közben nem bocsátanak ki üvegházhatású gázokat, és a gyártás során keletkező CO₂-kibocsátás a rendszer 1,5–3 év üzemideje alatt térül meg. Egy 5 kWp napelemrendszer évente mintegy 2,5–3 tonna CO₂-kibocsátást vált ki, és 25 év alatt kb. 60–70 tonna CO₂-megtakarítást eredményezhet. A napelemes rendszerek telepítése egyre elterjedtebb Magyarországon: 2024-ben a háztartási méretű kiserőművek összteljesítménye meghaladta a 2,5 GW-ot, ami több mint 200 000 háztartás saját energiaellátását fedezi. E technológiák integrálása nemcsak környezeti, hanem gazdasági előnnyel is jár, hiszen csökkentik a hálózatról vásárolt energia mennyiségét és növelik az energiafüggetlenséget. [Várfalvi János (2010)]

- Napkollektorok: használati melegvíz előállítás

A napkollektoros rendszerek közvetlenül alakítják át a napsugárzást használati melegvízzé (HMV), illetve részben fűtési célra is hasznosítható hővé. Az ilyen berendezések működésük során nem igényelnek fosszilis energiahordozót, és élettartamuk alatt lényegében CO₂-kibocsátás-mentesek, ezért jelentős szerepük van az energiahatékonyság és a fenntarthatóság növelésében. A napkollektor a napsugárzás energiáját elnyeli, ezt követően a hőcserélő közegen keresztül hőt ad át egy tárolónak vagy hőhasznosító rendszernek. A kollektor abszorber felülete elnyeli a napsugárzást. A hő a hőhordozó folyadék (általában fagyálló víz-glikol keverék) felé adódik át. A folyadék a hőt egy tárolótartályba vagy hőcserélőbe szállítja, ahol a használati melegvíz vagy a fűtési rendszer vize felmelegszik.

Napkollektorok főbb típusai:

- Síkkollektorok: Működési elve: üvegfedés alatt található abszorberlemez vezeti el a hőt a csőkégyóba, hatásfoka 50-70% és HMV előállításra vagy fűtés rásegítésre alkalmazzák
- Vákuumcsöves kollektor: Működési elve: üvegcövek vákuumszigeteléssel csökkentik a hőveszteséget, hatásfoka 60-75% és HMV előállításra vagy fűtés rásegítésre és ipari előmelegítésre is alkalmazzák
- Légkollektor: Működési elve: hőhordozó közeg levegő, direkt hőhasznosítással, hatásfoka 30-50% és ipari és szárításra és légfűtésre alkalmazzák
- Koncentrált: Működési elve: tükrök koncentrálják a napsugarakat kis abszorberre, hatásfoka 70-80% és ipari és naptermikus erőművekben alkalmazzák

A síkkollektorok a legelterjedtebbek, mivel egyszerű szerkezetük, kedvező árak és robusztus működésük miatt családi házakban és intézményekben is jól alkalmazhatók. A vákuumcsöves kollektorok különösen hideg éghajlaton előnyösek, mivel hőveszteségük alacsony, és így télen is jobb hatásfokkal működnek. [Várfalvi János (2010)]

Egy tipikus napkollektoros HMV-rendszer fő elemei:

- Kollektormező (pl. 2–6 m² terület),
- Cirkulációs szivattyú és szabályozó,
- Hőcserélős tárolótartály (200–500 liter),
- Biztonsági elemek (tágulási tartály, szelep, leürítő),
- Kiegészítő (elektromos/gázos) fűtés a borult napokra.

A rendszer tipikus működése során Magyarországon évente kb. 400–600 kWh/m² hasznos hőenergiát képes szolgáltatni, ami egy 4 fős család HMV-igényének 60–70%-át fedezheti. A beruházási költség Magyarországon jellemzően 800–1500 ezer Ft / lakás, függően a kollektor típusától és a tároló méretétől. A megtérülési idő 2024-es energiaárakkal 6–10 év között mozog. A napkollektor élettartama 20–25 év, így a teljes élettartam alatt jelentős primerenergia- és CO₂-megtakarítás érhető el. Egy 6 m²-es síkkollektoros rendszer évente kb. 3–3,5 MWh hőenergiát termel, ami ~300–350 m³ földgáz kiváltásával egyenértékű. A napkollektoros hőtermelés a dekarbonizált épületenergetika egyik kulcseleme. Bár a fotovoltaiikus rendszerek gyorsabban terjednek, a termikus napenergia előnye, hogy közvetlenül hőt szolgáltat, és magasabb primerenergia-hatékonyságú a hőtermelésben. A CO₂-megtakarítás így 0,6–0,7 tonna/év, 25 év alatt mintegy 15–18 tonna.

- Hőszivattyúk: környezeti hő (levegő, talaj, víz) hasznosítása fűtésre és hűtésre

A hőszivattyúk a korszerű, alacsony szén-dioxid-kibocsátású épületenergetika kulcstechnológiái közé sorolható. A berendezések környezeti hőt (levegőből, talajból, vízből) hasznosítanak fűtési, hűtési és használati melegvíz (HMV) célra. A Nemzetközi Energiaügynökség (IEA, 2023) szerint a hőszivattyús rendszerek elterjedése világszerte felgyorsult, mivel képesek akár 70–80% primerenergia-megtakarítást és jelentős CO₂-kibocsátás-csökkenést biztosítani a hagyományos gázfűtésekhez képest. A hőszivattyú működése a Carnot-körfolyamaton alapul. Az elpárologtatóban a hűtőközeg alacsony hőmérsékleten elpárolog, miközben hőt von el a környezetből (levegő, talaj, víz). A kompresszor a gőzt összesűríti, így nő a nyomás és a hőmérséklet. A kondenzátorban a hűtőközeg lecsapódik, és leadja hőjét a fűtési rendszernek, majd az expanziós szelepen keresztül visszatér az eredeti állapotba. [Viessmann Werke GmbH]

A rendszer hatékonyságát a teljesítménytényező (COP) jellemzi:

$$COP = \frac{Q_{hasznos}}{W_{vill}}$$

A fűtési üzemben mért éves átlagos hatásfok a SCOP (Seasonal COP) értékkel adható meg. A korszerű levegő–víz hőszivattyúk SCOP értéke 3,5–5,0 között mozog, azaz 1 kWh villamos energiából 3,5–5 kWh hőenergia nyerhető.

Típus	Hőforrás/hőleadás	COP (átlag)	Jellemző alkalmazás
Levegő–víz (AWHP)	Külső levegő / fűtővíz	3–4	Lakóépületek, HMV
Talaj–víz (GSHP)	Talajszonda vagy talajkollektor / fűtővíz	4-5	Családi és középületek
Víz–víz (WWHP)	Felszín alatti víz / fűtővíz	5-6	Nagy teljesítményű rendszerek
Levegő–levegő	Külső levegő / beltéri levegő	2,5-3,5	Klímaberendezések, kiegészítő fűtés

3. táblázat: Hőszivattyú-típusok, hőforrás/hőleadás és tipikus COP/SCOP tartományok

A levegő-víz hőszivattyúk (mint pl. a Viessmann Vitocal 100-S vagy 250-A sorozat) a legelterjedtebbek, mivel viszonylag egyszerű a telepítésük és kedvező az áruk. [23]

A talajszondás rendszerek beruházási költsége magasabb, de stabil hőforrást biztosítanak, így hosszabb távon hatékonyabbak. A hőszivattyúk legnagyobb előnye, hogy megújuló környezeti hőt hasznosítanak. Egy korszerű rendszer primerenergia-felhasználása a hagyományos gázkazános megoldásokhoz képest akár 50–70%-kal kisebb, és a CO₂-kibocsátás is hasonló mértékben csökkenhet. A beruházási költség lakóépületeknél 2024-ben 2,5–4,5 millió Ft körül mozog egy átlagos, 8–12 kW-os hőszivattyús rendszer esetén, tárolóval és szabályozással együtt a megtérülési idő 5–8 év, de hőszivattyúval kombinált napelemes rendszernél akár 3–5 évre is csökkenhet, ha az elektromos energia részben helyben termelődik. A magyarországi klimatizált környezetben egy jó minőségű levegő-víz hőszivattyú éves villamosenergia-igénye a fűtési és HMV feladatokra 25–35 kWh/m²·év (az igényprofil erősen befolyásolja), ami megfelel egy A+ energetikai osztályú épület szintjének. [Viessmann Werke GmbH]

Hőszivattyús rendszereknél megkülönböztetünk monovalens és bivalens üzemmódot.

A monovalens (egykomponensű) rendszerben a hőszivattyú önállóan biztosítja az épület teljes hőigényét egész évben.

Jellemzői:

- Nincs kiegészítő (pl. gázkazán vagy elektromos fűtőbetét) hőtermelő
- A hőszivattyú méretezése az épület maximális hőigényére történik (a leghidegebb téli hőmérséklet mellett is képes fedezni a terhelést)
- Leginkább talajszondás (geotermikus), vagy víz-víz rendszerű hőszivattyúknál alkalmazzák, mert ezek magasabb és stabil COP-értékkel dolgoznak hideg időben is.
- Egyszerű üzem, alacsony karbantartási igény
- Hátránya: a beruházási költség magasabb, mert a hőszivattyút a csúcsterhelésre kell méretezni

A bivalens (kétkomponensű) rendszerben a hőszivattyú egy másik hőtermelővel együtt biztosítja a fűtést. A két energiaforrás együtt vagy váltakozva működik a külső hőmérséklettől függően. A cél: a hőszivattyú ne legyen túlméretezve, hanem csak az éves energiaigény nagy részét fedezze, a csúcsterhelést pedig más berendezés vegye át

Típus	Működési elv	Jellemzői
Bivalens alternatív	A hőszivattyú leáll egy előre beállított adott hőmérsékletnél és a segéd hőtermelő berendezés veszi át a teljes hőtermelést.	Olcsó és egyszerű telepítés, de a váltási hőmérséklet pontosan kell meghatározni.
Bivalens részterheléses	A hőszivattyú dolgozik önállóan és alacsonyabb külső hőmérsékletnél rásegít a segéd hőtermelő berendezés.	Ez a legelterjedtebb kivitelés családi házaknak.
Bivalens alternatív + rásegítéses	A két rendszer váltott és párhuzamos üzemre is képes.	Magas komfortot eredményez, de drágább a megvalósítása.

4. táblázat: Bivalens üzemmódok áttekintése (levegő–vízrendszerekhez ajánlott)

A bivalens rendszer ott előnyös, ahol levegő–víz hőszivattyút alkalmaznak, mivel hidegben romlik a COP érték és a csúcsterhelés ritka, így gazdaságtalan lenne egy nagyobb gépet venni.

A monovalens rendszer akkor célszerű, ha stabil hőforrás (talaj, talajvíz) áll rendelkezésre, a teljes fűtési hőigény fedezhető megújuló forrásból és az épület jól szigetelt, és alacsony előremenő hőmérsékletű fűtési rendszerrel rendelkezik (pl. padlófűtés).

- Biomassza kazánok: megújuló tüzelőanyaggal való hőtermelés

A biomassza-alapú hőtermelés a megújuló energiatermelés egyik legfontosabb ága, amely a növényi és szerves eredetű anyagok energetikai célú felhasználásán alapul. A biomassza (különösen a fa, pellet, apríték és mezőgazdasági melléktermékek) Magyarországon is jelentős helyi erőforrás, így fontos szerepet játszik a dekarbonizációban és a fosszilis energiahordozók kiváltásában. A biomassza kazánok az elmúlt évtizedben jelentős technológiai fejlődésen mentek keresztül, hatásfokuk és környezeti teljesítményük mára elérheti a korszerű földgázkazánok szintjét, miközben megújuló energiát használnak. A biomassza olyan szerves anyag, amely biológiai úton, rövid idő alatt megújul, és égetéssel, pirolízissel vagy gázosítással hőenergiává alakítható. A leggyakrabban alkalmazott energiahordozók:

Típus	Fajlagos fűtőérték (MJ/kg)	Megjegyzés
Tűzifa (15–20% nedvesség)	14–16	Természetes szárítás után
Faapríték	10–14	Nedvességtartalomtól függ
Pellet	17–19	Sűrített, szabványosított tüzelőanyag
Szalma/brikett	14–16	Mezőgazdasági melléktermék
Biogáz	18–25	Anaerob fermentációból

5. táblázat: Biomassza tüzelőanyagok jellemző fűtőértékei

A biomassza CO₂-semlegesnek tekinthető, mivel az elégetés során felszabaduló szén-dioxid megegyezik a mennyiséggel, amit az alapanyag a növekedés során megkötött. A biomassza kazán a tüzelőanyagot szabályozott körülmények között égeti el, és a keletkező hőt hőcserélőn keresztül a fűtési rendszerbe juttatja. Az égéshez primer és szekunder levegő szükséges, a folyamatot automata adagoló és ventilátor szabályozza. A hatásfokot leginkább az égéstechnika és az égési levegő pontos szabályozása befolyásolja. A modern pelletkazánok hatásfoka 90–95%, míg a faaprítékos és részben automatizált kazánoké 80–90% közötti. A keletkező égéstermék hőmérséklete 100–150 °C, a kondenzációs biomassza kazánok (pl. faelgázosító rendszerrel) tovább javítják a hatékonyságot. A biomassza kazánok fosszilis tüzelőanyagokat váltanak ki, így csökkentik az üvegházhatású gázok kibocsátását. Egy 20 kW-os pelletkazán például évente 3–4 tonna CO₂ kibocsátást takaríthat meg a földgázhoz képest. A primerenergia-felhasználás kb. 50–60%-kal alacsonyabb, mint egy hasonló teljesítményű gázkazán esetén.

1.9. A hőhidak és légzárás szerepe

A hőhidak olyan pontok az épületburkon, ahol a hőáram intenzívebb, mint a környező felületeken. Leggyakoribbak az élek, csatlakozások és szerkezeti áttörések. Ezek nemcsak hővesztést okoznak, hanem szerkezeti károsodásokat (pl. páralecsapódás, penészedés) is előidézhetnek. A hőszigetelési és nyílászárócsere-beavatkozások következtében az épület légzárása jelentősen javul, ami az energetikai hatékonyság szempontjából kedvező, viszont a természetes légcserre csökkenésével együtt nő a belső páratartalom és a páralecsapódás kockázata. A nem megfelelő szellőzés a határoló szerkezetek lehűlő felületein, különösen a hőhidaknál, penészesedéshez, szerkezeti nedvesedéshez és beltéri komfortromláshoz vezethet.

A korszerűsítés után ezért elengedhetetlen a szellőzési rendszer átgondolt fejlesztése, amely biztosítja a szükséges légcserét, ugyanakkor minimalizálja az ezzel járó hőveszteséget. [Kajtár László – Bánhidi László (2009)]

- Hővisszanyerős gépi szellőzés alkalmazása

A legkorszerűbb megoldást a központi vagy decentralizált hővisszanyerős szellőztető rendszer (rekuperátor) jelenti. A rendszer működése során a távozó, elhasznált levegő hőenergiáját a hőcserélő visszanyeri, és ezzel előmelegíti a beáramló friss levegőt. A korszerű berendezések 80–90%-os hővisszanyerési hatásfokkal működnek, így az épület szellőzése energiahatékony módon biztosítható, miközben állandó friss levegő és egyenletes páratartalom tartható fenn. Ez a megoldás különösen ajánlott a komplex korszerűsítési szinten, mivel az épület hőveszteségei jelentősen csökkennek, és a természetes infiltráció a nyílászárócsere után már nem elegendő.

- Légbevezetők és természetes légcseré

Amennyiben központi gépi szellőztetés nem létesül, a nyílászárókba integrált higroszabályozású légbevezetők biztosíthatják a minimális légcserét. Ezek a szerkezetek a belső páratartalom függvényében automatikusan szabályozzák a légbeáramlást, ezáltal megelőzik a páraakumulációt és a penészképződést. A légbevezetők működése során a levegő a frisslevegő-nyílásokon keresztül jut be, míg az elhasznált levegő elvezetése elszívó ventilátorokkal történik a vizes helyiségekben (fürdő, konyha, WC).

- Páratechnikai és hőtechnikai védelem

A hőszigetelés kivitelezése során külön figyelmet kell fordítani a páradiffúziós rétegek helyes sorrendjére és a párazáró fóliák folytonosságára, különösen a tetőfödémek és padlásterek esetében. A páratechnikai hibák elkerülése érdekében a szerkezeti rétegrendet úgy kell kialakítani, hogy a pára a belső tér felől kifelé egyre könnyebben tudjon távozni, ezáltal elkerülhető legyen a kondenzáció a szerkezet belsejében. A hőhidak megszüntetése (koszorú, lábazat, födémcsatlakozás, ablakkeret-csatlakozás) szintén alapvető fontosságú, mivel ezek a pontok a helyi felületi hőmérséklet csökkenése miatt a páralecsapódás elsődleges helyei. A WUFI szimulációs vizsgálatok alapján a megfelelő vastagságú és páraáteresztő képességű szigetelés, valamint a hőhídmentes csomóponti kialakítás mellett a szerkezetek nedvességtechnikai egyensúlya hosszú távon stabilan tartható.

- Üzemeltetési javaslatok a penészedés megelőzésére

Az üzemeltetés során az optimális beltéri relatív páratartalom 40–60%, a belső hőmérséklet pedig legalább 20 °C legyen. A helyiségekben a levegő szabad áramlását biztosítani kell (bútorokat ne helyezünk közvetlenül a külső falakhoz), a nagy páratelhelésű terekben (fürdő, konyha) időkapcsolós vagy páratartalom-érzékelős ventilátor alkalmazása javasolt. A rendszeres, rövid idejű intenzív szellőztetés – különösen a téli időszakban – hozzájárul a falak kiszáradásához és a belső levegő minőségének fenntartásához.

A hőszigetelés és nyílászárócsere után az épület természetes légcseréje jelentősen lecsökken, ezért a megfelelő szellőzési rendszer kialakítása az energetikai felújítás elválaszthatatlan része. A hővisszanyerős gépi szellőztetés biztosítja az optimális levegőminőséget, a páratartalom-szabályozást és az alacsony üzemeltetési energiaigényt, miközben megakadályozza a penészesedés és szerkezeti károsodás kialakulását.

A megfelelő légzárás biztosítása szintén kulcsfontosságú: a légszivárgások akár 20–30%-kal is növelhetik a fűtési energiaigényt. Korszerű épületeknél légzárási vizsgálatot is végeznek, amely során a megengedett légcseré-érték $n_{50} \leq 1,5$ 1/h. [Kalmár F. (2018)]

1.10. A hőtechnikai számítások pontosítása – 2024-es TNM frissítés

A legutóbbi rendeletmódosítás részletesebbé tette a hőtechnikai számításokat.

Külön hangsúly került a hőhíd-korrekciós tényező (χ) és a légcseré-hatékonyság (η_a) szerepére:

$$U_{\text{kor}} = U_{\text{réteg}} + \chi$$

ahol

- χ : a csatlakozási helyek korrekciós tényezője (0,03–0,07 W/m²K)

Az épület légtömörségét Blower Door vizsgálattal értékeljük. A gépi szellőzés esetén általános célérték $n_{50} \leq 1,5$ 1/h, míg passzívházaknál $n_{50} \leq 0,6$ 1/h. A szellőzés hatásosságát az EN 16798-1 szerinti paraméterekkel (pl. légcseré-hatékonyság) érdemes kezelni.

1.11. Az életciklus-alapú energetikai megközelítés

Az épületenergetika új iránya az ún. Life Cycle Energy Assessment (LCEA) módszertan, amely az épület teljes életciklusát vizsgálja:

- beépített energia (Embodied Energy) – anyaggyártás és szállítás
- üzemeltetési energia (Operational Energy) – fűtés, hűtés, HMV, világítás
- lebontási energia (End-of-Life Energy) – bontás, újrahasznosítás

A korszerűsítés célja az életciklus teljes energiamérlegének minimalizálása. Ez különösen fontos, mivel a 2020-as években a beépített energia aránya már 20–30%-ra nőtt az összes élettartam-energián belül.

1.12. Energetikai trendek és jövőbeli irányok

A szakirodalom három fő trendet jelöl meg az elkövetkező évtizedre:

- Decentralizált energiatermelés – napelemes és hőszivattyús rendszerek háztartási szinten
- Okos épületek és energiairányítás – digitális szenzorok, automatizált szabályozás, időjáráskövető vezérlés
- Hálózatba kapcsolt energia-közösségek (Energy Communities) – több háztartás közös energiamenedzsmentje

Ezek az irányok egyre inkább beépülnek a magyar épületenergetikai gyakorlatba, különösen az új támogatási programok (pl. Otthonfelújítási Program 3.0, Lakossági napelemes pályázat 2025) révén.

1.13. Összefoglalás

A szakirodalmi háttér alapján egyértelmű, hogy az épületenergetikai korszerűsítés nemcsak műszaki kérdés, hanem gazdasági és környezeti stratégia is.

A hatékony beavatkozások révén:

- az épületek energiafogyasztása 50–70%-kal
- a CO₂-kibocsátás 60–80%-kal
- a rezsiköltségek 40–60%-kal csökkenthetők

Az új európai és hazai szabályozások az energiahatékonyságot már nem opcióként, hanem kötelezettségként kezelik, és a jövő épületállományát a karbonsemlegesség, megújuló energiahasználat és digitalizált vezérlés fogja jellemezni.

2. A vizsgált épület bemutatása

2.1. Földrajzi elhelyezkedés és környezeti adottságok

A vizsgált családi ház Pest vármegyében, Ecsér településen található, a budapesti agglomeráció keleti peremén. Az épület Ecseren az helyezkedik el.

A település a Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér közvetlen vonzáskörzetében helyezkedik el, közúton az M0 és M5 autópályán, illetve a 4-es főúton könnyen megközelíthető.

A környezet kertvárosias jellegű, alacsony beépítettséggel, jellemzően családi házas övezettel. Az épület tájolása déli irányba kedvező, így a napenergia hasznosítása szempontjából jól pozícionált, ami különösen fontos a napelemes rendszer és a passzív hőnyereségek szempontjából.

Az éghajlati adottságokat tekintve a terület a mérsékelt kontinentális éghajlati övbe tartozik.

- Éves átlaghőmérséklet: 10,5–11,0 °C
- Fűtési foknapok száma: kb. 2700 K*nap
- Napsütéses órák száma: ~1900 óra/év
- Átlagos szélsébség: 2,5 m/s

E paraméterek a hőtechnikai és energetikai számítások alapjául szolgálnak, különösen a fűtési energiaigény és a napelemes energiatermelés becslése során. [Melléklet: Energia Tanúsítvány]



2. ábra: az ingatlan utcafronti képe



3. ábra: Az épület D-K-i homlokzata

2.2. Telek és építési adatok

Telek területe	539 m ²
Beépített terület	74,5 m ²
Hasznos alapterület	105,3 m ²
Beépítettség	13,82 %
Szintek száma	Pince + Földszint + Tetőtér
Építés éve	1985
Épület besorolás	Pince + Földszint + Tetőtér
Terepalakulat	Sík
Szerkezeti rendszer	Hagyományos téglafalazat, vasbeton földem, fa tetőszerkezet

6. táblázat: Telek- és épületjellemzők (alapadatok)

A telek hosszúka, keskeny beépítésű, az utcafront felől az épület közvetlenül megközelíthető. A ház szabadon álló elrendezésű, körülötte csömöszölt beton járda és füvesített udvar található. A beépítési arány és a zöldfelület megfelel a HÉSZ előírásainak, az ingatlan korszerűsítésének nincs beépítési korlátja.

2.3 Építészeti és szerkezeti jellemzők

Az épület hagyományos építési technológiával készült, alápincézett, földszintes + beépített tetőteres kialakítású. A tartószerkezet úsztatott beton sávalapra épült, B100-as szilárdságú betonnal, helyenként terméskő betétekkel. Az alapozás mélysége 1,00–2,05 m, a pince aljzatán vizesedés nem észlelhető. A teherhordó falak kisméretű tömör és blokk téglából épültek (38 cm vastagságban), a válaszfalak válaszfallemezekből készültek. A földémszerkezet monolit vasbeton, EB 60/29 béltestekkel. A tetőszerkezet hagyományos fa fedélszék, nyeregtető formában, torokgerendás kialakítással, végén kontyolással. A tetőfedés hornyolt cserép, a bádogozás horganyzott lemezből készült. A homlokzat nemesvakolattal ellátott, eredeti hőszigetelés nélkül. A külső nyílászárók kapcsolt geréb tokos, fa szerkezetűek, egyrétegű üvegezéssel, $U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási tényezővel. A belső felületképzés vakolt és festett, a burkolatok mozaiklap, parketta és cement esztrich váltakozásával készültek. A szerkezeti vizsgálat alapján az épület statikailag kielégítő, de energetikai szempontból erősen elavult:

- nincs hatékony hőszigetelés a külső falakon, földemen és padlón
- a tető cserépfedése több helyen sérült
- a csapadékvíz-elvezetés korrodált
- a fa nyílászárók rosszul zárnak
- a padlóburkolatok részben tönkrementek

Födém

Típusa: padlásfödém

Mérete: 1m

Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0,192 W/m²K

Eredő hőátbocsátási tényező: 0,211 W/m²K

Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 10 %

Fajlagos tömeg: 48 kg/m²

Fajlagos hőtároló tömeg: 82kg/m²

Fajlagos hőkapacitás: 66 kJ/m²K

Hőátadási ellenállás kívül: 0,08 m²K/W

Hőátadási ellenállás belül: 0,10 m²K/W

Hőszigetelési rétegrend: Hőszigetelés, polietilén fólia, deszkázat, zárt légréteg, deszkázat, gipszkarton váz, zárt légréteg, tiszta gipszkartonlapok és belső felületképzés

Közbülső födém

típusa: felfelé hűlő belső födém

Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 2,478 W/m²K

Eredő hőátbocsátási tényező: 2,725 W/m²K

Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 10 %

Fajlagos tömeg: 729 kg/m²

Fajlagos hőtároló tömeg: 394 / 335 kg/m²

Fajlagos hőkapacitás: 332 / 282 kJ/m²K

Hőátadási ellenállás kívül: 0,08 m²K/W

Hőátadási ellenállás belül: 0,10 m²K/W

Födém rétegrendek: Csempe, kavicsbeton, vasbeton, cementvakolat

Külső fal

Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 1,066 W/m²K

Eredő hőátbocsátási tényező: 1,386 W/m²K

Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 30 %

Fajlagos tömeg: 452 kg/m²

Fajlagos hőtároló tömeg: 129 kg/m²

Fajlagos hőkapacitás: 114 kJ/m²K

Hőátadási ellenállás kívül: 0,04 m²K/W

Hőátadási ellenállás belül: 0,13 m²K/W

Külső fal rétegrendek: Baumit Thermo vakolat, téglafalazat, cementvakolat

Nyílászárók

típusa: faablak

Méretei: 1,5m x 1,2 m

Hőátbocsátási tényező: 2,800 W/m²K

Üvegezés aránya: 75 %

Üvegezés g értéke: 0,783

Éjszaka társított szerkezet hőv. ellen.: 0,330 m²K/W

Árnyékolás módja nyáron: külső

Árnyékolás naptényező nyáron: 0,090



4. ábra: Gerébtokos ablak és rossz állapotú mennyezet

Padló

típusa: pincefödém

Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0,482 W/m²K

Eredő hőátbocsátási tényező: 0,578 W/m²K

Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 20 %

Fajlagos tömeg: 785 kg/m²

Fajlagos hőtároló tömeg: 180 / 558 kg/m²

Fajlagos hőkapacitás: 154 / 469 kJ/m²K

Hőátadási ellenállás kívül: 0,13 m²K/W

Hőátadási ellenállás belül: 0,17 m²K/W

Padló rétegrendek: vasbeton, bitumenes lemez, hőszigetelés, PE fólia, aljazbeton, burkolat

Padló 1

típusa: talajra fektetett padló

Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0,401 W/m²K

Vonalmenti hőátbocsátási tényező: 0,950 W/m²K

Fajlagos tömeg: 983 kg/m²

Fajlagos hőtároló tömeg: 180 kg/m²

Fajlagos hőkapacitás: 153 kJ/m²K

Hőátadási ellenállás kívül: 0,00 m²K/W

Hőátadási ellenállás belül: 0,17 m²K/W

Padlószint magassága: 0,3 m

Padló 1 rétegrendek: növényültető talajkeverék, kavicsfeltöltés, vasbeton, bitumenes lemez, hőszigetelés, PE fólia, aljazbeton, burkolat

Tető

Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0,213 W/m²K

Eredő hőátbocsátási tényező: 0,255 W/m²K

Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 20 %

Fajlagos tömeg: 53 kg/m²

Fajlagos hőtároló tömeg: 19 kg/m²

Fajlagos hőkapacitás: 16 kJ/m²K

Hőátadási ellenállás kívül: 0,04 m²K/W

Hőátadási ellenállás belül: 0,10 m²K/W

Tető rétegrendek: cserépfedés, lécz, ellenlécz, páraáteresztő fólia, szarufa, üveggyapot filc, polietilén fólia, gipszkarton váz, tiszta gipszkarton

2.4. Épületgépészeti rendszerek

A ház fűtését egy FÉG C18 típusú, nem kondenzációs gázkazán biztosítja, acélsöves elosztórendszerrel és öntöttvas RADAL radiátorokkal. A kazán hatásfoka 80–85% közötti, ami jelentősen elmarad a modern kondenzációs berendezések (95–98%) értékétől. A szabályozás központi termosztáttal történik, zónaszabályozás nélkül. A fűtési energiaigény az energetikai számítások alapján: $Q_{p,fűtés} = 178,6 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{év}$, ami a jelenlegi állapotban rossz energiahatékonysági besorolást (HH–JJ) eredményez.



5. ábra: FÉG C18 gázkazán vascsöves fűtési rendszerrel

A használati melegvíz (HMV) ellátás egy Hajdú 120 literes villanybojlerrel történik, amely az éjszakai áramról üzemel. A berendezés energiahatékonysága alacsony, éves villamosenergia-igénye $82,95 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{év}$.

A HMV-rendszernek nagy mértékű hőveszteségei vannak a cirkuláció hiánya és a csőszigetelés előregedése miatt.



6. ábra: Hajdú villanybojler horganyzott vízvezeték csövekkel

A villamos hálózat alumínium vezetékekből áll, elosztása több helyen toldott és elavult. Az ingatlanon háromfázisú (3×16 A).

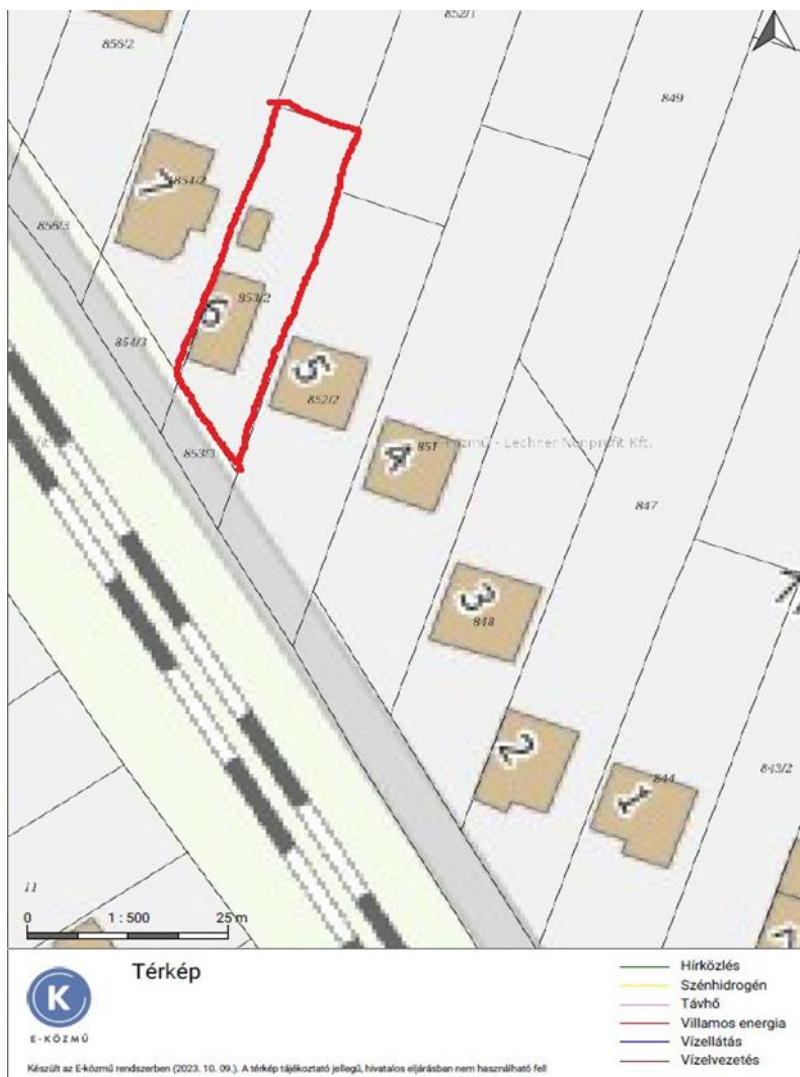
A vezetékek keresztmetszete, a védelmi automaták típusa és a földelési rendszer nem felel meg a mai MSZ HD 60364 szabványnak, ezért a teljes elektromos hálózat cseréje indokolt, különösen a tervezett napelemes rendszer csatlakoztatása miatt.

A vízhálózat horganyzott acélcsövekből készült, amelyek korrózió miatt több helyen cserére szorulnak. A szennyvíz elvezetése a közműhálózatba történik, de a csőhálózat PVC szakaszai már rideggé váltak, szivárgásveszélyesek.

- kerti építmény (hinta, csúszda, homokozó, szökőkút, pihenés és játék céljára szolgáló műtárgy, a terepszintnél 1 m-nél nem magasabbra emelkedő lefedés nélküli terasz)
- kerti szabadlépcső (tereplépcső) és lejtő Az alábbi létesítmények csak az építési helyen belül, és az oldalsó telekhatártól mérve legalább 3 m távolságra helyezhetők el
- garázs
- hulladéktartály-tároló (legfeljebb 2,0 m-es belmagassággal)
- közműpótló műtárgy
- kerti víz- és fürdőmedence, napkollektor
- kerti épített tűzrakóhely
- siló, ömlesztett anyag-, folyadék- és gáztároló
- kerti lugas, továbbá lábon álló kerti tető
- szabadon álló és legfeljebb 6,0 m magas szélkerék, antennaoszlop, zászlótartó oszlop
Az alábbi létesítmények csak a falusias lakóövezetekben (Lf-1, Lf-2) az építési helyen belül, és az oldalsó telekhatártól mérve legalább 3 m távolságra helyezhetők el
- az állattartási rendelet előírásainak megfelelő állattartó építmény, illetve egyéb mezőgazdasági építmény
- háztartási célú kemence, húsfüstölő, jégverem, zöldségverem
- állatkifutó
- trágyatároló, komposztáló

A már meglévő és kialakult épületeken állagmegóvás és felújítás végezhető.

A felszíni vagy felszín alatti vizek mozgását befolyásoló építmények elhelyezése esetén az illetékes vízügyi hatóság szakhatóságként működik közre. Ecsér település belterületén olyan tevékenységet szolgáló épület, ami a környezeti levegőt rontja nem helyezhető el. Konténer csak az építési telken belül helyezhető el.



8. ábra: Közműterkép

2.7. Építészeti jellemzők

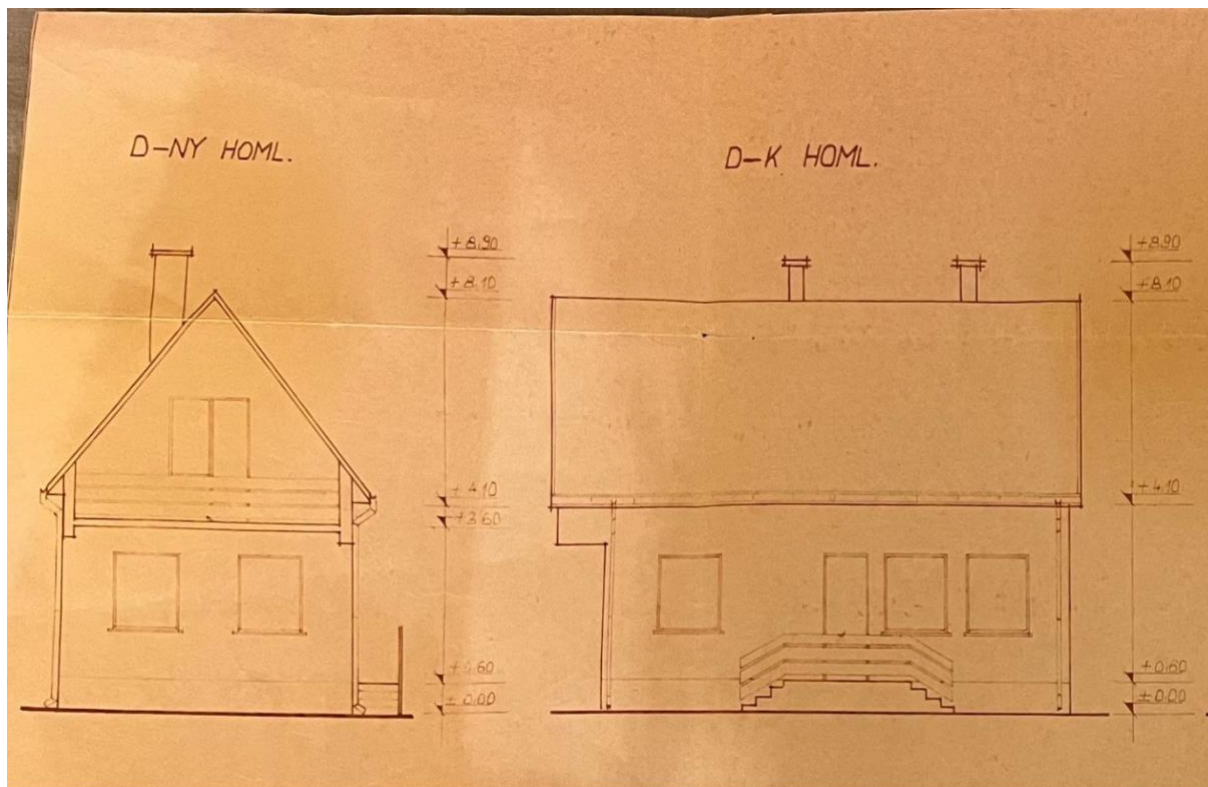
Jelen családi ház 1984-ben épült és azóta nem esett át se bővítésen se felújításon. A ház úsztatott beton sávalapra épületalapja B 100-as szilárdságú beton, ami az egyes alapoknál 30%-os pótlásnak berakott beton és a terméskő nagysága nem haladhatta meg az alap szélességének harmadát, tehát 220 cm-t. A főfalak kisméretű tömör és blokktéglából, míg a melléfalak válaszfal-lapból készültek. Az épület körül 10 cm vastag csömöszölt betonból készült járda. A kornak megfelelően a vízszigetelés L-120 jelű csupaszlemez bitumen ragasztással, amit 10 cm átfedéssel készítettek el. A külső nyílászárók fa szerkezetűek kapcsolt geréb-tokos kivitelben. A födém szerkezet monolit vasbetonszerkezetek függő vasalással, a gerendák között EB 60/29 béléstestekkel. A tetőszerkezet fa fedélszék nyeregtetővel, torokgerendával, végén kontyolással. A fedése hornyolt cserép, bádogozása horganylemezből, forrasztott kötésekkkel és csüngő ereszkialakítással. A szarufák és a torokgerendák között 10 cm vastag hőszigetelés készült. A kémények kisméretű tömör téglából készültek, minden szinten kéménytisztító

nyílásokkal ellátva. A homlokzatot hőszigetelő nemesvakolattal látták el, a belső falakat pedig 2 cm vastag perlit-habarcsos vakolattal. A padló beton simítást követően mozaiklappal és parkettával lett burkolva. A belső falak háromszori meszelést, míg a beltéri ajtók fehér mázolászt kaptak. Az épület tartórendszere falak, födémek állapota kielégítő. Nem találhatóak rajta külsérelmi nyomok, repedések sem. Az épület alapozása szintén megfelelő, a legalacsonyabb pont, a pince helységben nem észlelhető sem vizesedés nem talajrepedés. A tetőszerkezet azonban már nem megfelelő. A cserép fedés több helyes sérült, néhol hiányos. Az csapadékvíz elvezető rendszer korrodált és a forrasztások is hibásak. Az épület homlokzatán nem található sérülés, azonban a külső hőszigetelés energiamegtakarítás szempontjából javasolt. A vízelvezető és vezetékes vízhálózat több helyen is elavult, teljes hálózat cseréje szükséges. Az elektromos vezetékek már nem szabványosak, használatuk baleset és életveszélyes, cseréjük elengedhetetlen. A fűtési rendszer működőképes, azonban a vascsöves fűtés elavult, fejlesztési a hatékonyság és költségcsökkentés érdekében szükségszerű. A belső falak és a mennyezet állapota az emelti helységekben nem megfelelő. Több helyen tapasztalható beázást és repedés, ezt a hibás tetőszerkezet okozta. A padló a földszinti szobában parketta, ami már felújítást igényel, mivel megkopott rajta a lakkréteg. A többi helységben a mozaik lapok szintén kopottak cseréjük javasolt. Az emeleti szinteken a betonsimítást követően nem lett burkolat helyezve, így ezeket pótolni szükséges. Az épületnek a külső nyílászárói már elöregedtek. A geréb tokos ablakok nem jól szigetelnek, így ezeknek a cseréje időszerű az energiatakarékosság jegyében. A beltéri lépcsőnek a padlólapjai hiányoznak, ezeket pótolni szükséges, a vasszerkezet jó állapotban van.

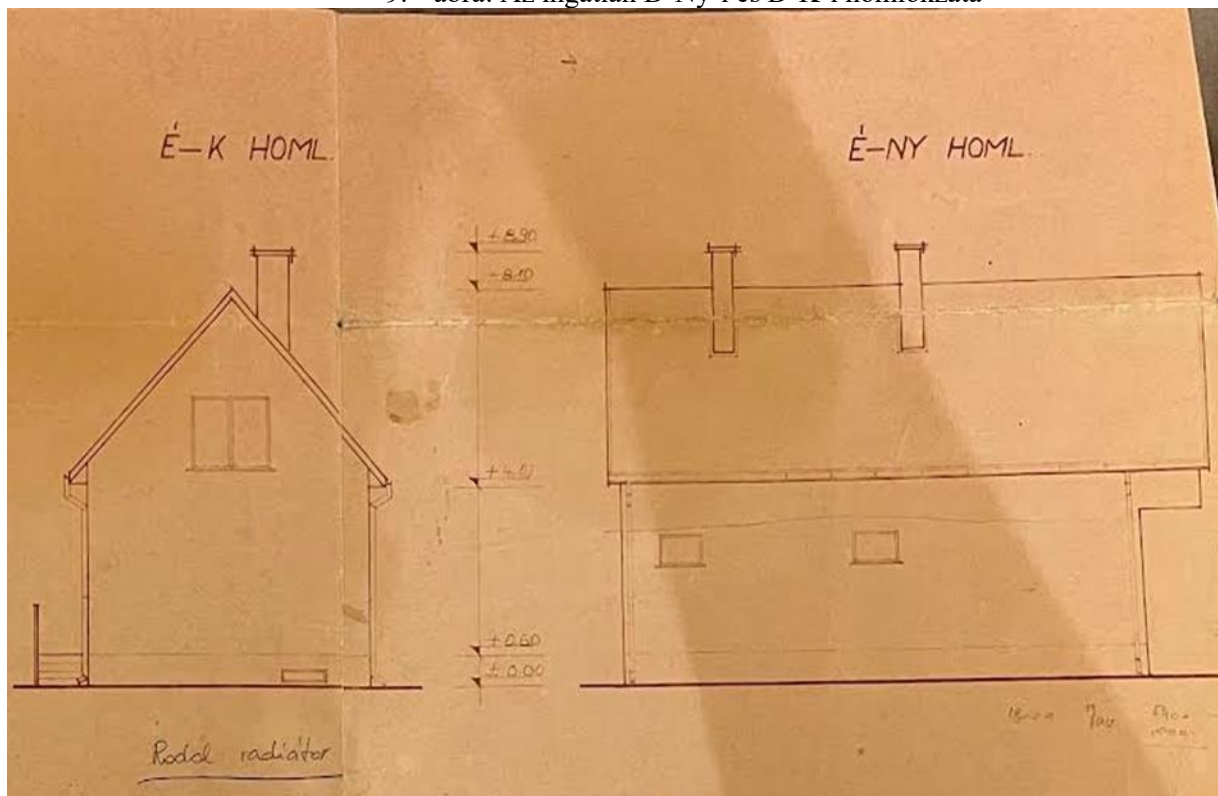
2.8. Jelenlegi épületszerkezeti elemek vizsgálata

Az épület tartórendszere falak, födémek állapota kielégítő. Nem találhatóak rajta külsérelmi nyomok, repedések sem. Az épület alapozása szintén megfelelő, a legalacsonyabb pont, a pince helységben nem észlelhető sem vizesedés nem talajrepedés. A tetőszerkezet azonban már nem megfelelő. A cserép fedés több helyes sérült, néhol hiányos. Az csapadékvíz elvezető rendszer korrodált és a forrasztások is hibásak. Az épület homlokzatán nem található sérülés, azonban a külső hőszigetelés energiamegtakarítás szempontjából javasolt. A vízelvezető és vezetékes vízhálózat több helyen is elavult, teljes hálózat cseréje szükséges. Az elektromos vezetékek már nem szabványosak, használatuk baleset és életveszélyes, cseréjük elengedhetetlen. A fűtési rendszer működőképes, azonban a vascsöves fűtés elavult, fejlesztési a hatékonyság és költségcsökkentés érdekében szükségszerű. A belső falak és a mennyezet az emelti helységekben nem megfelelő. Több helyen tapasztalható beázást és repedés, ezt a hibás tetőszerkezet okozta. A padló a földszinti szobában parketta, ami már felújítást igényel, mivel

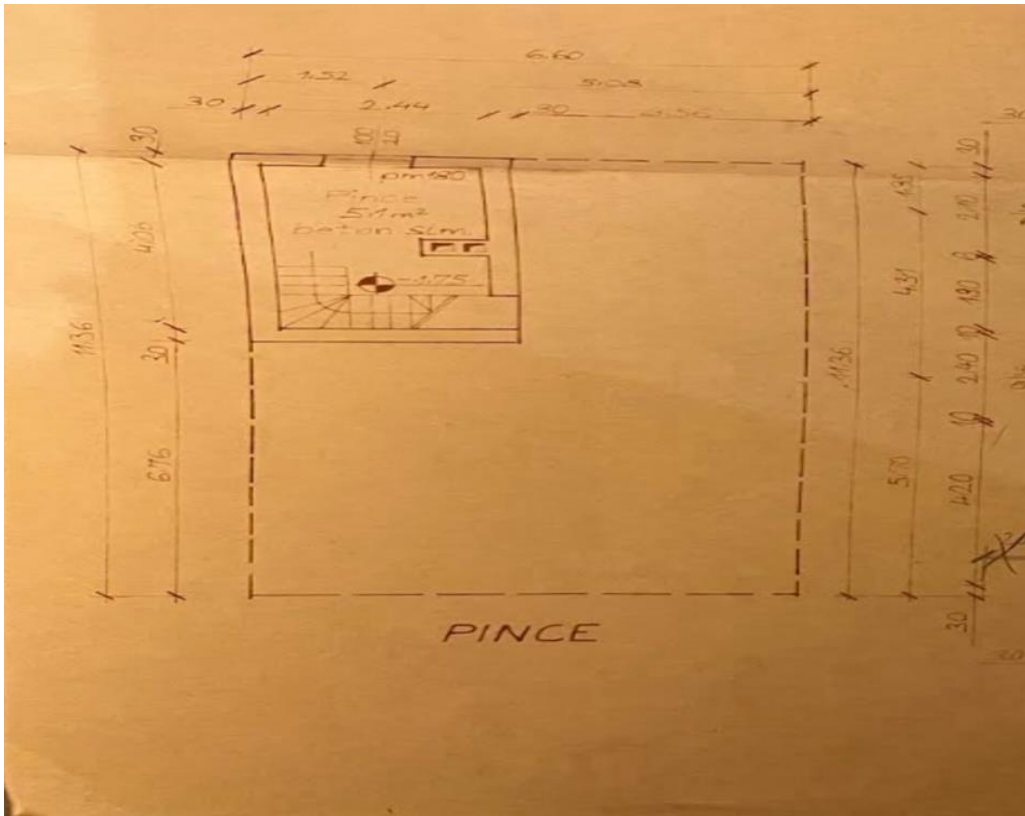
megkopott rajta a lakkréteg. A többi helységben a mozaik lapok szintén kopottak cseréjük javasolt. Az emeleti szinteken a betonsimítást követően nem lett burkolat helyezve, így ezeket pótolni szükséges. Az épületnek a külső nyílászárói már előregedtek. A geréb tokos ablakok nem jól szigetelnek, így ezeknek a cseréje időszerű az energiatakarékosság jegyében. A beltéri lépcsőnek a padlólapjai hiányoznak, ezeket pótolni szükséges, a vasszerkezet jó állapotban van.



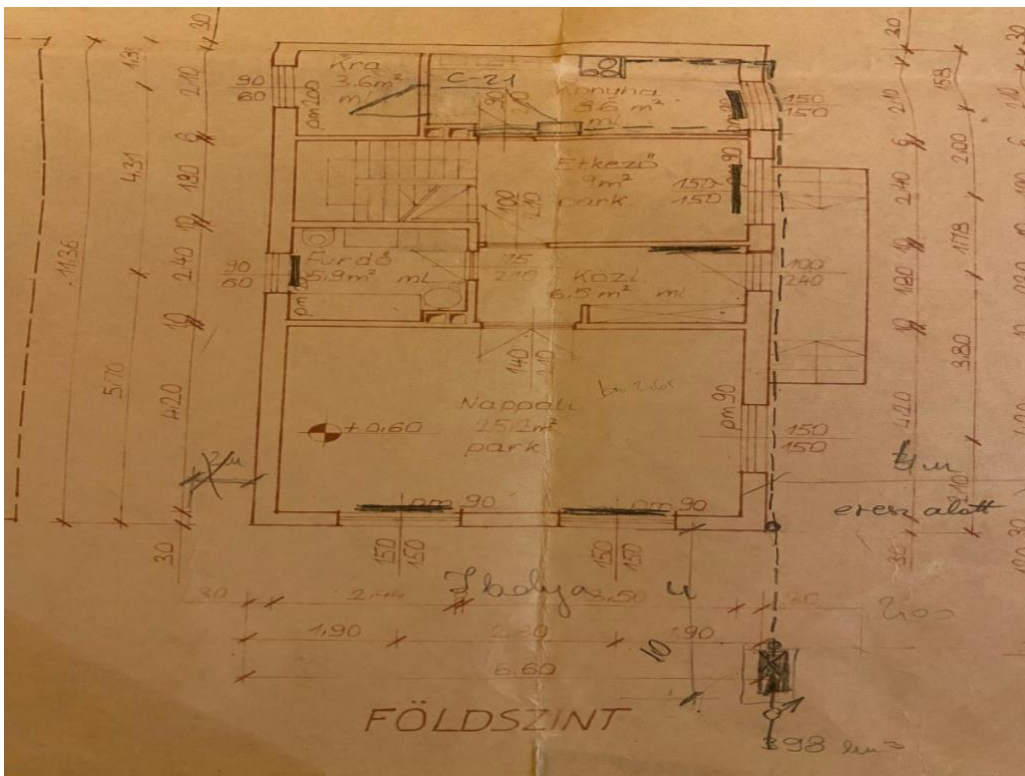
9. ábra: Az ingatlan D-Ny-i és D-K-i homlokzata



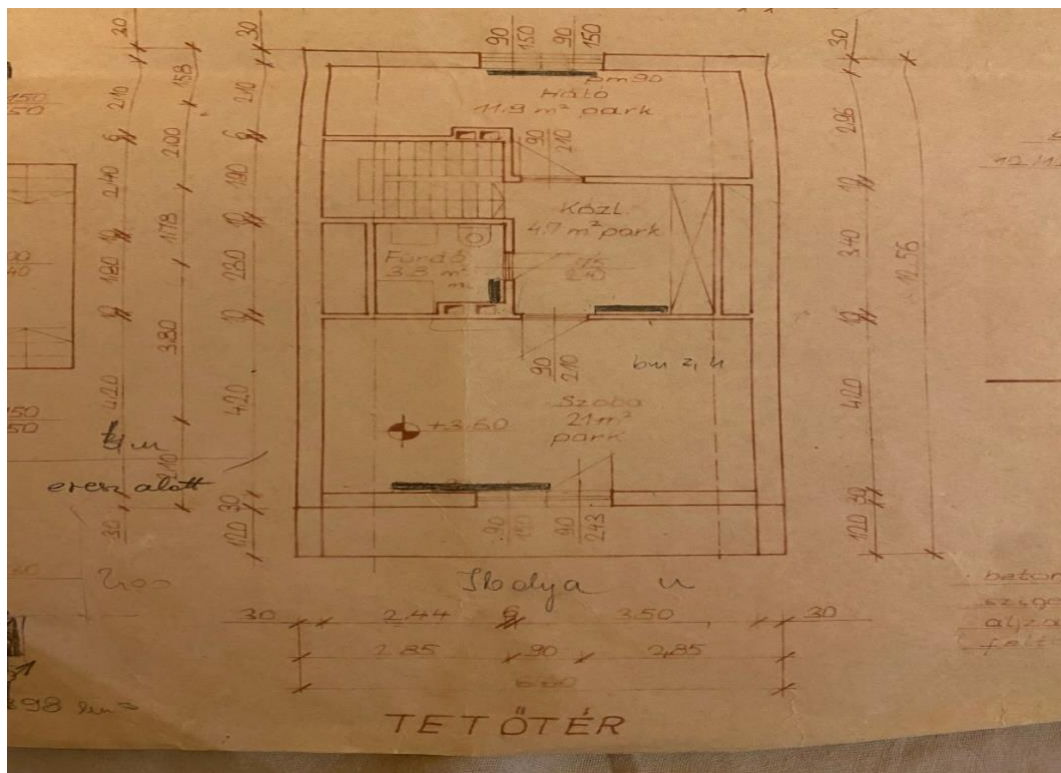
10. ábra: Az ingatlan É-K-i és É-Ny-i homlokzata



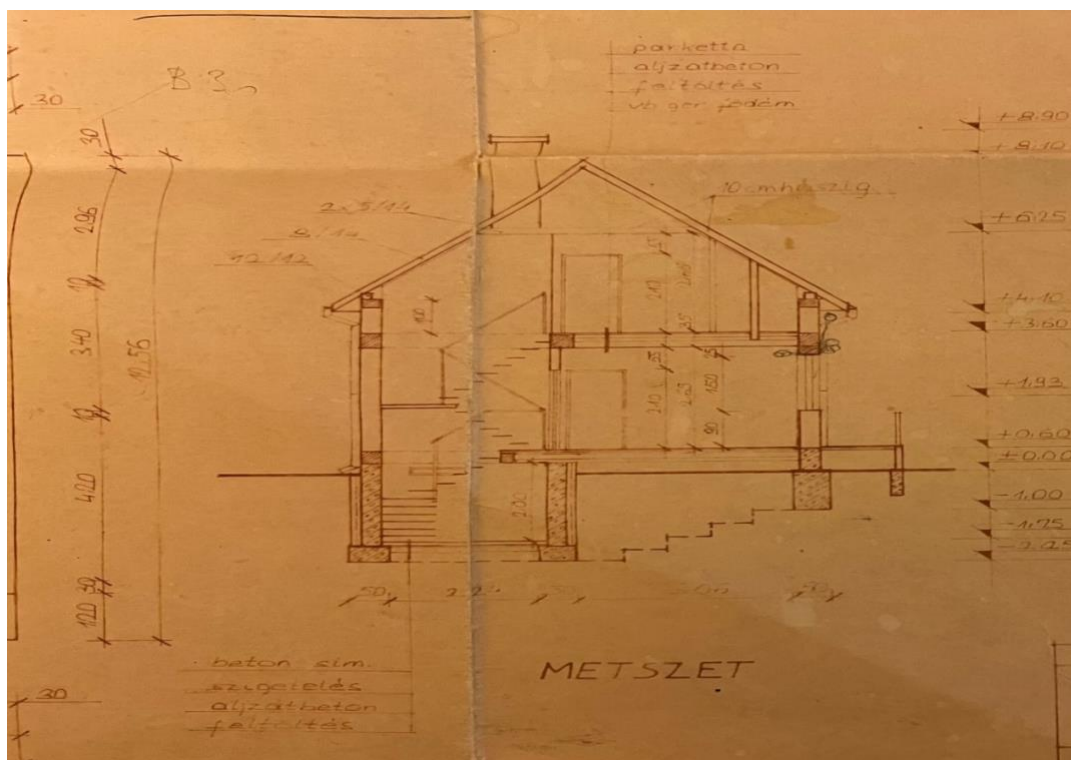
11. ábra: A pince alaprajza



12. ábra: Földszinti alaprajz



13. ábra: Tetőtér alaprajza



14. ábra: Az ingatlan metszete

Pincszint	Pince 5,1 m ² betonsimítás
Földszint	Előszoba 6,5 m ² mozaiklap
	Étkező 9,0 m ² mozaiklap
	Konyha 8,6 m ² mozaiklap

	Kamra 3,6 m ² mozaiklap
	Fürdő 5,9 m ² mozaiklap
	Nappali 25,2 m ² parketta
Tetőtér	Közlekedő 4,7 m ² mozaiklap
	Fürdő 3,8 m ² mozaiklap
	Szoba 21,0 m ² parketta
	Szoba 11,9 m ² parketta

7. táblázat: Helyiségek szintenként

2.9. Energetikai állapotfelmérés

A ház energetikai tanúsítása alapján az összesített primerenergia-felhasználás:

EP = 276,36 kWh/m²·év, amely messze meghaladja a közel nulla energiaigényű épületek megengedett határértékét (EP_{max} = 100 kWh/m²·év).

Külső falak:	U=1,115W/m ² *K
Padlásfödém	U=0,211W/m ² *K
Pincefödém:	U=0,578W/m ² *K
Nyílászárók:	U=2,8W/m ² *K

8. táblázat: a fő hőveszteségi tényezők

A fűtési rendszer alacsony hatásfoka és a hőszigetelés hiánya miatt a ház energiahatékonysága a „II” kategóriába (gyenge) sorolható, ami nagyjából 1980-as szintű energetikai teljesítményt jelent. A fajlagos hőveszteségtényező (q) számított értéke 0,884 W/m³K, míg a megengedett határérték 0,294 W/m³K. Ez azt jelenti, hogy az épület hővesztesége a megengedett érték háromszorosát is meghaladja, így az energetikai korszerűsítés indokoltsága egyértelmű.

2.10. Összegzés

Épületrész / rendszer	Jelenlegi állapot	Probléma
Külső fal	38 cm téglá, hőszigetelés nélkül	Magas hőveszteség
Födém	Minimális üveggyapot	Elégtelen hővédelem

Nyílászárók	Fa, egyrétegű üveg	Rossz légzárás
Fűtési rendszer	FÉG C18, vasradiátorok	Alacsony hatásfok
HMV rendszer	Villanybojler	Nagy villamos fogyasztás
Villamos hálózat	Alumínium	Nem szabványos
Megújuló energia	Nincs	Magas EP érték

9. táblázat: a jelenlegi állapot problémái

3. Energetikai audit és számítások

3.1. Az energetikai audit célja és módszertana

Az energetikai audit az épület energiafelhasználásának részletes vizsgálatát, az energiaáramlások feltérképezését és a fejlesztési potenciál azonosítását jelenti.

Célja, hogy:

- meghatározza az épület fajlagos energiafogyasztását
- feltárja a hőveszteség fő forrásait
- javaslatot tegyen korszerűsítési intézkedésekre
- számszerűsítse a megtakarítási potenciált

A jelen dolgozatban alkalmazott módszertan a 7/2006. (V.24.) TNM rendelet és az MSZ EN ISO 13790:2008 (Épületek fűtési energiaigényének számítása) szabvány előírásain alapul.

Az audit három fő szintre tagolódik:

- Épületszerkezeti audit: hőtechnikai jellemzők, hőátbocsátási tényezők meghatározása
- Épületgépészeti audit: fűtési, HMV és villamos rendszerek vizsgálata
- Energetikai mérleg: fajlagos hőveszteség, primerenergia-felhasználás, energiahatékonysági mutatók meghatározása

3.2. Hőtechnikai vizsgálat – szerkezetek jellemzői

Az épület hőveszteségeinek meghatározásához elsőként a határoló szerkezetek hőátbocsátási tényezőjét (U-érték) kell kiszámítani.

Szerkezet	Hővezetési tényező tényező (W/m ² K)	Eredő hőátbocsátási tényező (W/m ² K)	Megjegyzés
Külső fal	0,521	1,115	38 cm téglá, vakolattal
Padlásfödém	0,192	0,211	minimális hőszigetelés
Pincefödém	0,482	0,578	talaj felé hűlő szerkezet
Tető	0,213	0,255	üveggyapot + cserép fedés
Nyílászáró	–	2,8	fa, egyrétegű üveg

10. táblázat: rétegrendek és értékei

A hőátbocsátási tényezők kiszámítása az alábbi képlettel történt:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se}}$$

ahol

- $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ – belső hőátadási ellenállás
- $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ – külső hőátadási ellenállás
- d_i – az egyes rétegek vastagsága (m)
- λ_i – az adott réteg hővezetési tényezője (W/m*K)

A fenti értékek alapján jól látható, hogy a falak és a nyílászárók hőátbocsátása többszörösen meghaladja a TNM rendeletben előírt határértékeket, így a legnagyobb hőveszteség ezeknél a szerkezeteknél jelentkezik.

3.3. A fajlagos hővesztésgtényező meghatározása

A fajlagos hővesztésgtényező (q) az épület burkolatán keresztül elszökő hőenergia mennyiségét mutatja a fűtött térfogat egységére vetítve:

$$q = \frac{\Sigma(A_i \cdot U_i) + \Sigma(l_j \cdot \Psi_j) - (Q_{sd} + Q_{sid})/72}{V}$$

ahol

Tag	Jelentés	Egység	Magyarázat
$H \Sigma(A_i \cdot U_i)$	Összes hőátbocsátás a felületeken	W/K	Az épület minden határoló szerkezetén (fal, tető, földém, ablak) áthaladó hő.
$\Sigma(l_j \cdot \Psi_j)$	Vonalmenti hőhidak hőátbocsátása	W/K	Koszorú, lábazat, sarok, ablakkeret, földémcsatlakozás.
$(Q_{sd} + Q_{sid})/72$	Hasznos napsugárzási nyereség	W/K	A napenergia és belső nyereségek éves átlagban „ellensúlyozzák” a veszteséget.
V	Fűtött légtérfoga	m ³	Az épület teljes belső térfogata, amelyet fűtünk.

11. táblázat: Hőtechnikai jelölések és definíciók (összefoglaló)

A /72 osztás a TNM rendeletből származik: az éves napsugárzási és belső hőnyereségeket 72 hőmérsékletnapos referencia-időszakra normalizálja ($72000 \text{ hK/év} \rightarrow 72 \cdot 10^3/1000$). Ez a korrekció teszi összehasonlíthatóvá az épületeket.

Határoló szerkezetek hőátbocsátása

Korábbi fejezet alapján:

Szerkezet	A (m ²)	U (W/m ² K)	A · U (W/K)
Külső falak	177	1,115	197,355
Padlásföldém	74,5	0,211	15,7
Pinceföldém	20	0,578	11,56
Nyílászárók	19	2,80	53,2
Tetőfelület	105	0,255	26,8
Összesen	-	-	304,615 W/K

12. táblázat: szerkezeti egységek

Hőhidak hatása:

Helyszín	hőhíd típusa	hossz (m)	Ψ (W/mK)	$l \cdot \Psi$ (W/K)
Koszorú	lineáris	32	0,25	8,0
Lábazat	lineáris	28	0,30	8,4
Ablakkeret	pontszerű	22	0,20	4,4
Födém-fal	lineáris	16	0,35	5,6
Sarok	pontszerű	10	0,18	1,8
Összesen	-	-	-	28,2 W/K

13. táblázat: jellemző vonalmenti hőhidak hőátbocsátása

$$\Sigma(l_j \cdot \Psi_j) = 28,2 \text{ W/K}$$

Napsugárzási és belső nyereség

A TNM szerint az éves napsugárzási nyereség (Q_{sd}) és a belső hőnyereség (Q_{sid}) az épület tájolásától és nyílászáróitól függ.

Esetünkben:

$$Q_{sd} + Q_{sid} = 2\,000 \text{ kWh/év}$$

Ezt átszámítjuk W/K formátumra:

$$\frac{2\,000}{72} = 27,8 \text{ W/K}$$

Fűtött légtérfogat:

$$V = 256,4 \text{ m}^3$$

A képlet szerinti helyettesítés:

$$q = \frac{(\Sigma(A_i \cdot U_i) + \Sigma(l_j \cdot \Psi_j) - (Q_{sd} + Q_{sid})/72)}{V}$$
$$q = \frac{(304,615 + 28,2 - 27,8)}{256,4} = \frac{305,015}{256,4} = 1,19 \text{ W/m}^3\text{K}$$

Összevetés a megengedett értékkel

A megengedett határérték a TNM rendelet szerint:

$$q_{megengedett} = 0,294 \text{ W/m}^3\text{K}$$

Tehát:

$$\frac{q_{számított}}{q_{megengedett}} = \frac{1,19}{0,294} = 4,04$$

Ez azt jelenti, hogy az épület négyszeres több hőenergiát veszít, mint ami a mai energetikai követelmények szerint még elfogadható lenne.

3.4. Fűtési energiaigény számítása

A fűtési idény energiaigénye az alábbi képlettel határozható meg:

$$Q_F = H \cdot [V \cdot q + 0,35 \cdot \Sigma V_{inf,F}] \cdot \sigma - P_{LT,F} - Z_F \cdot Q_{b,\epsilon}$$

ahol

Jel	Jelentés	Érték
H	Fűtési fokhíd	72 000 hK/év
V	Fűtött légtérfogat	256,4 m ³
q	Fajlagos hővesztéstényező	1,19 W/m ³ K
$\Sigma V_{inf,F}$	Infiltrációs légcseré	128,2 m ³ /h
σ	Korrekciós tényező	1,0

$P_{LT,F}$	Időbeli kiegyenlítésből adódó veszteség	0 W (elhanyagolható)
$Z_F \cdot Q_{b,\varepsilon}$	Belső hőnyereség hasznos része	0 W (kis lakóépületnél elhanyagolható)

14. táblázat: Fűtési idény számítási paraméterei

Zárójelben lévő kifejezés kiszámítása:

$$\begin{aligned}
 [V \cdot q + 0,35 \cdot \Sigma V_{inf,F}] &= 256,4 \cdot 1,19 + 0,35 \cdot 128,2 \\
 &= 305,116 + 44,87 = 349,986 \text{ W/K}
 \end{aligned}$$

Ez az érték mutatja, hogy 1 K hőmérsékletkülönbség esetén az épület óránként 349,986 watt hőenergiát veszít el.

Szorzás a fűtési fokhíddal:

A fűtési fokhíd $H = 72000 \text{ hK/a}$, ami azt jelenti, hogy egy év során az épület átlagosan ennyi „hőmérséklet-idő” szorzatot tapasztal (azaz a lehülési potenciált). Ez a fokhíd az egész fűtési idény időtartamát jelképezi.

$$Q_F = 72000 \cdot 349,986 = 25\,198\,992 \text{ Wh/a}$$

Átváltás kWh-ra és MWh-ra:

$$Q_F = 25\,198\,992 \text{ Wh} = 25\,199 \text{ kWh} = 25,2 \text{ MWh/év}$$

Ez az éves fűtési energiaigény.

Korrektációs tényezők alkalmazása:

A szakaszos üzem és belső hőnyereségek figyelembevételével:

$$Q_F = 25,2 \cdot \sigma - P_{LT,F} - Z_F \cdot Q_{b,\varepsilon}$$

Mivel:

- $\sigma = 1,0$
- $P_{LT,F} = 0$
- $Z_F \cdot Q_{b,\varepsilon} = 0$

$$Q_F = 25,2 \text{ MWh/év}$$

Eredmény értelmezése:

A számított éves fűtési energiaigény: 25,2 MWh Ez azt jelenti, hogy az épület a teljes fűtési szezonban kb. 25 199 kWh hőenergiát igényel a belső hőmérséklet fenntartásához.

Ha a hasznos alapterület 105,3 m², akkor a fajlagos fűtési energiaigény:

$$q_F = \frac{25\,199}{105,3} = 239,30 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{év}$$

Ez az érték a HH–II energetikai kategóriának felel meg, ami megerősíti a kiinduló audit eredményét, hogy az épület erősen korszerűtlen.

3.5. Nyári túlmelegedés vizsgálata

A nyári túlmelegedés kockázatát a következő összefüggéssel lehet ellenőrizni:

$$\Delta t_{b,nyár} = \frac{Q_{sd,nyár} + Q_b}{\Sigma(A_i \cdot U_i) + \Sigma(l_j \cdot \Psi_j) + 0,35V_{nyár}}$$

Jelölés	Jelentés	Érték /Mértékegység
$Q_{sd,nyár}$	A nyári időszakban a napsugárzási nyereség (ablakokon át bejutó hőenergia)	450 W
Q_b	A belső hőnyereségek (emberek, világítás, berendezések)	550 W
$\Sigma(A_i \cdot U_i)$	Az épület hőveszteségeinek összege a határoló szerkezeteken keresztül	238 W/K
$\Sigma(l_j \cdot \Psi_j)$	A vonalmenti hőhidak hőátbocsátása	40 W/K
$0,35V_{nyár}$	A szellőzésen keresztüli hőelvezetés (V = fűtött térfogat, 0,35 = levegő hőelvezetési tényező)	256 m ³

15. táblázat: Nyári hőterhelés számításának bemenő paraméterei

A nevező kiszámítása (hőelvezetés):

$$\begin{aligned} \Sigma(A_i \cdot U_i) + \Sigma(l_j \cdot \Psi_j) + 0,35 \cdot V_{nyár} &= 238 + 40 + (0,35 \cdot 256) \\ &= 238 + 40 + 89,6 = 367,6 \text{ W/K} \end{aligned}$$

Ez jelenti az épület teljes hőleadási képességét, vagyis, hogy 1 °C hőmérséklet-különbség esetén kb. 367,6 watt hőenergia távozik el.

A számláló kiszámítása (összes hőnyereség):

$$Q_{sd,nyár} + Q_b = 450 + 550 = 1000 \text{ W}$$

Ez a nyári napsugárzásból és a belső forrásokból származó összes hőnyereség.

Belső hőmérséklet-emelkedés ($\Delta t_{b,nyár}$):

$$\Delta t_{b,nyár} = \frac{1000}{367,6} = 2,72 \text{ °C}$$

Ez a nyers hőmérséklet-emelkedés, amennyiben nincs külön szellőzés vagy hőelvezetés. Viszont az épület termikus tehetetlensége (τ) és a szellőzés hatásfoka ($\eta = 0,8$) miatt korrekciót alkalmazunk:

$$\Delta t_{b,nyár,kor} = \Delta t_{b,nyár} \cdot \eta \cdot f_{árny}$$

ahol

- $\eta = 0,8$ – természetes szellőzés,
- $f_{árny} = 0,25$ – déli ablakok árnyékolva.

$$\Delta t_{b,nyár,kor} = 2,72 \cdot 0,8 \cdot 0,25 = 0,544 \text{ °C}$$

Mivel az elfogadható határérték 3°C, a túlmelegedés veszélye alacsony. Ez részben a kedvező déli tájolásnak, részben a tetőszerkezet feletti légréteg szellőzésének köszönhető.

Azonban a nyári hűtési komfort javítására célszerű inverteres klímaberendezések telepítése, amelyek hűtési üzemben A+++ energiasztályt képviselnek.

3.6.Használati melegvíz (HMV) energiaigény

A melegvíz éves hőenergia-igénye a következőképpen számítható:

$$Q_{HMV} = \Sigma A_N \cdot q_{HMV}$$

Ahol

Jelölés	Jelentés	Mértékegység
Q_{HMV}	Használati melegvíz éves hőenergia-igénye	kWh/év
ΣA_{N}	Az épület összes hasznos alapterülete (fűtött alapterület) Fajlagos melegvíz-energiaigény	m ²
q_{HMV}	Fajlagos melegvíz-energiaigény (lakóépület (20-30 közötti))	kWh/m ² ·év

16. táblázat: HMV számítás jelölései

$$Q_{\text{HMV}} = 105,3 \text{ m}^2 \cdot 25 = 2632,5 \text{ kWh/év}$$

Alapadatok

- 2 fő lakó
- napi vízigény: kb. 50 liter/fő 45 °C-os kevert víz → 100 liter/nap összesen
- $\Delta T \approx 35 \text{ K}$ (10 °C → 45 °C)
- villanybojler ($\eta \approx 1,0$)
- tárolási + elosztási veszteség kb. 23 %

Számítás lépésről lépésre

Hasznos hőigény 1 napra:

$$Q_{\text{nap}} = 100 \text{ kg} \times 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \times 35 \text{ K}$$

$$Q_{\text{nap}} \approx 14651 \text{ kJ} \approx 4,07 \text{ kWh}$$

Éves hasznos hőigény:

$$4,07 \text{ kWh/nap} \times 365 \text{ nap} = 1485 \text{ kWh/év}$$

Veszteségekkel ($\times 1,23$):

$$1485 \times 1,23 \approx 1827 \text{ kWh/év}$$

A villanybojler elektromos működése miatt a primerenergia-felhasználás magas:

$$E_{HMV} = Q_{HMV} \cdot f_{pri,el} = 1827 \cdot 2,1 = 3836,7 \text{ kWh/év}$$

Ha a hasznos alapterület 105,3 m², akkor a fajlagos HMV energiaigény:

$$q_{Hmv} = \frac{3836,7}{105,3} = 36,43 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{év}$$

3.7. Összesített energetikai jellemző

Az épület teljes primerenergia-fogyasztása:

$$EP = E_{\text{fűtés}} + E_{HMV} + E_{\text{világítás}} + E_{\text{hűtés}}$$

A jelenlegi állapotban:

$$EP = 239,93 + 36,43 + 0 + 0 = 276,36 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{év}$$

Ez több mint kétszerese a megengedett 100 kWh/m²·év határértéknek. Az energetikai tanúsítás alapján az épület „II” kategóriába sorolható, ami gyenge energiahatékonyságot jelez.

3.8. Energetikai audit eredményeinek értékelése

- Az audit során feltárt főbb problémák
- a határoló szerkezetek hőszigetelése gyenge
- a fűtési és HMV-rendszer elavult
- a nyílászárók nagy hőveszteséget okoznak
- a villamos hálózat elöregedett
- a primerenergia-fogyasztás rendkívül magas

4. Energetikai korszerűsítési javaslatok és alternatívák

Az épület energetikai korszerűsítésének célja a jelenlegi, elavult szerkezetek és gépészeti rendszerek modernizálása, a primerenergia-felhasználás csökkentése, valamint a komfort és a környezeti fenntarthatóság javítása.

A fejlesztés alapelvei:

- Energiahatékonyság: a hőveszteségek minimalizálása, az energiaáramlás optimalizálása, a rendszerek szabályozhatóságának javítása
- Gazdaságosság: beruházási költség és megtérülési idő egyensúlya
- Fenntarthatóság: megújuló energiaforrások beépítése, CO₂-kibocsátás csökkentése
- Komfortnövelés: hőérzet, zajkomfort, és automatizált vezérlés javítása

A korszerűsítés három szinten valósítható meg:

- A-változat – Alap korszerűsítés
- B-változat – Közepes korszerűsítés
- C-változat – Komplex korszerűsítés

4.1. Alap korszerűsítés

Ez a változat a legköltséghatékonyabb, ezek beavatkozásokat rövid megtérüléssel bírnak.

A cél az alapvető hőveszteségek mérséklése és az üzemeltetési biztonság növelése.

Intézkedés	Műszaki tartalom	Várható hatás
Külső fal hőszigetelése	10 cm EPS szigetelés, $\lambda=0,039$ W/mK	Hőátbocsátás csökkenése 1,115 \rightarrow 0,33 W/m ² K
Födém hőszigetelése	15 cm ásványgyapot	Hőátbocsátás csökkenése 0,211 \rightarrow U=0,113 W/m ² K
Nyílászárók cseréje	2 rétegű, U=1,1 W/m ² K műanyag ablakok	Hőátbocsátás csökkenése 2,8 \rightarrow U=1,1 W/m ² K
Kazáncsere	Kondenzációs gázkazán, 95%-os hatásfok	Fűtési energiaigény 15– 20%-kal csökken
Csőhálózat részleges felújítása	Ötrétegű csövek a földszinten	Kisebb hőveszteség, biztonságosabb működés

17. táblázat: alap korszerűsítés várható változásai

Paraméter	Jel	Érték
Éves energiafogyasztás (jelenlegi)	E ₀	25,2 MWh/év
Átlagos (50% rezsicsökkentett, 50% piaci) földgázár (lakossági, bruttó)	C _e	40 235 Ft/MWh
Diszkontráta (tőkeköltség)	r	4%

Beruházás értékelési időtávja	n	15 év
Infláció (reál)	i	3%
Átlagos energiaár-növekedés	g	5%/év

18. táblázat: számítási alapadatok

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
A	Külső fal felülete	177	m ²
U1	Szigetelés előtti hőátbocsátási tényező	1,115	W/m ² *K
U2	Szigetelés utáni hőátbocsátási tényező	0,33	W/m ² *K
ΔU	Hőátbocsátás csökkenése	0,785	W/m ² *K
ΔT	Átlagos fűtési hőmérséklet-különbség	15	K
H	Fűtési idény időtartalma	4 320	óra (6 hónap fűtés, napi 24 óra * 180 nap = 4 320 h)

19. táblázat: Külső fal szigetelés megtakarítása

Hővesztesség csökkenése külső falak:

$$\dot{Q}_{megtak} = A \cdot \Delta U \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q}_{megtak} = 177 \cdot 0,785 \cdot 15 = 2\,084,175 \text{ W}$$

Tehát a falakon keresztüli hővesztesség 2,779 kW-tal csökken, ha a szigetelést elvégezzük.

Éves hőenergia-megtakarítás

$$Q_{megtak} = \dot{Q}_{megtak} \cdot H$$

$$Q_{megtak} = 2\,085,175 \text{ W} \cdot 4320 \text{ h} = 9\,007\,956 \text{ Wh} = 9\,008 \text{ kWh}$$

Éves hőenergia-megtakarítás:

$$Q_{megtak} = 9,008 \text{ MWh/év}$$

Ez azt jelenti, hogy a külső falak leszigetelése évente kb. 9,008 MWh hőenergiát takarít meg, ha a hőmérséklet-különbség és a fűtési időszak a megadott értékek szerint alakul. 9,008 MWh * 40 235 Ft/MWh = 362 436,88 Ft

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
A	Födém felülete	74,5	m ²
A2	Pince födém felülete	20	m ²

U1	Szigetelés előtti hőátbocsátási tényező	0,211	W/m ² *K
U2	Szigetelés utáni hőátbocsátási tényező	0,113	W/m ² *K
ΔU	Hőátbocsátás csökkenése	0,098	W/m ² *K
U11	Szigetelés előtti hőátbocsátási tényező	0,578	W/m ² *K
U22	Szigetelés utáni hőátbocsátási tényező	0,23	W/m ² *K
ΔU2	Hőátbocsátás csökkenése	0,348	W/m ² *K
ΔT	Átlagos fűtési hőmérséklet-különbség	15	K
H	Fűtési idény időtartalma	4 320	óra (6 hónap fűtés, napi 24 óra * 180 nap = 4 320 h)

20. táblázat: hőveszteség csökkenése padlásfödémnél

Hőveszteség csökkenése födém:

$$\dot{Q}_{1_megtak} = A1 \cdot \Delta U \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q}_{1_megtak} = 74,5 \cdot 0,098 \cdot 15 = 109,515 \text{ W}$$

$$Q2 = A1 \cdot \Delta U \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q}_{2_megtak} = 20 \cdot 0,348 \cdot 15 = 104,4 \text{ W}$$

A födémen keresztül elszökő hő 213,913 W-tal csökken a szigetelés után.

Éves hőenergia-megtakarítás (Wh/év)

$$Q_{megtak} = \dot{Q}_{megtak} \cdot H$$

$$Q_{megtak} = 213,915 \cdot 4\,320 = 924\,112,8 \text{ Wh} = 924,113 \text{ kWh/év}$$

$$0,924 \text{ MWh} \cdot 40\,235 \text{ Ft/MWh} = 37\,177,14 \text{ Ft}$$

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
A	Nyílászárók felülete	19	m ²
U1	Régi ablakok hőátbocsátási tényező	2,8	W/m ² *K

U2	Új ablakok hőátbocsátási tényező	1,1	W/m ² *K
ΔU	Hőátbocsátás csökkenése	1,7	W/m ² *K
ΔT	Átlagos fűtési hőmérséklet-különbség	15	K
H	Fűtési idény időtartalma	4 320	óra (6 hónap fűtés, napi 24 óra * 180 nap = 4 320 h)

21. táblázat: hőveszteség csökkenése nyílászárók cseréjénél

Hőveszteség csökkenése

$$\dot{Q}_{\text{megtak}} = A \cdot \Delta U \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q}_{\text{megtak}} = 19 \cdot 1,7 \cdot 15 = 484,5 \text{ W}$$

Az ablakcsere után az épület hővesztesége 0,4845 kW-tal csökken.

Éves hőenergia-megtakarítás

$$Q_{\text{megtak}} = \dot{Q}_{\text{megtak}} \cdot H$$

$$Q_{\text{megtak}} = 484,5 \text{ W} \cdot 4 320 \text{ h} = 2 093 040 \text{ Wh} = 2 093,040 \text{ kWh/év}$$

Reális korrekció (időjárás, napsütés, szakaszos fűtés) A valóságban a teljes hőmérséklet-különbség és üzemidő nem áll fenn folyamatosan, ezért kb. 0,75-ös korrekciós tényezőt használunk:

$$Q_{\text{megtak,real}} = 2 093,040 \cdot 0,75 = 1569,78 \text{ kWh/év}$$

$$1,569 \text{ MWh} \cdot 40 235 \text{ Ft/MWh} = 63 128,175 \text{ Ft}$$

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
V	Fűtött légtérfogat	256,4	m ³
q	Fajlagos hőveszteségtényező (meglévő állapot)	1,32	W/m ³ *K
η _{régi}	Régi FÉG C18 kazán hatásfoka	0,78	
η _{új}	Viessmann Vitodens 100 hatásfoka	0,96	
σ	Korrekciós tényező (szakaszos üzem, komfort)	1,0	

22. táblázat: kazán csere megtakarítása

Az éves fűtési energiaigény (hasznos hőigény)

A fűtési energiaigény (hasznos hő) az épület hőveszteségéből adódik:

$$[V \cdot q + 0,35 \cdot \Sigma V_{inf,F}] = 256,4 \cdot 1,19 + 0,35 \cdot 128,2$$

$$= 305,116 + 44,87 = 349,986 \text{ W/K}$$

$$Q_F = 72000 \cdot 349,986 = 25\,198\,992 \text{ Wh/a}$$

A ház éves hasznos hőigénye $\approx 25,2$ MWh (amit a fűtés ténylegesen igényel).

A kazánok energiafelhasználása

A kazán a hasznos hőmennyiséget a hatásfokának megfelelő tüzelőanyag-felhasználással tudja biztosítani.

$$Q_{bemenet} = \frac{Q_{hasznos}}{\eta}$$

Kazán típusa	Hatásfok	Szükséges tüzelőenergia (MWh/év)
Régi FÉG C18	0,78	$25,2 / 0,78 = 32,30$ MWh/év
Viessmann Vitodens 100	0,96	$25,2 / 0,96 = 26,25$ MWh/év

23. táblázat: kazánok összehasonlítása

Energia-megtakarítás

$$\Delta Q = 32,3 - 26,25 = 6,05 \text{ MWh/év}$$

Éves hőenergia-megtakarítás: 6,05 MWh/év

$$6,05 \text{ MWh} \cdot 40\,235 \text{ Ft/MWh} = 243\,421 \text{ Ft}$$

Kazán cserével a HMV megtakarítás számítása:

Kiinduló hasznos hőigény (amit mindkét rendszernek biztosítani kell)

- Napi: $100 \text{ kg} \times 4,186 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)} \times 35 \text{ K} \approx 4,07 \text{ kWh/nap}$
- Éves: $4,07 \times 365 \approx 1485 \text{ kWh/év}$ (hasznos)

Villanybojler ($\eta \approx 1,0$; +23% veszteség)

- Éves végenergia: $1485 \times 1,23 \approx 1827 \text{ kWh/év}$ (elektromos)
- Éves primerenergia: $1827 \times 2,1 \approx 3837 \text{ kWhPE/év}$

Vitodens kombi kazán (nincs tároló; $\sim 10\%$ elosztási veszteség)

Végenergia (gáz, LHV) $\approx 1485 \times 1,10 / \eta_{HMV}$

- $\eta_{HMV} = 0,90$ esetén: ≈ 1816 kWh/év gáz
- Primerenergia (fpri,gáz = 1,1): ≈ 1997 kWhPE/év

Eredmény – primerenergia-megtakarítás

- Villanybojler: ≈ 3837 kWh /év
- Kombi kazán: ≈ 1997 kWh/év
- Megtakarítás: ≈ 1840 kWh/év

$$1,84 \text{ MWh} * 40\,235 \text{ Ft/MWh} = 74\,032,4 \text{ Ft}$$

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
L	Csővezeték hossza	50	m
d	Külső átmérő (vascső DN20)	0,026	m
λ	Hővezetési tényező (acél)	50	W/m*K
U1	Hővesztés fajlagosan (fal kívüli, nem szigetelt)	35	W/m
U2	Hővesztés fajlagosan (falba épített, ötrétegű, szigetelt)	5	W/m
ΔU	Hőátbocsátás csökkenése	30	W/m
H	Fűtési idény időtartalma	4 320	óra (6 hónap fűtés, napi 24 óra * 180 nap = 4 320 h)

24. táblázat: fűtési csővezeték cseréjének a megtakarítása

Összes hővesztés-csökkenés

$$\dot{Q}_{megtak} = L \cdot \Delta U = 50 \cdot 30 = 1\,500 \text{ W}$$

Tehát 1,5 kW hőteljesítmény-megtakarítás keletkezik folyamatosan, amikor a csövek már a falban futnak, és nem a szobák levegőjét fűtik közvetlenül.

Éves hőenergia-megtakarítás

$$Q_{megtak} = \dot{Q}_{megtak} \cdot t_f = 1\,500 \text{ W} \cdot 4\,320 \text{ h} = 6\,480\,000 \text{ Wh} = 6\,480 \text{ kWh/év}$$

Reális korrekció

A valóságban nem minden csőszakasz fűtetlen térben fut, és a rendszer nem 100 %-os üzemidővel működik, ezért 0,6-os korrekciós tényezőt alkalmazunk:

$$Q_{\text{megtak, reál}} = 6\,480 \cdot 0,6 = 3\,888 \text{ kWh/év}$$

$$3,888 \text{ MWh} \cdot 40\,235 \text{ Ft/MWh} = 156\,433 \text{ Ft}$$

A pénzügyi számítások nettó jelenérték (NPV) és belső megtérülési ráta (IRR) módszerrel történnek.

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

$$IRR: \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = C_0$$

ahol

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
C_0	beruházási költség	4 500 000	Ft
CF_t	éves nettó megtakarítás	936 628,56	Ft/év
r	diszkontráta	0,04	-
r	időtáv (év)	15	év

25. táblázat: NPV/IRR számításhoz használt pénzügyi paraméterek alap korszerűsítésnél

A diszkonttényező összegének meghatározása

Mivel az éves megtakarítás állandó, a képlet leegyszerűsíthető az annuitásos jelenérték alakra:

$$NPV = -C_0 + CF \cdot \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r}$$

Helyettesítés:

$$NPV = -4\,500\,000 + 936\,628,56 \cdot \frac{1 - (1 + 0,04)^{-15}}{0,04}$$

Először számoljuk a diszkontfaktort:

$$(1 + 0,04)^{-15} = 1/(1,04)^{15} = 1/1,8009 = 0,5553$$

$$1 - 0,5553 = 0,4447$$

$$\frac{0,4447}{0,04} = 11,1175$$

Jelenérték számítása:

$$NPV = -4\,500\,000 + 936\,628,56 \times 11,1175$$

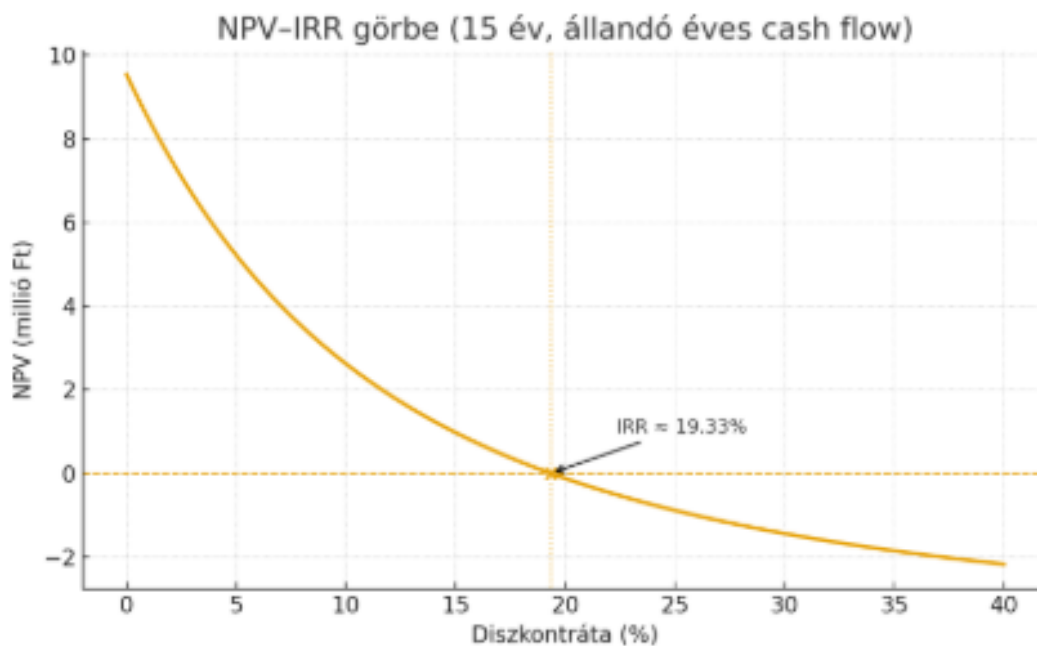
$$NPV = -4\,500\,000 + 10\,412\,968,016 = +5\,912\,968,016 \text{ Ft}$$

Nettó jelenérték:

$$NPV = +5,912 \text{ millió Ft}$$

Mutató	Érték	Jelentés
NPV	+5,912 M Ft	A projekt 15 év alatt 5,912 millió Ft nettó nyereséget termel jelenértéken.
Beruházás (C_0)	4,5 M Ft	egyszeri befektetés
Megtérülési idő	$4,5/0,936 = 4,8$ év	kb. 4,8 év alatt megtérül
IRR (becsült)	$\approx 19,3\%$	rendkívül kedvező hozam

26. táblázat: a gazdasági értelmezés alap korszerűsítésénél



15. ábra: Alap korszerűsítés NPV alakulása az idő függvényében (NPV-év diagram)

Várható eredmények:

- Éves energiafogyasztás csökkenése: 23,279 MWh
- Éves pénzügyi megtakarítás: 936 628,56 Ft
- Beruházási költség: 4,5 millió Ft
- Megtérülési idő: 4,8 év

4.2. Közepes korszerűsítés

A közepes fejlesztés a szerkezeti korszerűsítés mellett a gépészeti rendszerek teljes modernizálását is magában foglalja

Intézkedés	Műszaki tartalom	Várható hatás
Külső fal hőszigetelése	15 cm grafitos EPS	Hőátbocsátás csökkenése 1,386 → 0,195 W/m ² K
Födém és tető szigetelése	25 cm üvegyapot + páraáteresztő fólia	Hőátbocsátás csökkenése 0,113 → U=0,066 W/m ² K
Nyílászárók	3 rétegű, argon töltéssel	Hőátbocsátás csökkenése 2,8 → U=0,8 W/m ² K
Fűtés	Kondenzációs kazán + új radiátorok	Hatásfok 95–98%, komfortosabb fűtés
HMV	Kombi kazán, indirekt tároló	Villanybojler kiváltása
Napelem	5 kWp rendszer	Hálózati villamos energia kiváltása
Villamos hálózat	Rézvezetékes új hálózat, FI- relé	Biztonságos és napelem- kompatibilis

27. táblázat: közepes korszerűsítés várható változásai

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
A	Külső fal felülete	177	m ²
U1	Szigetelés előtti hőátbocsátási tényező	1,386	W/m ² *K
U2	Szigetelés utáni hőátbocsátási tényező	0,195	W/m ² *K
ΔU	Hőátbocsátás csökkenése	1,191	W/m ² *K
ΔT	Átlagos fűtési hőmérséklet- különbség	15	K
H	Fűtési idény időtartalma	4 320 h	óra (6 hónap fűtés, napi 24 óra * 180 nap = 4320 h)

28. táblázat: külső fal szigetelés megtakarítása

Hővesztesség csökkenése külső falak:

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{megtak} &= A \cdot \Delta U \cdot \Delta T \\ \dot{Q}_{megtak} &= 177 \cdot 1,191 \cdot 15 = 3162,105 \text{ W}\end{aligned}$$

Tehát a falakon keresztüli hővesztesség 3,162 kW-tal csökken, ha a szigetelést elvégezzük.

Éves hőenergia-megtakarítás

$$Q_{megtak} = \dot{Q}_{megtak} \cdot H$$

$$Q_{megtak} = 3162,105 \text{ W} \cdot 4 \text{ 320 h} = 13 \text{ 660 293,6 Wh} = 13 \text{ 660,2936 kWh}$$

Éves hőenergia-megtakarítás:

$$Q_{megtak} = 13,66 \text{ MWh/év}$$

Ez azt jelenti, hogy a külső falak leszigetelése évente kb. 13,66 MWh hőenergiát takarít meg, ha a hőmérséklet-különbség és a fűtési időszak a megadott értékek szerint alakul. 13,66 MWh * 40 235 Ft/MWh = 549 610,1 Ft

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
A	Födém felülete	74,5	m ²
A2	Pince födém felülete	20	m ²
U1	Szigetelés előtti hőátbocsátási tényező	0,211	W/m ² *K
U2	Szigetelés utáni hőátbocsátási tényező	0,066	W/m ² *K
ΔU	Hőátbocsátás csökkenése	0,145	W/m ² *K
U11	Szigetelés előtti hőátbocsátási tényező	0,578	W/m ² *K
U22	Szigetelés utáni hőátbocsátási tényező	0,23	W/m ² *K
ΔU2	Hőátbocsátás csökkenése	0,348	W/m ² *K
ΔT	Átlagos fűtési hőmérséklet-különbség	15	K
H	Fűtési idény időtartalma	4 320 h	óra (6 hónap fűtés, napi 24 óra * 180 nap = 4320 h)

29. táblázat: hőveszteség csökkenése padlásfödémnél

Hőveszteség csökkenése födém:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{megtak} &= A \cdot \Delta U \cdot \Delta T \\ \dot{Q}_{megtak} &= 74,5 \cdot 0,145 \cdot 15 = 162,0375 \text{ W} \end{aligned}$$

A födémön keresztül elszökő hő 0,162 kW-tal csökken a szigetelés után.

Éves hőenergia-megtakarítás (Wh/év)

$$\begin{aligned} Q_{megtak} &= \dot{Q}_{megtak} \cdot H \\ Q_{megtak} &= 162,0375 \cdot 4320 = 700 \text{ 002 Wh} = 700,002 \text{ kWh/év} \end{aligned}$$

$$0,7 \text{ MWh} \cdot 40 \text{ 235 Ft/MWh} = 28 \text{ 164 Ft}$$

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
A	Nyílászárók felülete	19	m ²
U1	Régi ablakok hőátbocsátási tényező	2,8	W/m ² *K
U2	Új ablakok hőátbocsátási tényező	0,8	W/m ² *K
ΔU	Hőátbocsátás csökkenése	2	W/m ² *K
ΔT	Átlagos fűtési hőmérséklet-különbség	15	K
H	Fűtési idény időtartalma	4 320 h	óra (6 hónap fűtés, napi 24 óra * 180 nap = 4320 h)

30. táblázat: hőveszteség csökkenése nyílászáróknál

Hőveszteség csökkenése

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{\text{megtak}} &= A \cdot \Delta U \cdot \Delta T \\ \dot{Q}_{\text{megtak}} &= 19 \cdot 2 \cdot 15 = 570 \text{ W} \end{aligned}$$

Az ablakcsere után az épület hővesztesége 0,57 kW-tal csökken.

Éves hőenergia-megtakarítás

$$\begin{aligned} Q_{\text{megtak}} &= \dot{Q}_{\text{megtak}} \cdot H \\ Q_{\text{megtak}} &= 570 \text{ W} \cdot 4320 \text{ h} = 2 \text{ 462 400 Wh} = 2462,4 \text{ kWh/év} \end{aligned}$$

Reális korrekció (időjárás, napsütés, szakaszos fűtés)

A valóságban a teljes hőmérséklet-különbség és üzemidő nem áll fenn folyamatosan, ezért kb. 0,75-ös korrekciós tényezőt használunk:

$$Q_{\text{megtak,real}} = 2462,4 \cdot 0,75 = 1846,8 \text{ kWh/év}$$

$$1,8468 \text{ MWh} \cdot 40 \text{ 235 Ft/MWh} = 74 \text{ 306 Ft}$$

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
V	Fűtött légtérfogat	256,4	m ³

q	Fajlagos hővesztéstényező (meglévő állapot)	1,32	W/m ³ *K
η _{régi}	Régi FÉG C18 kazán hatásfoka	0,78	
η _{új}	Viessmann Vitodens 100 hatásfoka	0,96	
σ	Korrekciós tényező (szakaszos üzem, komfort)	1,0	

31. táblázat: kazán csere megtakarítás számítása

Az éves fűtési energiaigény (hasznos hőigény)

A fűtési energiaigény (hasznos hő) az épület hővesztéséből adódik:

$$[V \cdot q + 0,35 \cdot \Sigma V_{inf,F}] = 256,4 \cdot 1,19 + 0,35 \cdot 128,2$$

$$= 305,116 + 44,87 = 349,986 \text{ W/K}$$

$$Q_F = 72000 \cdot 349,986 = 25\,198\,992 \text{ Wh/a}$$

A ház éves hasznos hőigénye $\approx 25,2$ MWh (amit a fűtés ténylegesen igényel).

A kazánok energiafelhasználása

A kazán a hasznos hőmennyiséget a hatásfokának megfelelő tüzelőanyag-felhasználással tudja biztosítani.

$$Q_{bemenet} = \frac{Q_{hasznos}}{\eta}$$

Kazán típusa	Hatásfok	Szükséges tüzelőenergia (MWh/év)
Régi FÉG C18	0,78	$25,2 / 0,78 = 32,30$ MWh/év
Viessmann Vitodens 100	0,96	$25,2 / 0,96 = 26,25$ MWh/év

32. táblázat: kazán csere megtakarítása

Energia-megtakarítás

$$\Delta Q = 32,3 - 26,25 = 6,05 \text{ MWh/év}$$

Éves hőenergia-megtakarítás: 6,05 MWh/év

$$6,05 \text{ MWh} \cdot 40\,235 \text{ Ft/MWh} = 243\,421 \text{ Ft}$$

Kazán cserével a HMV megtakarítás számítása:

Kiinduló hasznos hőigény (amit mindkét rendszernek biztosítania kell)

- Napi: $100 \text{ kg} \times 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \times 35 \text{ K} \approx 4,07 \text{ kWh/nap}$
- Éves: $4,07 \times 365 \approx 1485 \text{ kWh/év}$ (hasznos)

Villanybojler ($\eta \approx 1,0$; +23% veszteség)

- Éves végenergia: $1485 \times 1,23 \approx 1827 \text{ kWh/év}$ (elektromos)
- Éves primerenergia: $1827 \times 2,1 \approx 3837 \text{ kWhPE/év}$

Vitodens kombi kazán (nincs tároló; ~10% elosztási veszteség)

Végenergia (gáz, LHV) $\approx 1485 \times 1,10 / \eta_{\text{HVM}}$

- $\eta_{\text{HVM}} = 0,90$ esetén: $\approx 1816 \text{ kWh/év}$ gáz
- Primerenergia (fpri,gáz = 1,1): $\approx 1997 \text{ kWhPE/év}$

Eredmény – primerenergia-megtakarítás

- Villanybojler: $\approx 3837 \text{ kWh/év}$
- Kombi kazán: $\approx 1997 \text{ kWh/év}$
- Megtakarítás: $\approx 1840 \text{ kWh/év}$

$1,84 \text{ MWh} * 40\,235 \text{ Ft/MWh} = 74\,032,4 \text{ Ft}$

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
L	Csővezeték hossza	50	m
d	Külső átmérő (vascső DN20)	0,026	m
λ	Hővezetési tényező (acél)	50	W/m*K
U1	Hővesztés fajlagosan (fal kívüli, nem szigetelt)	35	W/m
U2	Hővesztés fajlagosan (falba épített, ötrétegű, szigetelt)	5	W/m
ΔU	Hőátbocsátás csökkenése	30	W/m
H	Fűtési idény időtartalma	4 320	óra (6 hónap fűtés, napi 24 óra * 180 nap = 4 320 h)

33. táblázat: fűtési csővezeték cseréjének a megtakarítása

Összes hővesztés-csökkenés

$$\dot{Q}_{megtak} = L \cdot \Delta U = 50 \cdot 30 = 1\,500\, W$$

Tehát 1,5 kW hőteljesítmény-megtakarítás keletkezik folyamatosan, amikor a csövek már a falban futnak, és nem a szobák levegőjét fűtik közvetlenül.

Éves hőenergia-megtakarítás

$$Q_{megtak} = \dot{Q}_{megtak} \cdot t_f = 1\,500\, W \cdot 4\,320\, h = 6\,480\,000\, Wh = 6\,480\, kWh/év$$

Reális korrekció

A valóságban nem minden csőszakasz fűtetlen térben fut, és a rendszer nem 100 %-os üzemidővel működik, ezért 0,6-os korrekciós tényezőt alkalmazunk:

$$Q_{megtak,real} = 6\,480 \cdot 0,6 = 3\,888\, kWh/év$$

$$3,888\, MWh \cdot 40\,235\, Ft/MWh = 156\,433\, Ft$$

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
$P_{napelem}$	Napelemrendszer névleges teljesítménye	5	kWp
H_{nap}	Magyarországi éves napsugárzási energia	1 150	kWh/m ² *év
PR	Rendszerhatásfok (Performance Ratio – inverter, kábel, hővesztés stb.)	0,8	-
K	ájtólás- és dőlésszögkorrekció (optimális tájtólásnál 1,0)	1,0	-

34. táblázat: napelem rendszer energiatermelésének a kiszámításához szükséges alapadatok

A napelemek éves energiatermelése:

$$E_{term} = P_{napelem} \cdot H_{nap} \cdot PR \cdot K / 1000$$

ahol az osztás 1000-rel a kWp → MWp egységátváltás miatt szükséges.

Számítás

$$E_{term} = 5 \cdot 1\,150 \cdot 0,8 \cdot 1,0 / 1 = 4\,600\, kWh/év$$

Eredmény

Egy 5 kWp teljesítményű napelemes rendszer éves energiatermelése:

$$E_{term} \approx 4\,600 - 5\,000 \text{ kWh/év}$$

$$5 \text{ MWh} * 40\,235 \text{ Ft/MWh} = 201\,175 \text{ Ft}$$

A pénzügyi számítások nettó jelenérték (NPV) és belső megtérülési ráta (IRR) módszerrel történnek.

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$
$$IRR: \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = C_0$$

ahol

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
C_0	beruházási költség	7 500 000	Ft
CF_t	éves nettó megtakarítás	1 186 351	Ft/év
r	diszkontráta	0,04	-
r	időtáv (év)	15	év

35. táblázat: NPV/IRR számításhoz használt pénzügyi paraméterek közepes korszerűsítésnél

A diszkonttényező összegének meghatározása

Mivel az éves megtakarítás állandó, a képlet leegyszerűsíthető az annuitásos jelenérték alakra:

$$NPV = -C_0 + CF \cdot \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r}$$

Helyettesítés:

$$NPV = -7\,500\,000 + 1\,186\,351 \cdot \frac{1 - (1 + 0,04)^{-15}}{0,04}$$

Először számoljuk a diszkontfaktort:

$$(1 + 0,04)^{-15} = 1/(1,04)^{15} = 1/1,8009 = 0,5553$$

$$1 - 0,5553 = 0,4447$$

$$\frac{0,4447}{0,04} = 11,1175$$

Jelenérték számítása:

$$NPV = -7\,500\,000 + 1\,186\,351 \times 11,1175$$

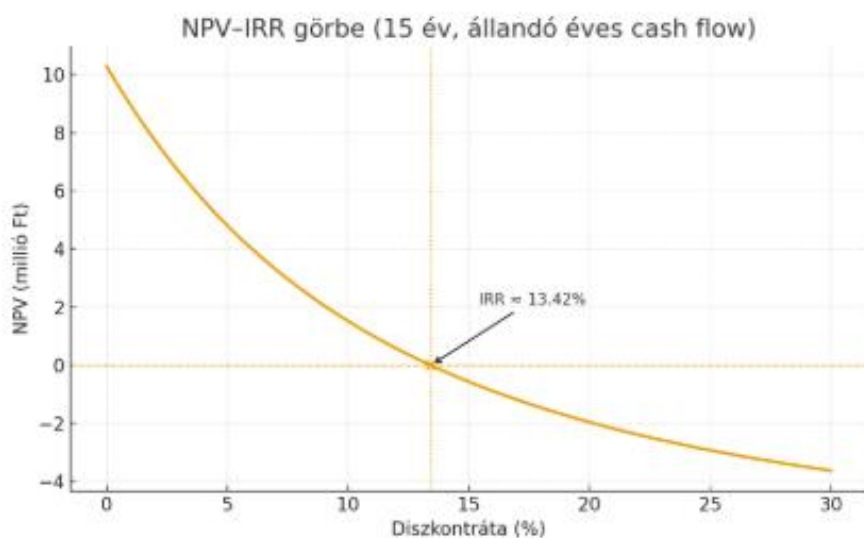
$$NPV = -7\,500\,000 + 13\,189\,257 = +8\,689\,257 \text{ Ft}$$

Nettó jelenérték:

$$NPV = +8,689 \text{ millió Ft}$$

Mutató	Érték	Jelentés
NPV	+8,689 M Ft	A projekt 15 év alatt 8,689 millió Ft nettó nyereséget termel jelenértéken.
eruházás (C ₀)	7,5 M Ft	egyszeri befektetés
Megtérülési idő	$7,5/1,186 = 6,3$ év	kb. 6,3 év alatt megtérül
IRR (becsült)	$\approx 13,65\%$	rendkívül kedvező hozam

36. táblázat: a gazdasági értelmezés közepes korszerűsítésnél



16. ábra: Közepes fejlesztés NPV alakulása az idő függvényében (NPV-év diagram)

Várható eredmények:

- Éves energiafogyasztás csökkenése: 32,98 MWh
- Éves pénzügyi megtakarítás 1 186 351 Ft
- Beruházási költség: 7 millió Ft
- Megtérülési idő: 6,3 év

4.3. Komplex korszerűsítés

A komplex fejlesztés célja, hogy az épület megközelítse a közel nulla energiaigényű követelményszintet. Ez már nemcsak korszerűsítés, hanem rendszerszintű energiaoptimalizálás is, amely a megújuló energiatermelést, az épületautomatizálást és a hővisszanyerős szellőztetést is magában foglalja.

Intézkedés	Műszaki tartalom	Várható hatás
Külső fal hőszigetelése	15 cm grafitos EPS, $\lambda=0,031$ W/mK	Hőátbocsátás csökkenése 1,386 \rightarrow 0,157 W/m ² K
Födém és tető szigetelése	25 cm ásványgyapot, 10 cm XPS padló alatt	Hőátbocsátás csökkenése 0,113 \rightarrow U=0,55 W/m ² K
Nyílászárók	3 rétegű üveg alumínium, argon gázzal töltve	Hőátbocsátás csökkenése 2,8 \rightarrow U=0,75 W/m ² K
Fűtés	Hőszivattyú + padlófűtés + fan-coil	Megújuló energiaforrás alapú fűtés
HMV	Napkollektor + hőszivattyús tároló	Megújuló energiaforrás
Napelem	7 kWp rendszer	Teljes villamosenergia-fedezet
Villamos hálózat	Rézvezetékes új hálózat, FI-relé	Biztonságos és napelem-kompatibilis
Szellőzés	Hővisszanyerős szellőztető rendszer ($\eta=85\%$)	Légcsere + hőnyereség
Épületautomatika	Smart home vezérlés	Optimalizált energiafelhasználás

37. táblázat: számítási alapadatok

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
A	Külső fal felülete	177	m ²
U1	Szigetelés előtti hőátbocsátási tényező	1,386	W/m ² *K
U2	Szigetelés utáni hőátbocsátási tényező	0,157	W/m ² *K
ΔU	Hőátbocsátás csökkenése	1,229	W/m ² *K
ΔT	Átlagos fűtési hőmérséklet-különbség	15	K
H	Fűtési idény időtartalma	4 320 h	óra (6 hónap fűtés, napi 24 óra * 180 nap = 4320 h)

38. táblázat: külső fal szigetelés megtakarítása

Hővesztesség csökkenése külső falak:

$$\dot{Q}_{megtak} = A \cdot \Delta U \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q}_{megtak} = 177 \cdot 1,229 \cdot 15 = 3262,995 \text{ W}$$

Tehát a falakon keresztüli hővesztesség 3,263 kW-tal csökken, ha a szigetelést elvégezzük.

Éves hőenergia-megtakarítás

$$Q_{megtak} = \dot{Q}_{megtak} \cdot H$$

$$Q_{megtak} = 3262,995 \text{ W} \cdot 4\,320 \text{ h} = 14\,096\,138,4 \text{ Wh} = 14\,096,1384 \text{ kWh}$$

Éves hőenergia-megtakarítás:

$$Q_{megtak} = 14,096 \text{ MWh/év}$$

Ez azt jelenti, hogy a külső falak leszigetelése évente kb. 14,096 MWh hőenergiát takarít meg, ha a hőmérséklet-különbség és a fűtési időszak a megadott értékek szerint alakul. 14,096 MWh * 40 235 Ft/MWh = 567 152,56 Ft

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
A	Födém felülete	74,5	m ²
A2	Pince födém felülete	20	m ²
U1	Szigetelés előtti hőátbocsátási tényező	0,211	W/m ² *K
U2	Szigetelés utáni hőátbocsátási tényező	0,055	W/m ² *K
ΔU	Hőátbocsátás csökkenése	0,156	W/m ² *K
U11	Szigetelés előtti hőátbocsátási tényező	0,578	W/m ² *K
U22	Szigetelés utáni hőátbocsátási tényező	0,23	W/m ² *K
ΔU2	Hőátbocsátás csökkenése	0,348	W/m ² *K
ΔT	Átlagos fűtési hőmérséklet-különbség	15	K
H	Fűtési idény időtartalma	4 320 h	óra (6 hónap fűtés, napi 24 óra * 180 nap = 4320 h)

39. táblázat: hővesztesség csökkenése padlásfödémnél

Hővesztesség csökkenése födém:

$$\dot{Q}_{\text{megtak}} = A \cdot \Delta U \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q}_{\text{megtak}} = 74,5 \cdot 0,156 \cdot 15 = 174,33 \text{ W}$$

A födémön keresztül elszökő hő 0,174 kW-tal csökken a szigetelés után.

Éves hőenergia-megtakarítás (Wh/év)

$$Q_{\text{megtak}} = \dot{Q}_{\text{megtak}} \cdot H$$

$$Q_{\text{megtak}} = 174,33 \cdot 4320 = 753\,105,6 \text{ Wh} = 753,1056 \text{ kWh/év}$$

$$0,75 \text{ MWh} \cdot 40\,235 \text{ Ft/MWh} = 30\,176,25 \text{ Ft}$$

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
A	Nyílászárók felülete	19	m ²
U1	Régi ablakok hőátbocsátási tényező	2,8	W/m ² *K
U2	Új ablakok hőátbocsátási tényező	0,75	W/m ² *K
ΔU	Hőátbocsátás csökkenése	2,05	W/m ² *K
ΔT	Átlagos fűtési hőmérséklet-különbség	15	K
H	Fűtési idény időtartalma	4 320 h	óra (6 hónap fűtés, napi 24 óra * 180 nap = 4320 h)

40. táblázat: hővesztesség csökkenése nyílászáróknál

Hővesztesség csökkenése

$$\dot{Q}_{\text{megtak}} = A \cdot \Delta U \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q}_{\text{megtak}} = 19 \cdot 2,05 \cdot 15 = 584,25 \text{ W}$$

Az ablakcsere után az épület hővesztessége 0,58 kW-tal csökken.

Éves hőenergia-megtakarítás

$$Q_{\text{megtak}} = \dot{Q}_{\text{megtak}} \cdot H$$

$$Q_{\text{megtak}} = 584,25 \text{ W} \cdot 4\,320 \text{ h} = 2\,523\,960 \text{ Wh} = 2\,523,96 \text{ kWh/év}$$

Reális korrekció (időjárás, napsütés, szakaszos fűtés)

A valóságban a teljes hőmérséklet-különbség és üzemidő nem áll fenn folyamatosan, ezért kb. 0,75-ös korrekciós tényezőt használunk:

$$Q_{\text{megtak,real}} = 2523,96 \cdot 0,75 = 1892,97 \text{ kWh/év}$$

$$1,89297 \text{ MWh} \cdot 40 \text{ 235 Ft/MWh} = 76 \text{ 163,648 Ft}$$

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
V	Fűtött légtérfogat	256,4	m ³
q	Fajlagos hőveszteségtényező (meglévő állapot)	1,19	W/m ³ *K
$\eta_{\text{régi}}$	Régi FÉG C18 kazán hatásfoka	0,78	
COP _{HSZ}	Viessmann Vitocal 100-S AWB-E-AC 251.A08	4,6	
f _{pri, gáz}	Földgáz primerenergia-tényező	1,1	
f _{pri, el}	Villamos energia primerenergia-tényező	2,1	
H	Fűtési hőfokhíd	72 000	hK/év

41. táblázat: kazán csere megtakarítása

Az éves fűtési energiaigény (hasznos hőigény)

A fűtési energiaigény (hasznos hő) az épület hőveszteségéből adódik:

$$\begin{aligned} [V \cdot q + 0,35 \cdot \Sigma V_{\text{inf,F}}] &= 256,4 \cdot 1,19 + 0,35 \cdot 128,2 \\ &= 305,116 + 44,87 = 349,986 \text{ W/K} \end{aligned}$$

$$Q_F = 72000 \cdot 349,986 = 25 \text{ 198 992 Wh/a}$$

A ház éves hasznos hőigénye $\approx 25,2$ MWh (amit a fűtés ténylegesen igényel).

A kazánok energiafelhasználása

A kazán a hasznos hőmennyiséget a hatásfokának megfelelő tüzelőanyag-felhasználással tudja biztosítani.

$$Q_{\text{bemenet}} = \frac{Q_{\text{hasznos}}}{\eta}$$

Kazán típusa	Hatásfok	Szükséges tüzelőenergia (MWh/év)
Régi FÉG C18	0,78	25,2 / 0,78 = 32,3 MWh/év
Viessmann Vitocal 100-S AWB-E-AC 251.A08	4,6	25,2 / 4,6 = 5,47 MWh/év

42. táblázat: kondenzációs kazán és hőszivattyú összehasonlítása

Energia-megtakarítás

$$\Delta Q = 32,3 - 5,743 = 26,83 \text{ MWh/év}$$

Éves hőenergia-megtakarítás: 26,83 MWh/év

$$26,83 \text{ MWh} * 40\,235 \text{ Ft/MWh} = 1\,078\,505 \text{ Ft}$$

Hőszivattyúval a HMV megtakarítás számítása:

Kiinduló hasznos hőigény (amit mindkét rendszernek biztosítania kell)

- Napi: $100 \text{ kg} \times 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \times 35 \text{ K} \approx 4,07 \text{ kWh/nap}$
- Éves: $4,07 \times 365 \approx 1485 \text{ kWh/év}$ (hasznos)

Villanybojler ($\eta \approx 1,0$; +23% veszteség)

- Éves végenergia: $1485 \times 1,23 \approx 1827 \text{ kWh/év}$ (elektromos)
- Éves primerenergia: $1827 \times 2,1 \approx 3837 \text{ kWhPE/év}$

Hőszivattyú (COP=2,8)

- Hőszivattyú (COP=2,8): $652,3 \text{ kWh/év} \rightarrow -64,3\%$
- Éves primerenergia: (COP=2,8): $1369,9 \text{ kWhPE/év}$

$$3837 - 1369,9 = 2491,1 \text{ kWh /év} = 2,4671 \text{ MWh} * 40\,235 \text{ Ft/MWh} = 99\,263,7685 \text{ Ft}$$

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
L	Csővezeték hossza	50	m
d	Külső átmérő (vascső DN20)	0,026	m
λ	Hővezetési tényező (acél)	50	W/m*K
U1	Hővesztés fajlagosan (fal kívüli, nem szigetelt)	35	W/m
U2	Hővesztés fajlagosan (falba épített, ötrétegű, szigetelt)	5	W/m
ΔU	Hőátbocsátás csökkenése	30	W/m
H	Fűtési idény időtartalma	7 200 h	óra (6 hónap fűtés, napi 24 óra * 300 nap = 7200 h)

43. táblázat: fűtési csővezeték cseréjének a megtakarítása

Összes hőveszteség-csökkenés

$$\dot{Q}_{megtak} = L \cdot \Delta U = 50 \cdot 30 = 1\,500 \text{ W}$$

Tehát 1,5 kW hőteljesítmény-megtakarítás keletkezik folyamatosan, amikor a csövek már a falban futnak, és nem a szobák levegőjét fűtik közvetlenül.

Éves hőenergia-megtakarítás

$$Q_{megtak} = \dot{Q}_{megtak} \cdot t_f = 1\,500 \text{ W} \cdot 4\,320 \text{ h} = 6\,480\,000 \text{ Wh} = 6\,480 \text{ kWh/év}$$

$$6,48 \text{ MWh} \cdot 40\,235 \text{ Ft/MWh} = 260\,722 \text{ Ft}$$

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
P_{napelem}	Napelemrendszer névleges teljesítménye	7	kWp
H_{nap}	Magyarországi éves napsugárzási energia	1 150	kWh/m ² *év
PR	Rendszerhatásfok (Performance Ratio – inverter, kábel, hőveszteség stb.)	0,8	-
K	ájtólás- és dőlésszögkorrekció (optimális tájtólásnál 1,0)	1,0	-

44. táblázat: napelem rendszer energiatermelésének a kiszámításához szükséges alapadatok

Napelemes energiatermelés képlete

A napelemek éves energiatermelése:

$$E_{\text{term}} = P_{\text{napelem}} \cdot H_{\text{nap}} \cdot PR \cdot K / 1000$$

ahol az osztás 1000-rel a kWp → MWp egységátváltás miatt szükséges.

Számítás

$$E_{\text{term}} = 7 \cdot 1\,150 \cdot 0,8 \cdot \frac{1,0}{1} = 6\,440 \text{ kWh/év}$$

Eredmény

Egy 5 kWp teljesítményű napelemes rendszer éves energiatermelése:

$$E_{\text{term}} \approx 6\,440 - 7\,000 \text{ kWh/év}$$

$$7 \text{ MWh} \cdot 40\,235 \text{ Ft/MWh} = 281\,645 \text{ Ft}$$

A pénzügyi számítások nettó jelenérték (NPV) és belső megtérülési ráta (IRR) módszerrel történnek.

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

$$IRR: \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} = C_0$$

ahol

Jelölés	Jelentés	Érték	Egység
C_0	beruházási költség	12 000 000	Ft
CF_t	éves nettó megtakarítás	2 391 628	FT/év
r	diszkontráta	0,04	-
r	időtáv (év)	15	év

45. táblázat: a gazdasági értelmezés komplex korszerűsítésnél

A diszkonttényező összegének meghatározása

Mivel az éves megtakarítás állandó, a képlet leegyszerűsíthető az annuitásos jelenérték alakra:

$$NPV = -C_0 + CF \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r}$$

Helyettesítés:

$$NPV = -12\,000\,000 + 2\,391\,628 \cdot \frac{1 - (1 + 0,04)^{-15}}{0,04}$$

Először számoljuk a diszkontfaktort:

$$(1 + 0,04)^{-15} = 1/(1,04)^{15} = 1/1,8009 = 0,5553$$

$$1 - 0,5553 = 0,4447$$

$$\frac{0,4447}{0,04} = 11,1175$$

Jelenérték számítása:

$$NPV = -12\,000\,000 + 2\,391\,628 \times 11,1175$$

$$NPV = -12\,000\,000 + 26\,588\,924 = +14\,588\,924\text{Ft}$$

Nettó jelenérték:

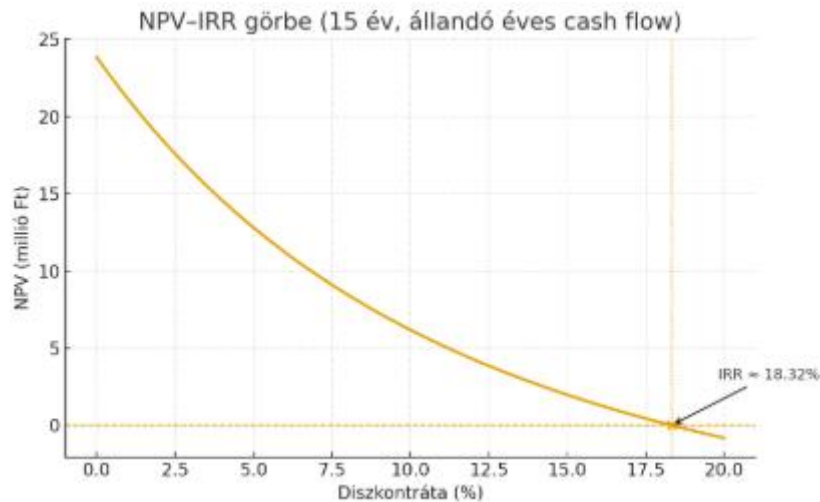
$$NPV = +14,58 \text{ millió Ft}$$

Mérnöki-gazdasági értelmezés:

Mutató	Érték	Jelentés
NPV	+14,58 M Ft	A projekt 15 év alatt 15,58 millió Ft nettó nyereséget termel jelenértéken.
Beruházás (C_0)	12 M Ft	egyszeri befektetés

Megtérülési idő	$12/2,39 = 5$ év	kb. 5 év alatt megtérül
IRR (becsült)	$\approx 18,32\%$	rendkívül kedvező hozam

46. táblázat: NPV/IRR számításhoz használt pénzügyi paraméterek komplex korszerűsítésnél



17. ábra Komplex korszerűsítés NPV alakulása az idő függvényében (NPV–év diagram)

Várható eredmények:

- Éves energiafogyasztás csökkenése: 59,5 MWh
- Éves pénzügyi megtakarítás 2 391 628 Ft
- Beruházási költség: 12 millió Ft
- Megtérülési idő: 5 év

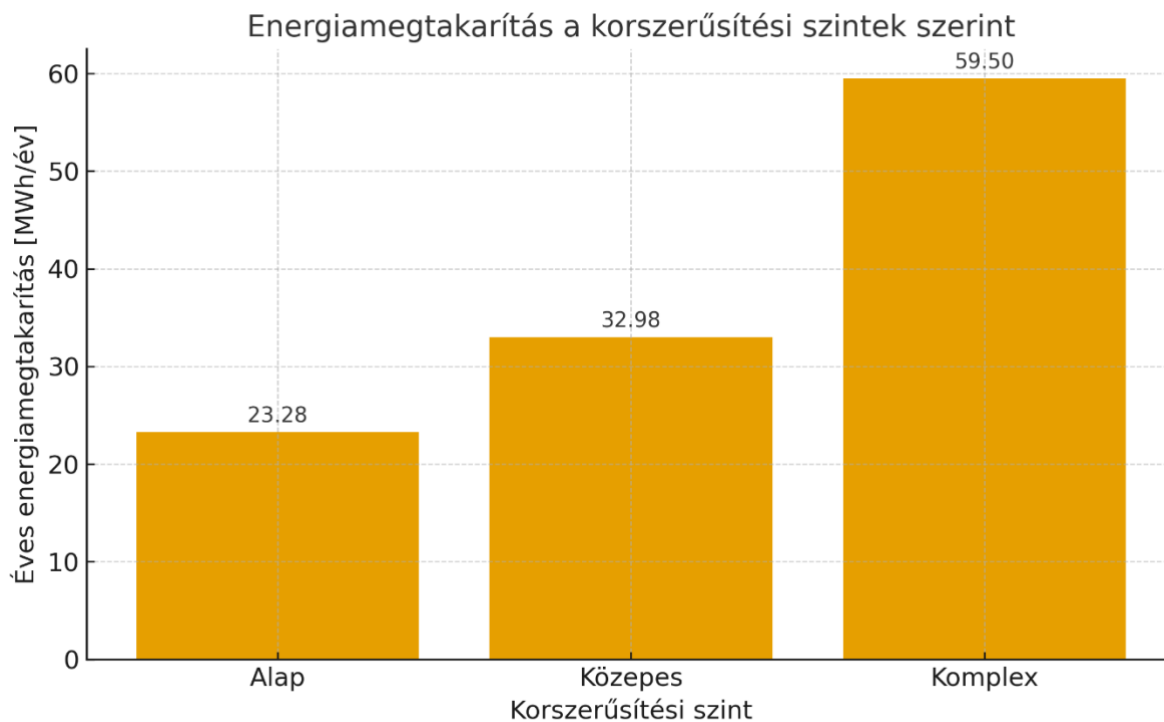
4.4. Összehasonlító elemzés

Fejlesztési szint	Költség (M Ft)	Megtérülés (év)	15 év alatti nyereség (Mio Ft)
A – Alap	3,5	4,8	5,912
B – Közepes	7,5	6,3	8,689
C – Komplex	12	5	15,58

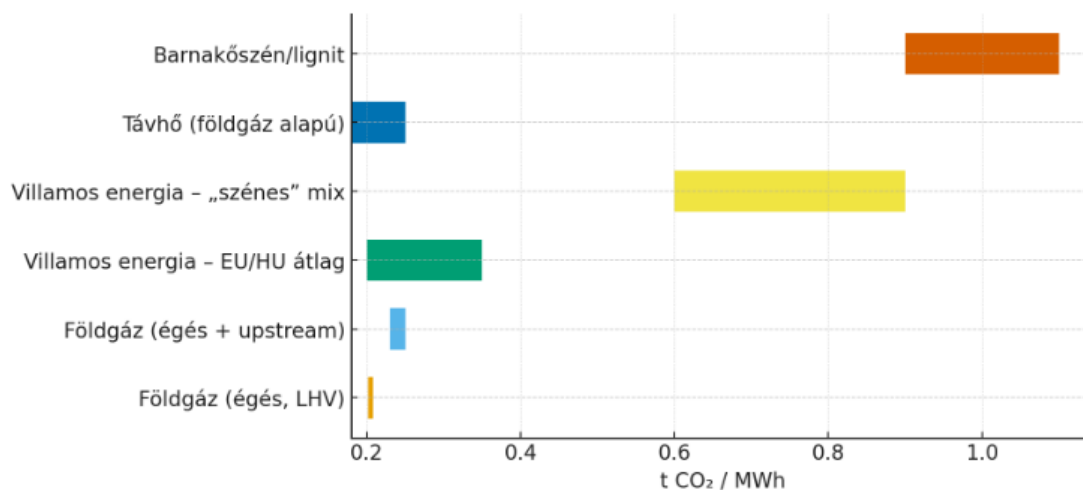
47. táblázat: korszerűsítések összehasonlítása

A számításokból látszik, hogy az alap fejlesztés (A) nyújtja a legjobb ár–érték arányt: a beruházás még vállalható költségű, miközben az energiafogyasztás felére csökken és a megtérülés 4,8 éven belül reális.

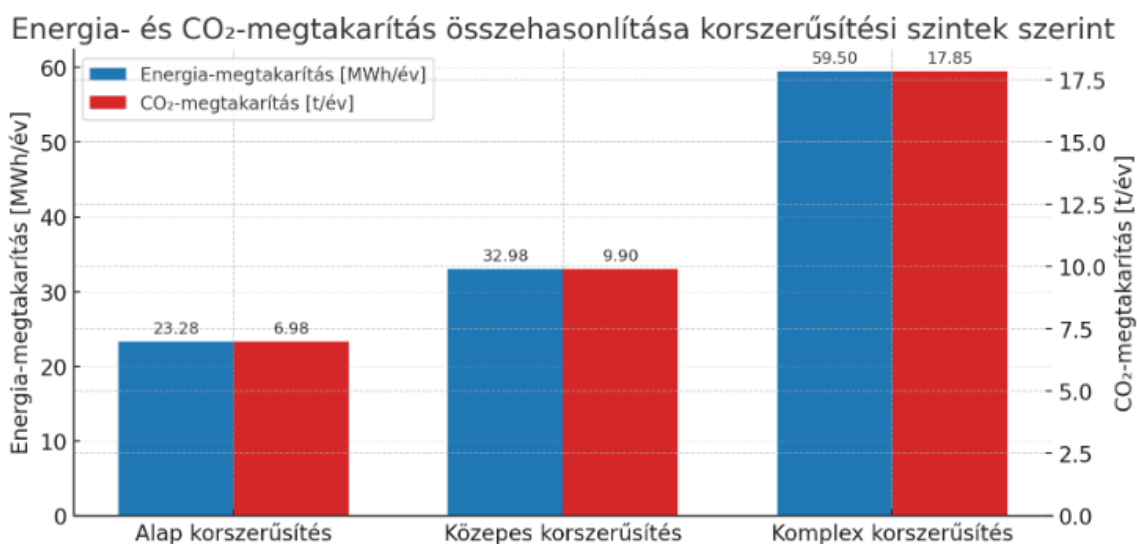
A komplex változat (C) hosszabb távon biztosítja a legmagasabb komfortot, a legalacsonyabb üzemeltetési költséget és a legkisebb környezeti terhelést.



18. ábra: energetikai korszerűsítési szintek



19. ábra: CO₂ fajlagos kibocsátási tartományok energiatípusonként



20. ábra: korszerősítések energia megtakarítás és CO₂ kibocsátás összehasonlítása

4.5. Korszerősítés utáni várható energetikai kategória

7/2006. (V.24.) TNM rendelet és a 275/2013. (VII.16.) Korm. rendelet szerinti osztályozási rendszer alapján készült, és beilleszthető a dolgozatod „Energetikai besorolás értékelése” alfejezetébe.

Energiaosztály-besorolás értelmezése

Az épületek energetikai tanúsítása a primerenergia-felhasználás (EP) alapján történik.

Az EP érték megmutatja, hogy az épület egy négyzetméter hasznos alapterületre vetítve egy év alatt mennyi primer energiát (földgáz, villamos energia stb.) használ fel a fűtésre, hűtésre, melegvíz-előállításra, szellőztetésre és világításra. A rendelet az épületeket energiaosztályokba sorolja a számított EP-érték és a referenciaépülethez viszonyított energiafogyasztás alapján.

Energiaosztály	Megnevezés	Energetikai jellemző (EP) a referenciaértékhez képest	Értelmezés
AA++	Minimális energiaigényű	≤ 40%	Passzívház szintű épület
AA+	Kiemelkedően hatékony	≤ 60%	Nagyon alacsony energiafogyasztású

AA	Kiváló	$\leq 80\%$	Korszerű, megújuló energiát alkalmazó épület
BB	Közel nulla energiaigényű	$\leq 100\%$	2022 után elvárt szint, megújuló aránya $\geq 25\%$
CC	Korszerű	$\leq 130\%$	Újabb, jó hatékonyságú gépészeti rendszer
DD	Korszerűt megközelítő	$\leq 160\%$	Átlagos állapot, részleges felújítás
EE	Átlagos	$\leq 200\%$	Tipikus 1990-es évek épülete
FF	Korszerűtlen	$\leq 250\%$	Elavult szerkezet, gyenge hőszigetelés
GG	Rossz	$\leq 340\%$	Jelentős energiahiány, magas veszteség
HH	Mérsékelten korszerű	$\leq 420\%$	Alapfelújítással javítható
II	Gyenge	$> 420\%$	Nagyon elavult, nagy hőveszteségű épület
JJ	Igen gyenge	$> 500\%$	Energetikai korszerűsítés nélkül nem fenntartható

48. táblázat: energiaosztály besorolások és értelmezései

A jelenlegi állapot energia besorolása II, azaz gyenge. A 1980-as évek épületállományának tipikus állapota. Nincs hőszigetelés, elavult nyílászárók és kazán. Az épület primerenergia-fogyasztása több mint négyszerese a referenciaértéknek. Az alapfejlesztéssel elérhető energetikai besorolás HH, azaz mérsékelten korszerű. A hőszigetelés, nyílászárócsere és kondenzációs kazán beépítésével az energiafogyasztás kb. 40%-kal csökken. A ház még nem felel meg a BB-követelménynek, de már jelentősen jobb komfortot biztosít. A közepes fejlesztéssel az energetikai besorolás már CC, így korszerűnek mondható az épület, mivel a

szerkezeti korszerűsítést megújuló energia (napelem) egészíti ki. Az épület primerenergia-felhasználása 100–130 kWh/m²·év közé esik, ami megfelel egy modern épület szintjének. Végül a komplex fejlesztéssel már BB besorolás lesz, ami a közel nulla energiaigényű épületnek felel meg. A hőszivattyús, napelemes és hővisszanyerős rendszerrel kiegészített épület eléri a közel nulla energiaigényű kategóriát ($EP \leq 100 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{év}$, megújuló részarány $\geq 25\%$). A rendszer CO₂-semleges működésre képes.

Az energetikai fejlesztések egymásra épülő hatása fokozatosan javítja az épület besorolását:

- az alap fejlesztés → már megszünteti a legnagyobb hővesztéseket,
- a közepes fejlesztés → bevonja a megújuló energiát,
- a komplex fejlesztés → rendszerszinten optimalizálja az energiafelhasználást.

Ennek eredményeként az épület energetikai osztálya négy szinttel javul (II → BB), ami több mint 70%-os primerenergia-megtakarítást jelent. Ezzel a családi ház eléri a közel nulla energiaigényű épületekre vonatkozó európai követelményszintet.

5. Energetikai felújítási pályázatban való részvétel vizsgálata

A 2024–2025-ös Energetikai Otthonfelújítási Program célja az 1990 előtt (2025-től enyhítve: a 2007 előtt) épült családi házak energiahatékonyságának javítása. A támogatási keret akár 6 millió Ft összértékű felújítást fedezhet vegyes konstrukcióban (vissza nem térítendő támogatás + kamatmentes hitel), fix önrésszel. A részletekben 2025. 01. 20-tól könnyítések léptek életbe (bővülő jogosultsági kör, egyszerűsített adminisztráció; járasonként eltérő arányok előfordulhatnak). A jogosultság kulcsfeltétele, hogy a beruházás legalább 30% primerenergia-megtakarítást igazoljon energiatanúsítvánnyal a felújítás előtt/után.

A dolgozatban bemutatandó igazolási csomag:

1. Előminősítés: meglévő állapot tanúsítvány (ÉKM szerinti EP, kategória), dokumentált fotók/tervek. NJT
2. Intézkedéscsomag: hőszigetelés (homlokzat/tető/pincefödém), nyílászárócseré, fűtéskorszerűsítés (kondenzációs kazán vagy hőszivattyú), HMV-rendszer korszerűsítése, esetleg napelem – mindhez primerenergia-megtakarítás és költség–haszon.
3. Utóminősítés: készülség utáni tanúsítvány az elért EP-vel és a megtakarítás %-ával.
4. Pénzügyi fejezet: költségvetés + üzemeltetési megtakarítás (rezsi) + érzékenységvizsgálat (energiaár-forgatókönyvek).

6. Összefoglalás

A családi ház energetikai korszerűsítésére három fejlesztési szint került kidolgozásra: alap, közepes és komplex szintű megoldás. Ezek a változatok lépcsőzetesen mutatják be az energiahatékonysági fejlesztések fokozatait mind műszaki, mind gazdasági és energetikai szempontból.

6.1. Alap korszerűsítés

Az alap szintű fejlesztés elsődlegesen az épület hőveszteségeinek csökkentésére és a fűtési rendszer hatékonyságának növelésére irányul.

A beavatkozások magukban foglalják:

- a külső falszerkezet és földem hőszigetelését
- a régi nyílászárók cseréjét korszerű, háromrétegű üvegezésű szerkezetekre
- a gázkazán cseréjét kondenzációs kazánra
- valamint a fűtési rendszer beállítását

Az épület hőtechnikai paraméterei jelentősen javulnak, az éves energiamegtakarítás 23,279 MWh/év, a besorolás Gyenge (II) → Mérsékelt korszerű (HH) kategóriára javul. Beruházási igény \approx 4,5 millió Ft, megtérülés 4–6 év.

Értékelés:

Kis költséggel jelentős energiamegtakarítás érhető el, viszont a fejlesztés még nem teljes körű; a gépészeti és megújuló rendszerek hiánya miatt az épület nem felel meg a közel nulla energiaigény követelményeinek.

6.2. Közepes korszerűsítés

A közepes szintű fejlesztés az épületszerkezeti korszerűsítést megújuló energiaforrás alkalmazásával egészíti ki, így már komplexebb energiahatékonysági hatást ér el.

A javasolt műszaki tartalom:

- az alap fejlesztés elemei
- napelemes rendszer (\approx 5 kWp) a villamosenergia-igény részleges fedezésére
- HMV-tárolós gázkazán a melegvíz-termeléshez

Éves energiamegtakarítás 32,98 MWh/év, az épület HH → CC (korszerű) energetikai kategóriába kerül. A megújuló részarány 15–20%. Beruházási költség ≈ 7,5 millió Ft, megtérülés 6–8 év.

Értékelés:

Ez a fejlesztési szint már hatékonyan csökkenti a primerenergia-felhasználást, és hosszú távon biztosítja a korszerű épületek szintjét. A beruházás költség–haszon aránya kedvező, különösen, ha a villamosenergia-árak emelkednek.

6.3. Komplex korszerűsítés

A komplex fejlesztés teljes körű, rendszerszintű energiaoptimalizálást valósít meg. Az épület gépészeti, szerkezeti és megújuló rendszerei összehangoltan működnek.

A főbb fejlesztési elemek:

- levegő–víz hőszivattyú telepítése a fűtés és HMV-ellátás biztosítására
- napelemes rendszer (7 kWp) a villamosenergia-fogyasztás fedezésér
- hőhídmentes szigetelés, korszerű nyílászárók és szabályozott hőelosztás

Az éves energiamegtakarítás 59,5 MWh/év, a besorolás BB – közel nulla energiaigényű kategóriába kerül. Az épület megújuló energia részaránya meghaladja a 25%-ot, és üzemeltetése közel CO₂-semleges. Beruházási költség ≈ 12 millió Ft, megtérülés 8–10 év.

Értékelés:

A beruházás magasabb költségű, de hosszú távon biztosítja az energetikai és környezeti fenntarthatóságot, valamint a legalacsonyabb üzemeltetési költségeket.

A gazdaságossági és műszaki paramétereket figyelembe véve a közepes korszerűsítési szint javasolható megvalósításra. Ez a változat biztosítja:

- a korszerű energiahatékonysági szintet (CC)
- jelentős, 33 MWh/év megtakarítást
- elfogadható beruházási költséget és megtérülést
- valamint a későbbi bővítés (pl. hőszivattyú vagy rekuperátor telepítés) lehetőségét

A komplex fejlesztés műszakilag a legkedvezőbb, azonban csak magasabb beruházási keret esetén ajánlott, míg az alap fejlesztés minimális költség mellett csak részleges energetikai javulást eredményez.

7. Konklúzió

A vizsgált családi ház energetikai korszerűsítése a kidolgozott alternatívák közül a közepes fejlesztési szinthez legközelebb álló műszaki megoldások megvalósításával történt meg. A kivitelezés során a beruházási költségek és a megtérülési idő optimalizálása volt a döntő szempont, így a fejlesztés minden eleme költséghatékony, de energetikailag is indokolt beavatkozásnak tekinthető. A megvalósított fejlesztések az alábbiak voltak:

7.1. Külső falszigetelés

A homlokzati falak hőszigetelése 15 cm vastag EPS rendszerrel valósult meg. A választás fő szempontja a jó hőszigetelő képesség és a kedvező ár-érték arány volt. Ennek köszönhetően az épület hőátbocsátási tényezője (U) jelentősen csökkent, a falak hővesztesége mintegy 60%-kal mérséklődött.



21. ábra: megvalósult külső fal szigetelés

7.2.Födémszigetelés

A padlásfödémre 25 cm vastag ásványgyapot réteg került beépítésre. Az anyagválasztás a tűzállóság, a jó páraáteresztés és a kedvező ár miatt történt. A szerkezet hőátbocsátási tényezője így $U \leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ értékre javult, ami megfelel a jelenlegi előírásoknak.



21. ábra: megvalósult födém szigetelés és héjazat csere

7.3. Nyílászárók

A korábbi, elöregedett szerkezetek helyett műanyag, háromrétegű üvegezésű nyílászárók kerültek beépítésre. Az új ablakok $U_{\text{ablak}} \approx 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ értékkel rendelkeznek, ami a költséghatékonyság mellett kiváló hőszigetelést és légzárást biztosít.



22. ábra: megvalósult nyílászáró csere

7.4. Fűtési hőtermelő berendezés

A régi, elavult gázkazánt kondenzációs kazánra cserélték, amely magas (95–98%) hatásfokkal üzemel. A választás itt is költséghatékonysági megfontolásból történt, mivel a hőszivattyús rendszerhez képest alacsonyabb beruházási költséggel valósítható meg, de jelentős energia-megtakarítást biztosít.

7.5. Használati melegvíz (HMV) előállítás

A HMV-ellátás a kondenzációs kazánal integrált módon történik, külön HMV-tárolóval. Ez egyszerű és hatékony megoldást biztosít, külön megújuló rendszer telepítése nélkül.



23. ábra: megvalósult kombi kazán csere

7.6. Napelemes rendszer

A tetőre 5 kWp teljesítményű napelemes rendszer került telepítésre, amely az éves villamosenergia-felhasználás jelentős részét fedezi. A megvalósítást az „NFFKÜ Lakossági napelemes és energiatárolós pályázat” tette lehetővé, amelynek keretében 10 kWh kapacitású energiatároló is beépítésre került. A beruházás így hosszú távon nettó villamosenergia-függetlenséget biztosít az épület számára.



24. ábra: megvalósult napelemes rendszer

7.7.Hőleadó rendszer

Az elavult acél radiátorokat korszerű alumínium radiátorokra cserélték, a teljes fűtési hálózat pedig ötrétegű csővezetékkel, falba süllyesztett kivitelben került kiépítésre. Ez nemcsak esztétikus megoldás, hanem hidraulikailag kiegyensúlyozott, kisebb hőveszteségű rendszert eredményezett.



25. ábra: megvalósult fűtési csővezeték csere

7.8. Hűtési rendszer

A nyári hőkomfort biztosítása érdekében 5 darab 2,5 kW teljesítményű inverteres split klíma került felszerelésre a lakóhelyiségekben. A klímaberendezések hűtésre, valamint átmeneti időszakban fűtésrészegítésre is alkalmasak, A++ energiasztályú kivitelben.



26. ábra: megvalósult split klímák telepítése

Értékelés

A megvalósított korszerűsítési intézkedések együttesen az épület energetikai besorolását Gyenge (II) → Korszerű (CC) kategóriára javították. Az éves energiamegtakarítás megközelíti a 33 MWh/év értéket, ami a kiinduló állapothoz képest több mint 55%-os primerenergia-csökkenést jelent.

A fejlesztések összességében:

- jelentős hőveszteség-csökkenést
- megnövekedett lakókomfortot
- és hosszú távon fenntartható üzemeltetési költségeket eredményeztek

A beruházás költséghatékonysági szempontból optimális kompromisszumot képvisel a korszerűség és gazdaságosság között, és alapot teremt arra, hogy a jövőben akár hőszivattyú vagy hővisszanyerős szellőztető rendszer beépítésével az épület elérje a „BB – közel nulla energiaigényű” szintet.

8. Irodalomjegyzék

1. **Kalmár, F. (2018):** Légcsere és hővisszanyerés családi házakban - Debreceni Egyetem, Épületgépészeti Tanszék, Debrecen
2. **Bánhidi, L. – Kajtár, L. (2000):** Belső környezeti minőség és komfort - Akadémiai Kiadó, Budapest
3. **Kalmár, F. (2018):** Energiatudatos épületgépészeti megoldások családi házakban - Debreceni Egyetem, Épületgépészeti Tanszék
4. **Csoknyai, T. – Kajtár, L. – Kalmár, F. (2021):** Épületenergetikai kézikönyv - TERC Kiadó, Budapest
5. **Kovács, Z. – Csoknyai, T. (2020):** Légtechnikai rendszerek energiahatékonysága családi házakban - Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék, Budapest
6. **Fekete, J. – Komlósi, Á. (2019):** Hőhidak és páralecsapódás vizsgálata épületfelújítás után - Épületgépészet, LXVIII. évf., 3. szám, 23–31. o.
7. **Bozsóki, K. – Kiss, D. (2022):** Energiahatékony épületfelújítások és épületgépészeti korszerűsítések - Épületgépészeti Szemle, 2022/4. Budapest
8. **Bánhidi László – Kajtár László (1990):** „Épületgépészet I–II.” -Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Tankönyvkiadó, Budapest
9. **Magyarország Kormánya:** „7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról.” - Magyar Közlöny
10. **Lechner Tudásközpont:** „Kádár-kockák felújítása – korszerűsítési lehetőségek és tipikus szerkezetek.” - Építésügyi Tudástár, Budapest
11. **MEHI (Magyar Energiahatékonysági Intézet) (2021):** „Hazai Felújítási Hullám – Mélyfelújítási javaslatcsomag.”
12. **Magyar Mérnöki Kamara (2020):** „Épületenergetikai tanúsítás – módszertani útmutató.” Budapest
13. **Lechner Tudásközpont:** „Energiahatékony épületfelújítási minták családi házak esetén.” Budapest
14. **Energiahatékonysági Intézet (MEHI) (2020):** „Felújítás és energia-megtakarítás a lakóépület-állományban -” Szakmai összefoglaló tanulmány (2020) Budapest
15. **Láng Péter – Kajtár László (2009):** Épületenergetika - Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest
16. **Kajtár László – Bánhidi László (2009):** Épületfizika – Hő- és páratechnika - Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest

17. **Csoknyai Tamás:** Épületek energetikai minősítése és tanúsítása - Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest
18. **Bánhidi László (2004):** Hőkomfort és épületgépészet - Műszaki Könyvkiadó, Budapest
19. **Farkas Károly:** Hőszigetelés az épületekben - ÉMI Nonprofit Kft., Budapest
20. **Várfalvi János:** Megújuló energiaforrások az épületenergetikában - Műszaki Könyvkiadó, Budapest
21. **MEKH:** Megújuló Energia Magyarországon 2023, Budapest, 2023.
22. **E.ON Hungária Zrt.:** Hőszivattyús rendszerek lakossági útmutatója, 2024
23. **Viessmann Werke GmbH:** Vitocal termékcsalád műszaki adatlapok, 2024
24. **O. Fanger (1970):** Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering - McGraw-Hill,
25. **Jan Hensen – Roberto Lamberts (2011):** Building Performance Simulation for Design and Operation - Routledge
26. **Gustav Olgyay (2015 újrakiadás):** Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism - Princeton University Press
27. **Mat Santamouris (2001):** Energy and Climate in the Urban Built Environment - Routledge
28. **John S. Reynolds – Benjamin Stein (2010):** Mechanical and Electrical Equipment for Buildings - Wiley
29. **Norbert Lechner (2014):** Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects - Wiley
30. **D. Yogi Goswami – Frank Kreith (2015):** Energy Efficiency and Renewable Energy Handbook - CRC Press
31. **Fraunhofer ISE (2022):** Heat Pump Performance Report – Freiburg
32. **Fraunhofer ISE (2021):** Solar Thermal Energy Report, Freiburg
33. **Duffie, J. A., Beckman, W. A.(2013):** Solar Engineering of Thermal Processes, Wiley,
34. **Feist, W. (2015):** Passive House Planning Package (PHPP) Manual. Passive House Institute, Darmstadt, Germany

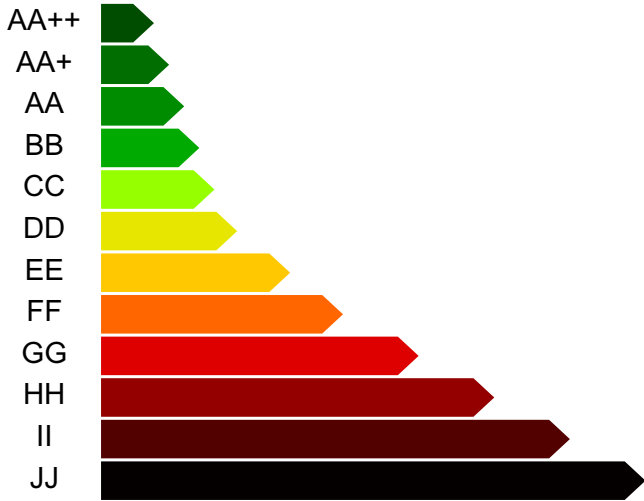
9. Melléklet

Épület (önálló rendeltetési egység)

Rendeltetés: Lakó- és szállásjellegű
Cím: 2233 Ecser
Ibolya utca 6
HRSZ: 853/2
Az épület védettsége: Nem védett

Megrendelő

Név: Dömény Imre Mátyásné
Cím: Magyarország (HU)
1047 Budapest
Arany János utca 7. fsz. 1

Energetikai minőség szerinti besorolás: **HH**

Gyenge

Energetikai adatok

Fűtött alapterület: 100,2 m²

Összesített energetikai jellemző:

- méretezett érték: 338,9 kWh/m²a
- követelményérték: 100 kWh/m²a
- a követelményérték százalékában: 338,9%

Fajlagos hővesztésgétező:

- méretezett érték: 0,88 W/m³K
- a követelményérték százalékában: 300,68%

Megújuló energia részarány (a méretezett összesített energetikai jellemző százalékában): 1.1%

Tanúsító szakember adatai

Név: TAKÁCS GERGELY
Cím: 1022 Budapest
Füge utca 6
Telefon: 208217133
Email: takacs.gergely.energetika@gmail.com

Jogosultsági szám: TÉ 01-0367 (MÉK)

Alátámasztó munkarész:

- kelte: 2023. november 1.
- készítő szoftver megnevezése: WinWatt 9.00 (2023. 10. 13.)

Hiteles kiállítás dátuma: **2023. november 1.**

Korszerűsítési javaslat

Javasolt a határoló szerkezetek hőszigetelése, nyílászárók cseréje, illetve a fűtési és melegvízellátó rendszer korszerűsítése.

A javaslattal elérhető besorolás: **CC**

Megjegyzés

Tanúsítás módszere: Teljes épület, számítással

A tanúsítvány kiállításának oka:
saját célra

Takács Gergely
Épületenergetikai szakértő
Jogosultsági szám:
TÉ 01-0367

Alíráás

(Pecset helye)

Energetikai minőségtanúsítvány összesítő

Épület: Ház
2233 Ecsér
Ibolya utca 6.
Hrsz: 853/2

Megrendelő: Dömény Imre Mátyásné
1047 Budapest, Arany János utca 7. fsz. 1

Tanúsító: Takács Gergely
1022 Bp, Füge utca 6.
TÉ 01-0367

Az épület(rész) fajlagos primer energiafogyasztása:

338.90 kWh/m²a

Követelményérték (viszonyítási alap):

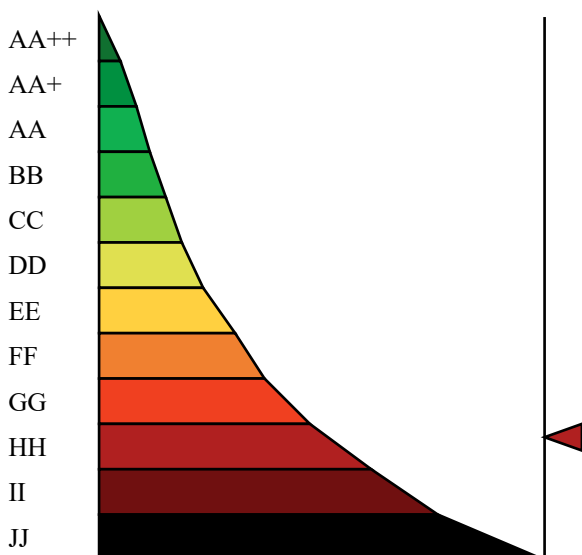
100.00 kWh/m²a

Az épület(rész) energetikai jellemzője a követelményértékre vonatkoztatva:

338.90 %

Energetikai minőség szerinti besorolás:

HH (Gyenge)



A tanúsítás oka: saját célra

Épület védettsége: Nem védett

Az épület építési ideje 1985.

Épület fűtött szintjeinek száma: 2

A tanúsítvány az egyszerűsített számítási módszerrel készült.

A javaslat(ok) együttes megvalósításával elérhető minősítés: CC
A korszerűsítési javaslatok leírása a számítási rész végén található.

Ide írhat szöveget

Tanúsítvány azonosítója a tanúsítónál:

Kelt: 2023. 11. 01.


Aláírás

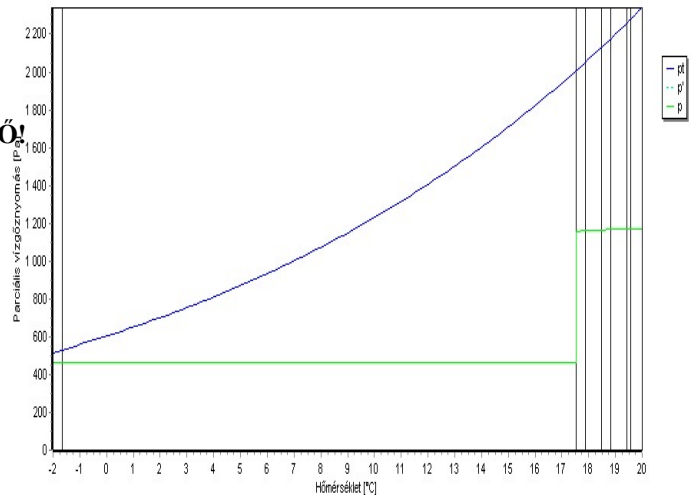
2023. 11. 01.

Szerkezet típusok:**Ajtó**

Típusa: üvegezett ajtó (külső, fa vagy PVC)
 x méret: 2,1 m
 y méret: 1 m
 Hőátbocsátási tényező: 3.000 W/m²K
 Megengedett értéke: 1.150 W/m²K
A hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!
 Üvegezési arány: 10 %

Födém

Típusa: padlásfödém
 y méret: 1 m
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0.192 W/m²K
 Megengedett értéke: 0.170 W/m²K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!
 Eredő hőátbocsátási tényező: 0.211 W/m²K
 Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 10 %
 Fajlagos tömeg: 48 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 82 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 66 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.08 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.10 m²K/W

**Rétegek kívülről befelé**

Réteg	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ -	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	$F_T * F_m * F_a$ [-]
megnevezés	-								
Hőszigetelés	1	15	0,033	-	4,5450	16	0,84	0	
Polietilén fólia	2	0,02	0,170	-	0,0012	960	-	0	
Deszkázat	3	1,8	0,220	-	0,0818	750	2,72	0	
Zárt légréteg Szokv. Hö felf.	4	20	-	-	0,1400	-	-	0	
Deszkázat	5	1,8	0,220	-	0,0818	750	2,72	0	
Gk. váz / Zárt légréteg Szokv. Hö felf.	6	5	-	-	0,1400	-	-	0	
Tiszta gipszlapok és belső felületképzés	7	1,5	0,400	-	0,0375	1250	0,84	0	

Vizsgálati jelentés: A szerkezet a szabvány szerint páradiffúziós szempontból MEGFELELŐ

Közbülső födém

Típusa: belső födém (felfelé hűlő)
 y méret: 1 m
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 2.478 W/m²K
 Eredő hőátbocsátási tényező: 2.725 W/m²K
 Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 10 %
 Fajlagos tömeg: 729 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 394 / 335 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 332 / 282 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.08 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.10 m²K/W

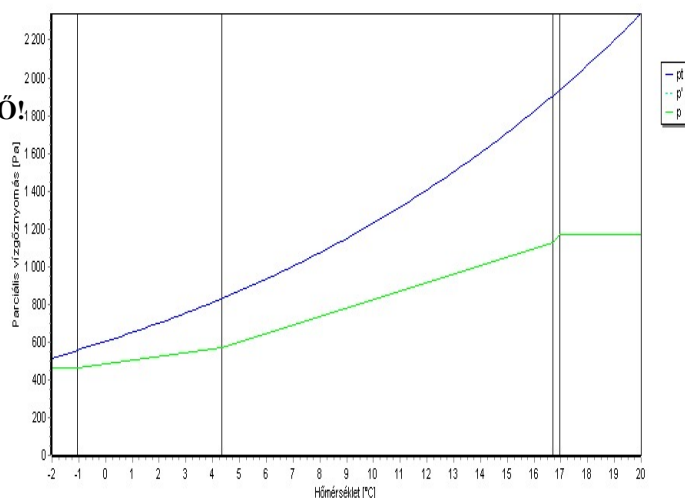
2023. 11. 01.

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	$F_T * F_m * F_a$ [-]
megnevezés	-			-					
Csempe	1	0,6	1,050	-	0,0057	1800	0,88	0	
kavicsbeton	2	10	1,280	-	0,0781	2200	0,84	0	
vasbeton	3	20	1,550	-	0,1290	2400	0,84	0	
Cementvakolat	4	1	0,930	-	0,0108	1800	0,88	0	

Külső fal

Típusa:	külső fal
Rétegtervi hőátbocsátási tényező:	1.066 W/m ² K
Megengedett értéke:	0.240 W/m ² K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!	
Eredő hőátbocsátási tényező:	1.386 W/m ² K
Hőátbocsátási tényezőt módosító tag:	30 %
Fajlagos tömeg:	452 kg/m ²
Fajlagos hőtároló tömeg:	129 kg/m ²
Fajlagos hőkapacitás:	114 kJ/m ² K
Hőátadási ellenállás kívül:	0.04 m ² K/W
Hőátadási ellenállás belül:	0.13 m ² K/W



Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	$F_T * F_m * F_a$ [-]
megnevezés	-			-					
Baumit Thermo Vakolat	1	3	0,130	-	0,2308	450	1,13	0	
Tégla falazat	2	30	0,570	-	0,5263	1400	0,88	0	
Cementvakolat	3	1	0,930	-	0,0108	1800	0,88	0	

Vizsgálati jelentés: A szerkezetben páralecsapódás nem alakul ki.

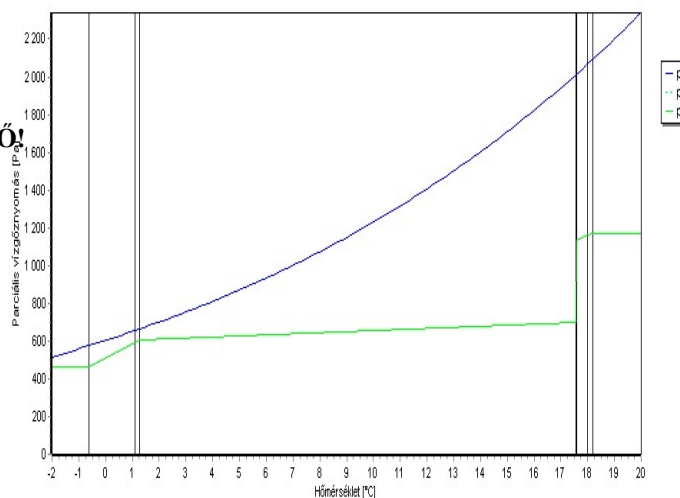
Nyílászárók

Típusa:	ablak (külső, fa vagy PVC)
x méret:	1 m
y méret:	1 m
Hőátbocsátási tényező:	2.800 W/m ² K
Megengedett értéke:	1.150 W/m ² K
A hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!	
Üvegezési arány:	75 %
Üvegezés g értéke:	0.783
Éjszaka társított szerkezet hőv. ellen.:	0.330 m ² K/W
Árnyékolás módja nyáron:	külső
Árnyékolás naptényezője nyáron:	0.090

2023. 11. 01.

Padló

Típusa: pincefödém
 y méret: 1 m
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0.482 W/m²K
 Megengedett értéke: 0.260 W/m²K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!
 Eredő hőátbocsátási tényező: 0.578 W/m²K
 Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 20 %
 Fajlagos tömeg: 785 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 180 / 558 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 153 / 469 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.17 m²K/W



Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	$F_T * F_m * F_a$ [-]
megnevezés	-			-					
Vasbeton	1	25	1,550	-	0,1613	2400	0,84	0	
Bitumenes lemez	2	0,3	0,170	-	0,0176	1050	-	0	
Hőszigetelés	3	6	0,039	-	1,5380	20	1,46	0	
PE fólia	4	0,02	0,170	-	0,0012	960	-	0	
Aljzatbeton	5	6	1,550	-	0,0387	2400	0,84	0	
Burkolat és kellősítés	6	2	1,050	-	0,0190	1800	0,88	0	

Vizsgálati jelentés: A szerkezet a szabvány szerint páradiffúziós szempontból MEGFELELŐ

Padló 1

Típusa: padló (talajra fektetett)
 y méret: 1 m
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0.401 W/m²K
 Megengedett értéke: 0.300 W/m²K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!
 Vonalmenti hőátbocsátási tényező: 0.950 W/mK
 Fajlagos tömeg: 983 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 180 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 153 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.00 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.17 m²K/W
 Padlószint magassága: 0.3m

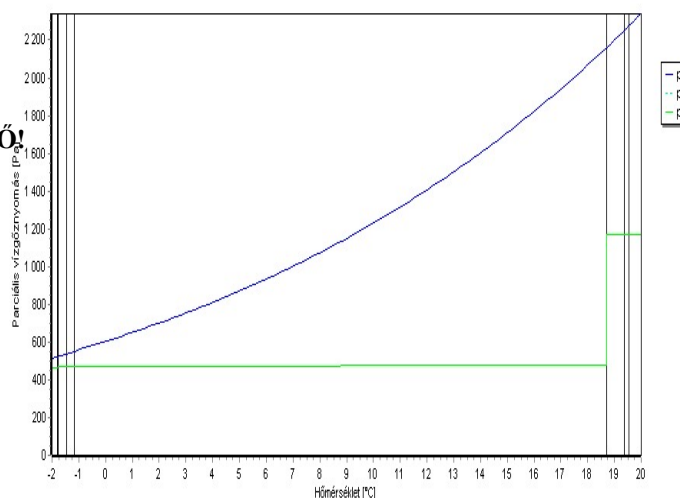
2023. 11. 01.

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	$F_T * F_m * F_a$ [-]
megnevezés	-			-					
Növényültető talajkeverék	1	30	-	-	0,2000	800	-	0	
Kavicsfeltöltés	2	15	0,350	-	0,4286	1800	0,84	0	
Vasbeton	3	12	1,550	-	0,0774	2400	0,84	0	
Bitumenes lemez	4	0,3	0,170	-	0,0176	1050	-	0	
Hőszigetelés	5	6	0,039	-	1,5380	20	1,46	0	
PE fólia	6	0,02	0,170	-	0,0012	960	-	0	
Aljzatbeton	7	6	1,550	-	0,0387	2400	0,84	0	
Burkolat és kellősítés	8	2	1,050	-	0,0190	1800	0,88	0	

Tető

Típusa:	tető
y méret:	1 m
Rétegtervi hőátbocsátási tényező:	0.213 W/m ² K
Megengedett értéke:	0.170 W/m ² K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!	
Eredő hőátbocsátási tényező:	0.255 W/m ² K
Hőátbocsátási tényezőt módosító tag:	20 %
Fajlagos tömeg:	53 kg/m ²
Fajlagos hőtároló tömeg:	19 kg/m ²
Fajlagos hőkapacitás:	16 kJ/m ² K
Hőátadási ellenállás kívül:	0.04 m ² K/W
Hőátadási ellenállás belül:	0.10 m ² K/W



Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	$F_T * F_m * F_a$ [-]
megnevezés	-			-					
Cserépfedés	1	1,2	1,400	-	0,0086	2650	0,92	0	
Léc / Ellenléc / Kiszell. légr. Szokv. Hö felf.	2	8	-	-	0,0700	-	-	0	
Páraáteresztő fólia	3	0,1	-	-	-	-	-	0	
Szarufa / Kiszell. légr. Szokv. Hö felf.	4	1	-	-	0,0600	-	-	0	
Szarufa / Üveggyapot filc	5	14	0,033	-	4,2420	16	0,84	0	
Polietilén fólia	6	0,02	0,170	-	0,0012	960	-	0	
Gk. váz / Zárt légréteg Szokv. Hö felf.	7	5	-	-	0,1400	-	-	0	
Tiszta gipszlapok és belső felületképzés	8	1,5	0,400	-	0,0375	1250	0,84	0	

Vizsgálati jelentés: A vizsgálathoz KELLENEK a szorpciós izoterma ADATOK!

Az egyensúlyi állapot a diffúziós időszak alatt ki tud alakulni (feltöltési idő: -3 nap). A szerkezet szárad. Az izotermával nem rendelkező rétegek figyelmen kívül lettek hagyva, a tényleges feltöltési idő hosszabb a számítottnál.

1. (Cserépfedés)75%-NÁL MAGASABB a relatív páratartalom! A vizsgálathoz KELLENEK a szorpciós izoterma ADATOK!

2023. 11. 01.

Határoló szerkezetek:

Szerkezet megnevezés	tájolás	Hajlásszög [°]	U [W/m ² K]	U* [W/m ² K]	A [m ²]	Ψ [W/mK]	L [m]	AU*+LΨ [W/K]	A _ü [m ²]	Q _{sd} [kWh/a]
Külső fal	É	függőleges	1,39	1,39	111,7	-	-	154,8	-	-
Nyílászárók	É	függőleges	2,8	2,4	2,7	-	-	6,5	2,0	158,6
Nyílászárók	K	függőleges	2,8	2,4	6,8	-	-	16,2	5,1	396,5
Ajtó	K	függőleges	3	3	2,1	-	-	6,3	0,2	18,3
Nyílászárók	D	függőleges	2,8	2,4	8,0	-	-	19,2	6,0	470,5
Nyílászárók	NY	függőleges	2,8	2,4	1,1	-	-	2,6	0,8	63,4
Tető	É	45°	0,255	0,255	18,0	-	-	4,6	-	-
Padló 1			-	-	53,7	0,95	29,6	28,1	-	-

Épület tömeg besorolása: nehéz (mt > 400 kg/m²)

ε:	0.75	(Sugárzás hasznosítási tényező)
A:	204.0 m ²	(Fűtött épület(rész) térfogatot határoló összfelület)
V:	256.4 m ³	(Fűtött épület(rész) térfogat)
A/V:	0.796 m ² /m ³	(Felület-térfogat arány)
Q _{sd} +Q _{sid} :	(1107 + 0) * 0,75 = 830kWh/a	(Sugárzási hőnyereség)
ΣAU + ΣΨ:	238.2 W/K	
q = [ΣAU + ΣΨ - (Q _{sd} + Q _{sid})/72]/V =	(238,2 - 830 / 72) / 256,38	
q:	0.884 W/m³K	(Számított fajlagos hővesztégtényező)
q _{max, kn} hővesztégtényező)	0.294 W/m³K	(Közel nulla energiaigényű épületek megengedett fajlagos)

Az épület fajlagos hővesztégtényezője a közel nulla energiaigényű épületek követelményszintnek NEM FELEL MEG!

Energia igény tervezési adatok

Épület(rész) jellege: Lakóépület

A _N :	100.20 m ²	(Fűtött alapterület)
n:	0.50 1/h	(Átlagos légcsereszám a fűtési időnyben)
σ:	1.00	(Szakaszos üzem korrekciós szorzó)
Q _{sd} +Q _{sid} :	(0,3 + 0) * 0,75 = 0,22kW	(Sugárzási nyereség)
q _b :	5.00 W/m ²	(Belső hőnyereség átlagos értéke)
E _{vil, n} :	0.00 kWh/m ² a	(Világítás fajlagos éves nettó energia igénye)
q _{HMV} :	30.00 kWh/m ² a	(Használati melegvíz fajlagos éves nettó hőenergia igénye)
A _{HMVr} :	20.20 m ²	(Csökkentett használati melegvíz igényű terület)
n _{nyár} :	9.00 1/h	(Légcsereszám a nyári időnyben)
Q _{sdnyár} :	0,17 kW	(Sugárzási nyereség)

Fajlagos értékekből számolt igények

Q _b = ΣA _N q _b :	501 W	(Belső hőnyereségek összege)
Q _{b, ε} = ΣA _N q _b ε:	376 W	(Belső hőnyereségek összege a hasznosítással)
ΣE _{vil, n} = ΣA _N E _{vil, n} :	0 kWh/a	(Világítás éves nettó energia igénye)
Q _{HMV} = ΣA _N q _{HMV} :	2703 kWh/a	(Használati melegvíz éves nettó hőenergia igénye)
V _{átl} = ΣVn:	128.2 m ³ /h	(Átlagos levegő térfogatáram a fűtési időnyben)
V _{LT} = ΣVn _{LT} *Z _{LT} /Z _F :	0.0 m ³ /h	(Levegő térfogatáram a használati időben)
V _{inf} = ΣVn _{inf} *(1-Z _{LT} /Z _F):	0.0 m ³ /h	(Levegő térfogatáram a használati időn kívül)
V _{dt} = Σ(V _{átl} + V _{LT} (1-η) + V _{inf}):	128.2 m ³ /h	(Légmennyiség a téli egyensúlyi hőm. különbséghez.)
V _{nyár} = ΣVn _{nyár} :	2307.4 m ³ /h	(Levegő térfogatáram nyáron)

2023. 11. 01.

Fűtés éves nettó hőenergia igényének meghatározása

$$\Delta t_b = (Q_{sd} + Q_{sid} + Q_{b,e}) / (\Sigma AU + \Sigma \Psi + 0,35 V_{dt}) + 2$$

$$\Delta t_b = (224 + 375,75) / (238,2 + 0,35 * 128,19) + 2 = 4,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_i: \quad 20,0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{Átlagos belső hőmérséklet})$$

$$H: \quad 72000 \text{ hK/a} \quad (\text{Fűtési hőfokhíd})$$

$$Z_F: \quad 4400 \text{ h/a} \quad (\text{Fűtési idő hossza})$$

$$Q_F = H[Vq + 0,35 \Sigma V_{inf,F}] \sigma - P_{LT,F} Z_F - Z_F Q_{b,e}$$

$$Q_F = 72 * (256,38 * 0,884 + 0,35 * 128,2) * 1 - 0 * 4,4 - 4,4 * 375,75 = 17,9 \text{ MWh/a}$$

$$q_F: \quad 178,59 \text{ kWh/m}^2\text{a} \quad (\text{Fűtés éves fajlagos nettó hőenergia igénye})$$

Nyári túlmelegedés kockázatának ellenőrzése

$$\Delta t_{bnyár} = (Q_{sdnyár} + Q_b) / (\Sigma AU + \Sigma \Psi + 0,35 V_{nyár})$$

$$\Delta t_{bnyár} = (165 + 501) / (238,2 + 0,35 * 2307,42) = 0,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{bnyármax}: \quad 3,0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{A nyári felmelegedés elfogadható értéke})$$

$$n_{hű}: \quad 4,00 \text{ nap} \quad (\text{Hűtési napok száma})$$

$$Q_{hű} = 24/1000 * n_{hű} * (\Sigma A_n * q_b + Q_{sdnyár})$$

$$Q_{hű} = 24/1000 * 4,00 * (165 + 501) = 63,993 \text{ kWh/a}$$

A nyári felmelegedés elfogadható mértékű.

Fűtési rendszer

$$A_N: \quad 100,20 \text{ m}^2 \quad (\text{a rendszer alapterülete})$$

$$q_f: \quad 178,59 \text{ kWh/m}^2\text{a} \quad (\text{a fűtés fajlagos nettó hőenergia igénye})$$

Fűtött téren belül elhelyezett állandó hőmérsékletű olaj- vagy gázkazán

$$e_f: \quad 1,00 \quad (\text{földgáz})$$

$$e_{sus}: \quad 0,00$$

$$C_k: \quad 1,30 \quad (\text{a hőtermelő teljesítménytényezője})$$

$$q_{k,v}: \quad 0,79 \text{ kWh/m}^2\text{a} \quad (\text{segédenergia igény})$$

Kétsőves radiátoros és beágyazott fűtés, egy központi szabályozóval

$$q_{f,h}: \quad 9,60 \text{ kWh/m}^2\text{a} \quad (\text{a teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteség})$$

Melegvíz-termelő rendszer

$$A_N: \quad 100,20 \text{ m}^2 \quad (\text{a rendszer alapterülete})$$

$$q_{HMV}: \quad 26,98 \text{ kWh/m}^2\text{a} \quad (\text{a melegvíz készítés nettó energia igénye})$$

Elektromos fűtőpatron

$$e_{HMV}: \quad 2,50 \quad (\text{elektromos áram})$$

$$e_{sus}: \quad 0,10$$

$$C_k: \quad 1,00 \quad (\text{a hőtermelő teljesítménytényezője})$$

$$E_k: \quad 0,00 \text{ kWh/m}^2\text{a} \quad (\text{segédenergia igény})$$

Elosztó vezetékek a fűtött téren belül, cirkuláció nélkül

$$q_{HMV,v}: \quad 10,00 \% \quad (\text{a melegvíz elosztás fajlagos vesztesége})$$

$$E_C: \quad 0,00 \text{ kWh/m}^2\text{a} \quad (\text{a cirkulációs szivattyú fajlagos energia igénye})$$

Elhelyezés a fűtött térben, nappali árammal működő elektromos boiler

$$q_{HMV,t}: \quad 13,00 \% \quad (\text{a melegvíz tárolás fajlagos vesztesége})$$

2023. 11. 01.

$$E_{\text{HBMV}} = q_{\text{HBMV}}(1 + q_{\text{HBMV},v}/100 + q_{\text{HBMV},t}/100) \sum (C_k \alpha_k e_{\text{HBMV}}) + (E_C + E_k) e_v$$

$$E_{\text{HBMV}} = 26,98 * (1 + 0,1 + 0,13) * 2,5 + (0 + 0) * 2,5 = \mathbf{82,95 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$$

$$E_{\text{HBMV sus}} = q_{\text{HBMV}}(1 + q_{\text{HBMV},v}/100 + q_{\text{HBMV},t}/100) \sum (C_k \alpha_k e_{\text{HBMV sus}}) + (E_C + E_k) e_{v \text{ sus}}$$

$$E_{\text{HBMV sus}} = 26,98 * (1 + 0,1 + 0,13) * 0,1 + (0 + 0) * 0,1 = 3,32 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Az épület(rész) összesített energetikai jellemzője

$$E_p = E_F + E_{\text{HBMV}} + E_{\text{vil}} + E_{\text{LT}} + E_{\text{hű}} + E_{+} = 255,95 + 82,95 + 0 + 0 + 0 + 0$$

E_p : **338,90 kWh/m²a** (az összesített energetikai jellemző számított értéke)

$E_{p\text{max}}$: **100,00 kWh/m²a** (az összesített energetikai jellemző megengedett értéke)

Az épület(rész) az összesített energetikai jellemző alapján NEM FELEL MEG!

$$E_{\text{sus}} = E_{F \text{ sus}} + E_{\text{HBMV sus}} + E_{\text{vil sus}} + E_{\text{LT sus}} + E_{\text{hű sus}} + E_{\text{nyer sus}}$$

$$E_{\text{sus}} = 0,3 + 3,32 + 0 + 0 + 0 + 0 = 3,62 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$\text{MER} = E_{\text{sus}} / E_p = 3,62 / 338,9 = 1,1 \% \quad (\text{Megújuló részarány})$$

A megújuló részarány a közel nulla energiaigényű épületek követelményszintnek NEM FELEL MEG!

Becsült éves fogyasztás energiaforrások szerint

Energiaforrás típusa	E [MWh/a]	e [-]	E_{prim} [MWh/a]	e_{CO2} [g/kWh]	E_{CO2} [t/a]	H	F [a]
elektromos áram	3,63	2,50	9,07	365	1,32	-	3,6 MWh
földgáz	24,89	1,00	24,89	203	5,05	36000 kJ/m ³	2489,2 m ³
Összesen			33,96		6,38		

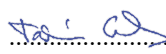
A javasolt korszerűsítések leírása:

Javasolt a határoló szerkezetek hőszigetelése, nyílászárók cseréje, illetve a fűtési és melegvízellátó rendszer korszerűsítése.

A javaslat(ok) együttes megvalósításával elérhető minőség: CC

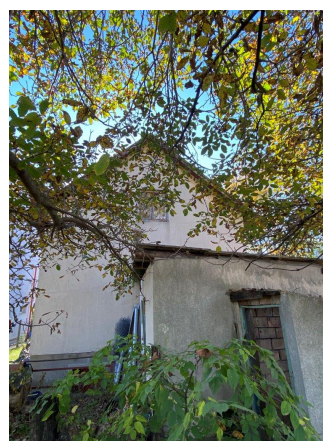
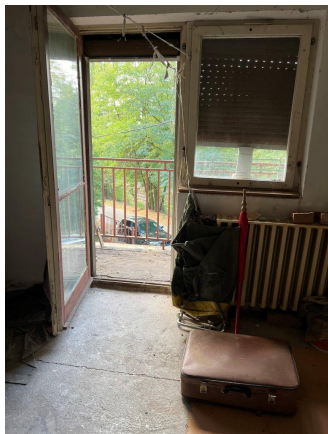
A számítás a 7/2006. TNM rendelet 2021.I.1-i állapot szerint készült.

A közel nulla energiaigényű épületek követelményszint (6. melléklet) szerint.


aláírás

Ide írhat szöveg

2023. 11. 01.



2023. 11. 01.



2023. 11. 01.

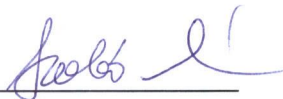
NYILATKOZAT

Balogh Viktor (hallgató Neptun azonosítója: E7B37S) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2025. év November hó _____ nap


belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

7. sz. melléklete: Műszaki Intézet külső konzulensi nyilatkozat

KÜLSŐ KONZULENSI NYILATKOZAT

Balogh Viktor (hallgató Neptun azonosítója: E7B37S)

külső konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon rendszeresen megjelent.

Kelt: Budapest, 2025. év 10 hó 16 nap



külső konzulens

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Balogh Viktor
Neptun-kódja:	E7B37S
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input type="checkbox"/> BSc/BA X MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Diplomamunka
A munka címe:	Saját családi ház energetikai korszerűsítése

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
-	-	-

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve, verziója, elérhetősége	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

Ábra szerkesztés	ChatGPT 5	1,15,16,17,18,19,20 ábra	
------------------	-----------	-----------------------------	--

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

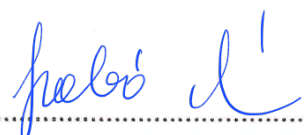
.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Budapest 2025. 11 hó 02 nap


.....
Hallgató aláírása


.....
Konzulens/Témavezető aláírása

1.ábra:

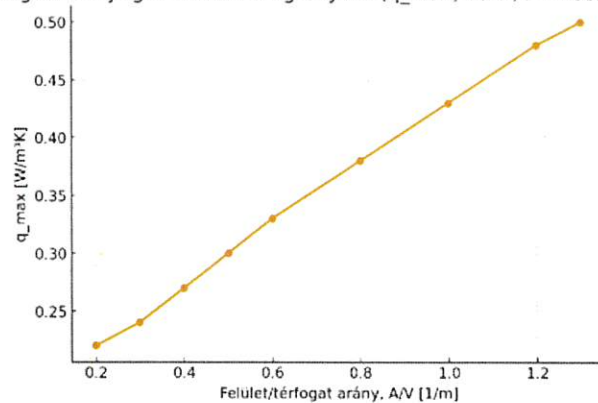
Megengedett q (q_{\max}):

A TNM alatt a q_{\max} nem rögzített $0,30 \text{ W/m}^3\text{K}$ fix szám, hanem a felület/térfogat arány (A/V) függvénye, görbével/táblával adták meg (lakóépületeknél tipikusan $\sim 0,2\text{--}0,5 \text{ W/m}^3\text{K}$ tartományban). Javasolt a dolgozatban így fogalmazni: „a q_{\max} értéke az A/V arány függvénye a rendelet ábrája szerint”, és mellé tenni a hivatkozást/ábrát.

kérlek készítsd el az ábrát

4 másodpercig gondolkozott >

Megengedett fajlagos hővesztésgtényező (q_{\max}) vs. A/V - illusztratív görbe



Elkészült az illusztratív q_{\max} - A/V ábra. Itt tudod letölteni és beilleszteni a dolgozatba: [Letöltés \(PNG\)](#)

Megjegyzés (szövegbe tehető):

„Az ábra a TNM-korszak módszertanának szemléltetésére szolgáló illusztratív q_{\max} - A/V görbét mutatja. A tényleges határértékeket a rendelet ábrája/táblázata adja meg; a dolgozatban erre kell hivatkozni.”



15.ábra

Készítst egy NPV-IRR görbét (15 éves projektre) az alábbi adatok alapján: Mutató Érték Jelentés

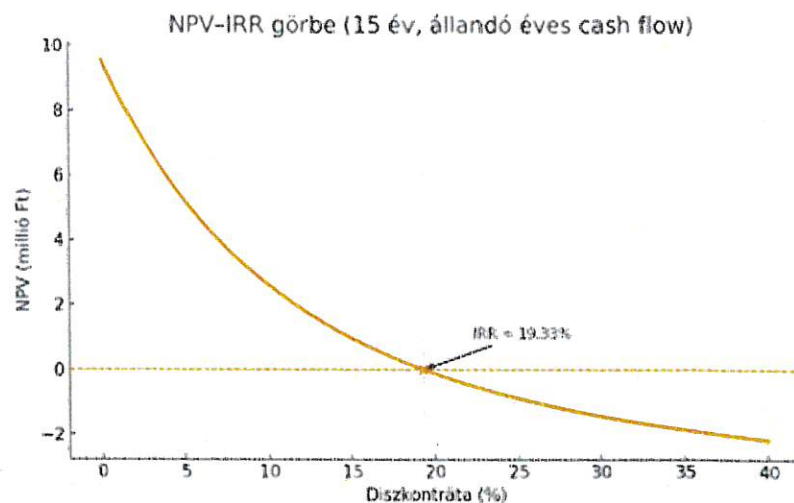
NPV +5,912 M Ft A projekt 15 év alatt 5,912 millió Ft nettó nyereséget termel jelenértéken.

Beruházás (C_0) 4,5 M Ft egyszeri befektetés

Megtérülési idő $4,5/0,936 = 4,8$ év kb. 4,8 év alatt megtérül

IRR (becsült) $\approx 19,3\%$ rendkívül kedvező hozam

Ennyi ideig gondolkozott: 6s >



Elkészült a 15 éves projektre az NPV-IRR görbe az általad megadott adatok alapján ($C_0 = 4,5$ M Ft; éves nettó cash flow = 0,936 M Ft).

Számolt IRR $\approx 19,33\%$, ami jól egyezik a becsült $\approx 19,3\%$ értékkel. Referenciaként 8% diszkontrátán az NPV $\approx 3,51$ M Ft.

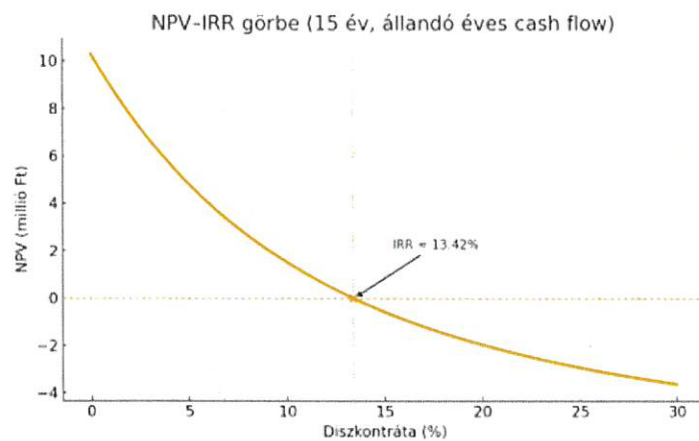
Letöltés: NPV-IRR görbe PNG

Ha szeretnéd, készítek mellé egy rövid magyarázó ábrát is az éves cash flow-król, vagy exportálhatom a görbe adatpontjait Excelbe. <>



16.ábra

Készítst egy NPV-IRR görbét (15 éves projektre) az alábbi adatok alapján: Mutató Érték Jelentés
NPV +8,689 M Ft A projekt 15 év alatt 8,689 millió Ft nettó nyereséget termel jelenértéken.
eruházás (C_0) 7,5 M Ft egyszeri befektetés
Megtérülési idő $7,5/1,186 = 6,3$ év kb. 6,3 év alatt megtérül
IRR (becsült) $\approx 13,65\%$ rendkívül kedvező hozam



Megcsináltam a 15 éves projektre az NPV-IRR görbét a megadott paraméterekkel ($C_0 = 7,5$ M Ft, éves nettó cash flow = 1,186 M Ft a megtérülésből).

Számolt IRR $\approx 13,42\%$, ami közel esik a megadott becsléshez ($\approx 13,65\%$). Referenciaként 8% diszkontrátán az NPV $\approx 2,65$ M Ft.

Letöltés: [NPV-IRR görbe PNG](#)

Szeretném, hogy az adatpontokat táblázatban (Excel/CSV) is exportáljam, vagy készüljön mellé egy rövid magyarázó lap a módszertanról? ☞

17.ábra

Készítst egy NPV-IRR görbét (15 éves projektre) az alábbi adatok

alapján: Mutató Érték Jelentés

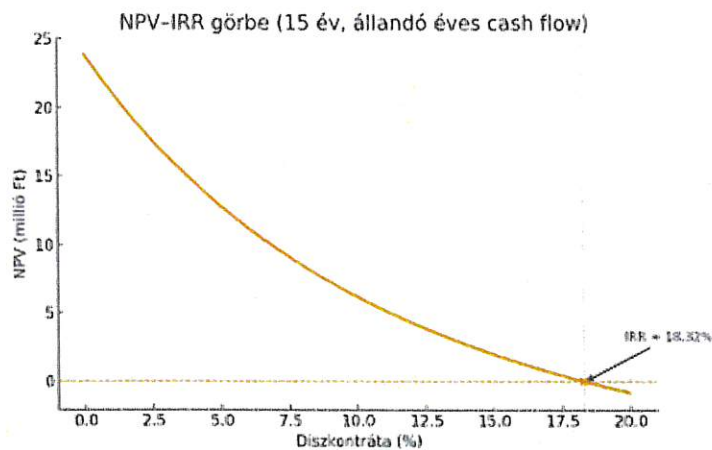
NPV +14,58 M Ft A projekt 15 év alatt 15,58 millió Ft nettó nyereséget termel jelenértéken.

Beruházás (C_0) 12 M Ft egyszeri befektetés

Megtérülési idő $12/2,39 = 5$ év kb. 5 év alatt megtérül

IRR (becsült) $\approx 6,5\%$ rendkívül kedvező hozam

Ennyi ideig gondolkozott: 22s >



Ennyi ideig gondolkozott: 16s >

Elkészült a 15 éves projektre az NPV-IRR görbe a megadott paraméterekkel ($C_0 = 12$ M Ft, éves nettó cash flow = 2,39 M Ft a $12/2,39 = 5$ év megtérülésből).

- Számolt IRR $\approx 18,32\%$
- NPV 8% diszkontrátán: $\approx 8,46$ M Ft
- NPV 6,5% diszkontrátán: $\approx 10,47$ M Ft

Letöltés: NPV-IRR görbe PNG

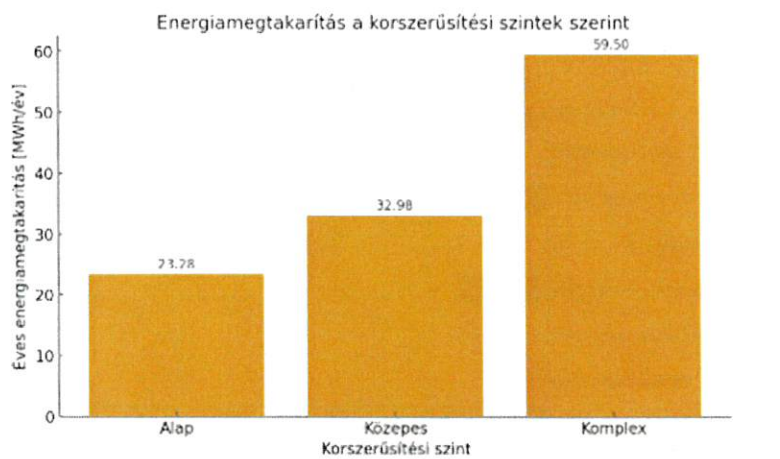
Megjegyzés: a fenti számítás mellett az IRR jóval magasabb a megadott $\sim 6,5\%$ -os becslésnél. Ha más cash-flow profillal (pl. növekvő bevételek, maradványérték stb.) számoltál, szívesen újrafuttatom arra is.

Kérsz CSV/Excel exportot a görbe adatpontjairól, vagy  rövid módszertani magyarázó lapot a grafikon mellé?

18. ábra

Készíts egy ábrát az energiamegtakarításokról. Az alap korszerűsítésnél 23,279 MWh/év, a közepes korszerűsítésnél 32,98 MWh/év és a komplex korszerűsítésnél 59,5 MWh/év a megtakarítás

Energiamegtakarítás A Korszerűsítési Szintek Szerint



Elkészült az ábra, amely a három korszerűsítési szint — alap, közepes és komplex — éves energiamegtakarítását mutatja MWh/év egységben.

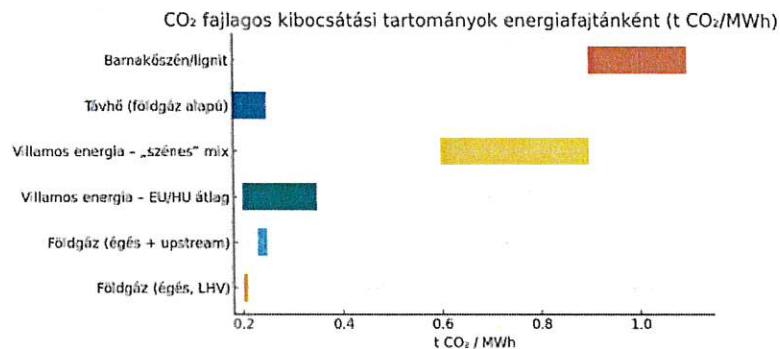
Letölthető a diagram:

 [energiamegtakaritasok_diagram.png](#) 

19. ábra

készíts egy ábrát erről:

nergiafajta (kiváltott) Tipikus fajlagos CO₂-kibocsátás 1 MWh megtakarítás CO₂-megtakarítása
Földgáz (égés, LHV) $\approx 0,202 \text{ t CO}_2/\text{MWh} \approx 0,20 \text{ t CO}_2$
Földgáz (égés + upstream) $\approx 0,23\text{--}0,25 \text{ t CO}_2/\text{MWh} \approx 0,23\text{--}0,25 \text{ t CO}_2$
Villamos energia – EU/HU átlag $\approx 0,20\text{--}0,35 \text{ t CO}_2/\text{MWh}$ (időszaktól függ) $\approx 0,20\text{--}0,35 \text{ t CO}_2$
Villamos energia – „szénés” mix $\approx 0,6\text{--}0,9 \text{ t CO}_2/\text{MWh} \approx 0,6\text{--}0,9 \text{ t CO}_2$
Távhő (földgáz alapú) $\approx 0,18\text{--}0,25 \text{ t CO}_2/\text{MWh} \approx 0,18\text{--}0,25 \text{ t CO}_2$
Barnakőszén/lignit $\approx 0,9\text{--}1,1 \text{ t CO}_2/\text{MWh} \approx 0,9\text{--}1,1 \text{ t CO}_2$



Megjegyzés: 1 MWh energia MEGTAKARÍTÁSA ugyanakkora CO₂ elkerülését jelenti.
A tartományok irányértékek; a tényleges értékek időszaktól és más függvényében változhatnak.

Elkészült az ábra. Letöltés:

[CO₂ fajlagos kibocsátási tartományok energiafajtanként \(PNG\)](#)

Megjegyzés a beillesztéshez: a vízszintes sávok a tipikus t CO₂/MWh tartományokat mutatják; 1 MWh megtakarításnál ugyanakkora CO₂ elkerülése várható.

20. ábra

készíts egy olyan diagramot ami összehasonlítja az alap, közepes és komplex korszerűsítés energia megtakarítását MWh/év-ben és a CO₂ kibocsátás megtakarítását t/év-ben

Az adatok:

MWh megtakarítás CO₂ kibocsátás megtakarítás
 Alap korszerűsítés 23,279 6,9837
 Közepes korszerűsítés 32,98 9,997
 Komplex korszerűsítés 59,5 17,85



Megjegyzés: egy oszloppár egy korszerűsítési szintet jelöl, bal tengely MWh/év, jobb tengely t/év.

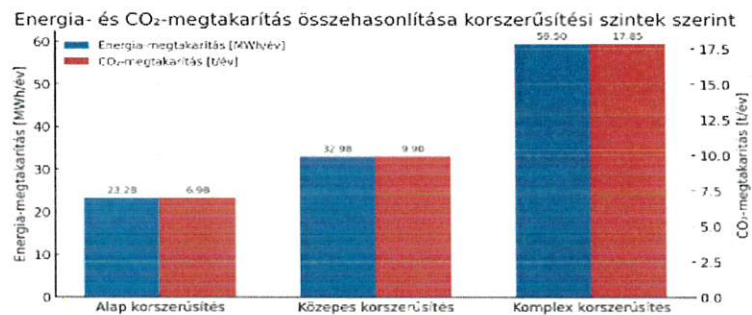
Kész! Itt a kért diagram:

[Letöltés \(PNG\)](#)

Leírás:

- Egy oszloppár egy korszerűsítési szintet jelöl.
- Bal tengely: energia-megtakarítás [MWh/év].
- Jobb tengely: CO₂-megtakarítás [t/év].
- A pontos értékek az oszlopok tetején szerepelnek.

külön-külön oszlop legyen különböző színnel jelölve



Megjegyzés: egy oszloppár egy korszerűsítési szintet jelöl, bal tengely MWh/év, jobb tengely t/év.

Megvan! Itt a külön színekkel jelölt verzió:

[Letöltés \(PNG\)](#)

- Kék: energia-megtakarítás [MWh/év] (bal tengely)
- Piros: CO₂-megtakarítás [t/év] (jobb tengely)
- Minden oszloppár egy korszerűsítési szintet jelöl.