

SZAKDOLGOZAT

Dian Csenge Márta

2024



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Műszaki Intézet**

**Energiagazdálkodási szaktanácsadó
szakirányú továbbképzés**

FELSŐOKTATÁSI ÉPÜLET ENERGETIKAI VIZSGÁLATA

Belső konzulens:	Dr. Schrempf Norbert Attila egyetemi docens
Belső konzulens intézete/tanszéke:	MATE, Épületgépészeti és Energetikai Tanszék
Külső konzulens:	Dr. Talamon Attila egyetemi docens, ÓE, Szimulációs Design Tanszék Ügyvezető, energia auditor, Winergy Kft.
Készítette:	Dian Csenge Márta

**Gödöllő
2024**

MŰSZAKI INTÉZET ENERGIAGAZDÁLKODÁSI SZAKTANÁCSADÓ
Szakirányú Továbbképzés

SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Dian Csenge Márta (XOUSAS)
részére

A szakdolgozat címe:

Felsőoktatási épület energetikai vizsgálata

Feladatkiírás:

A szakdolgozat során egy felsőoktatási épület energetikai vizsgálata történik meg. Először jelenlegi építészeti és gépészeti rendszerek bemutatása, valamint a fogyasztási adatok elemzése. Ezt követően beruházási javaslatok, fejlesztések kerülnek bemutatásra (építészeti, gépészeti), ezek gazdaságossági számításaival együtt.

Közreműködő tanszék: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

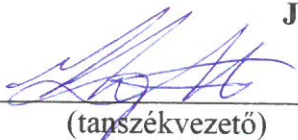
Külső konzulens: *Dr. Talamon Attila egyetemi docens*, ÓE, Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Építésmérnöki Intézet és Winergy Kft., 1032 Budapest, Bécsi út 217. VII. em. 41.

Belső konzulens: *Dr. Schrempf Norbert Attila egyetemi docens*, MATE, Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2024. 04. hó 22. nap

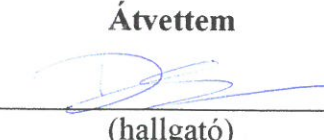
Gödöllő, 2024. 03. hó 08. nap

Jóváhagyom


(tanszékvezető)


(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

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

Gödöllő, 2024. 04. hó 16. nap


(külső konzulens)

Tartalom

Tartalom	1
1. Bevezetés és célkitűzések.....	2
2. Szakirodalmi áttekintés.....	4
2.1 Nemzetközi és hazai energetikai célkitűzések	4
2.2 Nemzetközi és hazai épületállomány bemutatása	7
2.3 Hazai épületfelújítások támogatási lehetőségeinek bemutatása.....	10
3. Alkalmazott módszerek	12
3.1 Épületenergetikai mutatók meghatározása	12
3.2 Napelemes teljesítmény meghatározása	16
3.3 Gazdasági és környezeti számítások módszertana	17
4. Esettanulmány – egy kollégiumi épület felújítási lehetőségei.....	18
5. Eredmények és értékelésük	20
5.1 Az épület jelenlegi állapotának energetikai mutatói	20
5.2 Fejlesztési javaslatok meghatározása és energetikai mutatóik.....	20
5.3 Fejlesztési javaslatok gazdasági szempontok szerinti összehasonlítása.....	29
5.4 Fejlesztési javaslatok szén-dioxid kibocsátásának összehasonlítása.....	35
6. Következtetések és javaslatok	37
7. Összefoglalás	40
Irodalomjegyzék	42
Ábrajegyzék.....	45
Táblázat jegyzék.....	46
Melléklet.....	47

1. Bevezetés és célkitűzések

Napjaink meghatározó kérdése az energiafelhasználás. Az ipari szereplőket és a lakosságot egyaránt érinti az energiafogyasztás csökkentése, a biztonságos energiaellátás megléte és a megújuló energiaforrások alkalmazási lehetőségeinek kiaknázása. A fosszilis energiahordozók rendelkezésre állása véges, valamint az éghajlatváltozást erősítő hatásuk miatt alkalmazásuk napjainkban egyre kevésbé támogatott. Az energiaellátás állandó kérdése az export-import és az energiafüggőség kérdése, melyek mindennapjainkat is meghatározzák.

A föld népessége növekszik, az elmúlt 62 évben 3,03 milliárd főről 7,95 milliárd főre. Az Európai Unióban ennél kisebb mértékű növekedés figyelhető meg, míg Magyarországon a népesség csökkenése következett be ebben az időszakban. A növekvő népességszám növekvő energiaigényt jelent. A városi népesség arányában az elmúlt 62 évben szintén növekedés tapasztalható, a világon 34%-ról 57%-ra, Az Európai Unióban 59%-ról 75%-ra, míg hazánkban 56%-ról 73%-ra (The World Bank). A népesség és a városi lakosság növekedésének következtében egyre több épületre lesz szükség. Jelenleg az Európai Unió energiafelhasználásának 43%-át az épületek adják, ennek a kétharmada pedig a lakóépületek felhasználása (Enerdata Executive Brief, 2021). Az Európai Unióhoz hasonlóan Magyarországon is a lakóépületek teszik ki az energiafelhasználás 40%-át (Energiaklub). Ennek következtében elengedhetetlen foglalkozni az épületek energiafelhasználásának csökkentési lehetőségeivel.

Elsődleges feladat az energiaszükséglet csökkentése, majd a szükséges energia lehető legkörnyezetkímélőbb módon történő előállítás. Az energiafelhasználás csökkentésének több módja is létezik, azonban szükségszerű az optimális sorrend meghatározása annak érdekében, hogy a lehető leghatékonyabb felhasználás-csökkentés elérhetővé váljon. Első lépésként a felhasználói szokások megváltoztatása szükséges, a felhasználók tudatos energiafogyasztásra való ösztönzésével. A mindennapi életben számos olyan megtakarítás elérhető, melyhez nem szükségesek beruházások, csak a felhasználók odafigyelése. Ilyen például a lámpák lekapcsolása azokban a helyiségekben, ahol nem tartózkodunk, a fűtési hőfok alacsonyabbra vétele azokban az időszakokban, amikor nem tartózkodunk a lakásban, a háztartási gépek, elektromos eszközök kikapcsolása és áramtalanítása, amikor nem használjuk őket. Ezek után következhetnek a kisebb beruházási költségű energiamegtakarítást okozó változtatások, például a lámpák LED-esre cserélése, és mozgásérzékelővel történő ellátása. Ezt követően az épületkorszerűsítés nyújt további energiafogyasztás csökkentési lehetőséget. A

korszerűsítéseket először az épületszerkezeteken kell elvégezni (homlokzati és tető hőszigetelések, nyílászáró cserék), ezzel csökkentve az épület energiaigényét. A nyílászárókra szerelt árnyékolókkal az egyre növekvő hűtési energiaigény csökkentése érhető el. Ezt követően a gépészeti rendszerek (fűtési és hűtési rendszerek, légtechnika) korszerűsítése javasolt, melyekkel már a korábbi változtatásokkal elért, lehető legkisebb mértékű energiaigény kiszolgálása a feladat. A fenti változtatások után, már csak azt az energiát szükséges biztosítani, ami az épület mindennap működés szerinti használatához elengedhetetlen. A hosszútávú hazai és nemzetközi stratégiákban foglalt célok eléréséhez az a feladat, hogy ezt az energiát minél nagyobb mértékben megújuló energiából lehessen biztosítani.

Szakedolgozatomban célja, hogy átfogó képet adjak a nemzetközi és a hazai energetikai irányokról, a számszerűsített célok eléréséhez szükséges intézkedésekről, valamint a jelenlegi nemzetközi és hazai épületállományról. Továbbá egy esettanulmány során egy egyetemi kollégiumi épület felújítási lehetőségeinek és megújuló energiaforrás potenciáljának vizsgálatát mutatom be. Az elemzés során felmértem az épület jelenlegi energetikai állapotát. Ezt követően a hatályos jogszabályoknak megfelelő korszerűsítési javaslatokat teszek annak érdekében, hogy az épület energiafogyasztása csökkenjen. A különböző műszaki megoldásokat gazdasági szempontok alapján is vizsgálom a beruházási költségek, támogatási lehetőségek és megtérülési idők figyelembe vételével.

A szakdolgozatban áttekintem a témához kapcsolódó legfontosabb jogszabályokat és az épületenergetikához köthető hazai és nemzetközi tanulmányok és kutatások eredményeit. Ezt követően bemutatásra kerülnek a dolgozat készítéséhez alkalmazott módszerek és alapadatok, majd a vizsgált épület bemutatása. A következő fejezetben a felújítási javaslatok összehasonlító eredményeinek ismertetése és az értékelésük következik. A kiértékelt eredmények alapján következtetéseket vonok le, valamint javaslatokat teszek a vizsgált épületre vonatkozóan. Végül a szakdolgozat a szakirodalmi háttér és az esettanulmány összefoglalásával zárul.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 Nemzetközi és hazai energetikai célkitűzések

Környezetünk problémái, az éghajlatváltozás, a környezetszennyezés, az energiafelhasználás, a fosszilis energiahordozók kérdése egy komplex rendszert alkotnak, melyet együttesen kell értelmezni és a lehető legnagyobb mértékben megelőzni, kezelni a felmerülő veszélyeket és alkalmazkodni a már megváltozott és folyamatosan változó körülményekhez. Egyre több Európai Unió irányelv készül az éghajlatváltozás és az energia tárgykörében, melyek hazai szinten is megjelennek energiastratégiák és cselekvési célok formájában, valamint a jogszabályalkotásba is bekerülnek.

Az Európai Unió felismerte, hogy az éghajlatváltozással és következményeivel szemben egyre nagyobb léptékű változásokra van szükség. Az Európai Zöldmegállapodás (European Commission. The European Green Deal) keretében az alábbi célokat tűzte ki:

- Európa legyen az első klímasegélyes kontinens 2050-re,
- a nettó-üvegházhatású gázok kibocsátásának 55%-os csökkentése 2030-ig, az 1990-es szinthez képest (European Commission. Fit for 55),
- 3 milliárd fa ültetése az Európai Unióban 2030-ig.

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium 2020-ban adta ki a Nemzeti Energiastratégia 2030, kitekintéssel 2040-ig című dokumentumot, melynek célkitűzése az energiafüggetlenség, a dekarbonizáció. Az energiastratégia részletes képet ad a különböző energiaforrások piaci helyzetéről, változásokról (villamos energia, földgáz, kőolaj, szén, hőenergia), az innovációs fejlesztésekről, a gazdasági és társadalmi hatásokról. A stratégia magában foglalja az energiatermelést, az ipari fogyasztók lehetőségeit és a lakosságot érintő kérdéseket, továbbá az ingatlanokra, a technológiára és a közlekedésre vonatkozó irányokat is meghatároz.

A stratégia négy fő programból áll össze:

- a stratégia középpontjába a magyar fogyasztók kerüljenek,
- energiaellátás biztonságának megerősítése,
- energiaszektor klímabarát átalakításának végrehajtása,
- energetikai innovációban rejlő gazdaságfejlesztési lehetőségek kihasználása.

A Nemzeti Energiastratégia számszerű céljait az 1. táblázat foglalja össze. A 12 féle számszerűsített célt négy fő kategóriába osztottam: földgáz, villamos energia, energiahatékonyság és karbonsemlegesség. A célok vagy 2030-ra vagy 2040-re kitűzött, konkrét számszerűsített értékek (például a fotovoltaiikus kapacitás növelésének értékei, lakossági földgáz fogyasztás csökkentése), vagy százalékos csökkenés elérése különböző bázisértékekhez (megújuló energiatermelés növelése, villamos energia import-arány csökkentés).

1. táblázat: A Nemzeti Energiastratégia 2030 számszerű célkitűzései

(Forrás: Saját szerkesztés a Nemzeti Energiastratégia 2030 alapján)

	Érintett részterület	Leírás	Célok mértéke
1.	földgáz	éves lakossági fogyasztás csökkentése	2 milliárd m ³ -rel
2.		felhasználás csökkentése távhőtermelésben	50%-ra
3.		villamos energia-termeléshez való felhasználás csökkentése	felére (2040-re)
4.		import csökkentése	70% alá (2040-re)
5.	villamos energia	karbonsemleges termelés részarányának növekedése	90%-ra
6.		az elosztóhálózatra csatlakozó fotovoltaiikus kapacitás növelése	6 000 MW (2030-ra) 12 000 MW (2040-re)
7.		okos fogyasztásmérők felszerelése	1 millió db
8.		import-arány stabilizálása	20% alatti szinten (2040-re)
9.	energia-hatékonyság	az ipari szektor egyes ágazatainak ÜHG-intenzitása, vagy fajlagos energiafelhasználása nem haladhat meg egy szintet	az Európai Unió megfelelő ipari ágazatának átlagát
10.		a végső energiafelhasználás nem haladhatja meg a 2005-ös szintet	785 PJ-t (2030-ban)
11.	karbon-semlegesség	megújuló energia felhasználásunk aránya a bruttó végsőenergia-felhasználáson belül	minimum 21%-ra nő
12.		ÜHG-kibocsátás csökkentése 1990-hez képest	legalább 40%-kal

Az Energiastratégia a megvalósítás érdekében hat fő, úgynevezett zászlóhajós-projektet határozott meg, melyek lefedik a stratégiában foglalt területeket:

- Klímabarát és rugalmas áramtermelés.
- A gazdaság energiahatékonyságának javítása.
- Közlekedés-zöldítés.
- Energiatudatos és modern magyar otthonok.
- Energetikai innovációs projektek.
- Energia-és klímatudatos társadalom megteremtését szolgáló program.

Magyarország Nemzeti Energia- és Klímaterve (ITM, 2020b) szintén tartalmazza a fenti célkitűzéseket, ebben a dokumentumban öt fő dimenziót határoztak meg:

- Dekarbonizáció dimenzió
- Energiahatékonyság dimenzió
- Energiabiztonság dimenzió
- Belső energiapiac dimenzió
- Kutatás, innováció és versenyképesség dimenzió

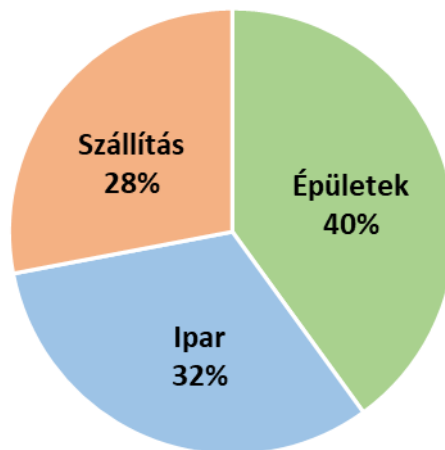
Az energiastratégiákban megfogalmazott célok már magukban foglalják a megújuló energiaforrások részarányának növelését, mert enélkül nem lehet teljesíteni a szén-dioxid kibocsátás és energiafüggőség csökkentésére vonatkozó célokat. A megújuló energiaforrások körébe tartozik a napenergia hasznosítása hőenergiára és villamos energia előállítására, szálenergia, vízenergia, geotermikus energia, biomassza és a biogáz. Ezek közül hazánkban a legjelentősebb a napenergia, melynek növelésére az Energiastratégiában külön célkitűzés is szerepel. A világban már törekednek akár teljes városok megújuló energiával történő energiaellátására (Thellufsen et al., 2020). Annak érdekében, hogy hosszabb távon is biztonságos ellátást tudjanak biztosítani a megújuló energiaforrások, egyre nagyobb szükség lesz az energiatárolás kérdésének megoldására (Jing et al., 2018). A napelemek elhelyezésének három legelterjedtem módja a földre telepített rendszerek, melyek akár nagy naperőmű parkokat alkothatnak, a tetőre telepített napelemek, valamint a parkolók felett telepített napelemek. Az sűrűn beépített területeken nehézkes a napelemek megfelelő elhelyezése, a maximális benapozottság elérése. A legfrissebb hazai tanulmányok szólnak arról, milyen technológiai módszerek állnak rendelkezésre a sűrűn beépített városi szövet napelemes lehetőségeinek feltárására (Soha et al., 2024).

2.2 Nemzetközi és hazai épületállomány bemutatása

Az energiafogyasztás három fő kategóriába sorolható, ezek az ipar, a szállítás és az épületek, melyeken belül megkülönböztetünk lakóépületeket és kereskedelmi épületeket. Az Egyesült Államokra vonatkozó kutatás alapján (Wu et al., 2020) az lakó és kereskedelmi épületek együttesen 40%-át teszik ki a teljes energiafelhasználásnak (1. ábra). Az Európai Unióban ehhez hasonlóan alakul az arány, az épületek az energiafogyasztás 43%-áért felelősek Ennek következtében elengedhetetlen az épületszektorban rejlő energiahatékonysági potenciálokkal foglalkozni.

1. ábra: Az energiafogyasztás jellemző megoszlása az Egyesült Államokban

(Forrás: Saját szerkesztés Wu et al., 2020 alapján)



Magyarország lakóépület állományáról több felmérés készült, melyben az épületek érzékenységét és klímásérülékenységét vizsgálták (NATÉR, 2018). A lakó épületeket négyféle szempont alapján sorolták típusokba: épület szerkezete, lakások száma, szintek száma és az épület kora alapján (2. táblázat), így Magyarország épületállománya összesen 17 féle típusba osztható. A 2022-es népszámlálás során az épületszerkezeti besorolások megegyeznek a tanulmányban meghatározott falazat típusokkal.

2. táblázat: Magyarország lakóépület állományának csoportosítási szempontja

(Forrás: *Saját szerkesztés NATÉR, 2020 alapján*)

	Építés ideje	Falazat anyaga	Lakások száma	Szintek száma
1.	-1946	vályog, sár	1-3 lakásos épület, családi ház	1-5 között
2.	1946-1980	tégla, kő, kézi falazóelem	4-9 lakásos épület, kis társasház	6-tól
3.	1981-1990	közép-, vagy nagyblokk, öntött beton	10 vagy több lakásos épület, nagy társasház	
4.	1991-2000	panel		
5.	2001-			

Az épületek geometriája és energetikai mutatói között kerestek kapcsolatot Budapest történelmi belvárosában, mely alapján megállapították, hogy az épületek kor szerinti osztályozásának minél részletesebb bontására van szükség, mert a jellemző építési idő és stílus magában hordozza az épületek jellemző geometriáját, melyből az energetikai értékekre lehet következtetni (Sugár et al., 2018). Csoknyai és munkatársai (2016) négy Közép-Európai ország lakás állományát hasonlították össze: Magyarország, Csehország, Szerbia és Bulgária. A négy országban összesen 15 millió lakást vizsgáltak, ebből Magyarországon volt a legtöbb lakás, 4,4 millió. A legfiatalabb lakások Bulgáriában voltak. A fűtésre és használati melegvízre fordítandó primer energiaigény Csehországban a legmaagsabb, míg Bulgáriában a legalacsonyabb. A tanulmány kitér az energiamegtakarítási lehetőségekre, melyből megállapítható, hogy a vizsgált országokban 67-77%-között mozog a megtakarítási potenciál. Az épületekben rejlő energiahatékonysági potenciálokat korszerűsítéssel és felújítással lehet kiaknázni és az ebből fakadó energiamegtakarítás szén-dioxid kibocsátás csökkenéssel is együtt jár, melyről hazai tanulmányok is készültek (Hrabovszky-Horváth et al., 2013). Az épületkorszerűsítések elengedhetetlenek ahhoz, hogy az energiahatékonysági célok teljesíthetőek legyenek, de ugyanilyen lényeges, hogy az új építésű épületekre már szigorú kibocsátási követelmények legyenek érvényben. A hosszútávú cél a közel nulla energiaigényű épületek megvalósítása (Ramesh et al., 2010) melynek lényege a minimális energiafelhasználás és a minimális szén-dioxid kibocsátás, melyet a hatékony és újszerű építészeti és gépészeti megoldásokat, valamint a megújuló energiaforrások nagy arányú alkalmazásával lehet elérni. Erre vonatkozóan hazánkban is készültek tanulmányok (Szalay és Zöld, 2014), valamint a 2010/31/EU irányelven (2010) alapulva Magyarországon is bevezetésre kerül a kötelezettség a közel nulla energiaigényű épületek építésére, melynek bevezetési határideje többszöri módosítás után jelenleg 2024.06.30. Annak bizonyításához és meghatározásához, hogy egy

épület közel nulla energiaigényű, az energetikai minőségtanúsítvány használható. Minden épületre kiállítható egy tanúsítvány, mely a hatályban lévő jogszabályi környezeti elvárások alapján megállapítja az épület energetikai mutatóit, állapotát.

2023. október 31-ig a 7/2026. (V. 24.) TNM rendelet foglalta magába a tanúsítvány módszertanát, valamint, hogy milyen épületeknek milyen kritériumoknak kell megfelelni. 2024. novemberétől az új 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet szól az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról. Az energetikai tanúsítványt a Lechner Tudásközpont által üzemeltetett felületen szükséges hitelesíteni megfelelő jogosultsággal rendelkező szakértőkkel abban az esetben, ha az ingatlan eladásra kerül, új építésű építmény használatba vételi engedélyeztetésekor, bizonyos pályázatok esetén, valamint minden olyan esetben, amikor a ÉKM rendelet megköveteli. A rendeletek alapján az épületek különböző kategóriákba sorolhatók az energetikai jellemzőik alapján. A TNM rendelet az épületszerkezetből és az épületgépészetből adódó úgynevezett összesített energetikai jellemző és a megújuló részarány alapján határozott meg egy együttes kategóriát, melynek a skálázása AA++ és JJ között mozgott, ahol az AA++ a legkedvezőbb kategória volt. A jelenleg hatályos ÉKM rendeletben a megújuló részarányra vonatkozó kritérium kikerült, helyét a szén-dioxid kibocsátásra vonatkozó kritérium vette át, és külön besorolást kap az épület az összesített energetikai jellemző és a szén-dioxid kibocsátás alapján, AA+++ és I közötti értékeket. A rendelet szigorúbb kritériumokat határoz meg az új építésű épületekre vonatkozóan, míg a mélyfelújításon áteső épületek esetén ennél enyhébb követelményeknek kell megfelelni, tekintettel arra, hogy az épület eredeti építésekor még jóval engedékenyebb szabályozások voltak életben.

Az lakóépületek egy speciális típusa a kollégium. Az egyetemi kollégiumok méreteit tekintve kis vagy nagy társasháznak tekinthetők, ahol a szobák és a háztartási helyiségek (konyha, szociális helyiség) aránya eltér a lakóépületekétől. Több tanulmány is született a kollégiumok energiafogyasztására vonatkozóan, melynek egy része a felhasználói szokásokra, más része az épületek energetikai jellemzőire mutat rá. A kollégisták szokásai jelentősen eltérhetnek egymástól, mégis egy közösséget alkotnak, ahol bizonyos energetikai paraméterekre van ráhatásuk, mások viszont központi szabályozás alatt állnak. Petersen és munkatársai (2007) több kollégium lakóinak energiafelhasználási szokásait hasonlították össze. Fogyasztásmérő rendszereket telepítettek, tájékoztatták a hallgatókat a mért adatok eredményeiről, valamint energiahatékonyságot ösztönző oktatásokat és szemléletformálásokat is kaptak a hallgatók, végül versenyt hirdettek a minél nagyobb energiamegtakarítás elérésére.

Összességében a villamos energia felhasználásuk 32-55%-kal csökkent, a víz felhasználás azonban csak átlagosan 3%-kal. Kínában szintén több kutatást végeztek a kollégiumi épületekre vonatkozóan. Két tanulmány szerint a férfiak fogyasztanak több energiát, amely részben az intenzívebb számítógép használatból, részben a meleg időben történő többlet hűtési igényből adódik. Deng és munkatársai (2021) tanulmányukban bemutatták, hogy a nyári meleg és a téli hideg egyaránt az alsóbb szinteken lakókat érinti jobban, magasabb a fűtési és a hűtési energiaigényük. A déli fekvésű szobákban nyáron a hűtés miatt, míg az északi fekvésű szobák télen a fűtés miatt magasabb az energiafogyasztás. Egy másik kutatás alapján nyáron a legfelsőbb emeleteken magas a villamos energia-fogyasztás, míg télen az alsóbb emeleteken. A középső emelet energiafogyasztása a legalacsonyabb az épületeken belül, míg a sarok lakószobáké a legmagasabb (Yang et al., 2023). A felhasználói szokások hosszútávú megváltoztatása kevésbé költséges fejlesztési javaslat, de a fenntartása, időbelisége bizonytalan, ezért elengedhetetlen az épületállomány korszerűsítése. Hazánkban a kollégiumi épületek infrastrukturális fejlesztésének jelentőségét és a közoktatási és felsőoktatási intézmények elavult épületállományának bemutatását Magyarország Helyreállítási és Ellenállóképességi Terve (2021) foglalja magában.

2.3 Hazai épületfelújítások támogatási lehetőségeinek bemutatása

A nemzetközi és hazai energetikai és karbonlábnyom csökkentési célok eléréséhez nem elegendő a kötelezettségeket megalkotni, hanem szükséges a támogatási lehetőségek biztosítása is. Léteznek különböző célzott pályázatok, melyek vagy bizonyos ipari szereplőkre, vagy a lakosságra vannak optimalizálva és kampányszerűen biztosítanak támogatási lehetőséget. Léteznek folyamatosan igénybe vehető támogatások, például a társasági adóból való kedvezmény igénybevétele energiahatékonysági beruházásokra, azonban ehhez mindenképpen szükséges, hogy az igénybe vevő rendelkezzen megfizetendő társasági adóval. Ahhoz, hogy Magyarország a Nemzeti Energia- és Klímatervben kitűzött célokat teljesíteni tudja, évi 7 PJ új végsőenergia-megtakarítás elérése van szükség. Az Európai Unióban már több országban sikeresen működik az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer (továbbiakban EKR), melyet 2020-ban Magyarországon is bevezettek a 2015. évi LVII. törvény az energiahatékonyságról szóló törvény módosításában, valamint a végrehajtásról szóló 122/2015. (V.26.) Kormányrendelet módosításában. Az EKR lényege, hogy az energiakereskedők az általuk Magyarországon értékesített végsőenergia mennyiség alapján meghatározott mértékű

végőenergia-megtakarítást kell felmutatniuk évről évre 2023-ig. A megtakarított energiával a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) felé kell elszámolni GJ alapon a 17/2020. (XII. 21.) MEKH rendeletben foglaltak szerint. A megtakarításokat saját maguknál, vagy bármely végő felhasználónál kell elérni. Amennyiben nem teljesítik a megtakarításokat, akkor 70 000 Ft/GJ büntetést szab ki a MEKH, ha pedig nem kívánja energiamegtakarítások ösztönzésével és elérésével teljesíteni a rá vonatkozó mennyiséget a kereskedő/szolgáltató, akkor 50 000 Ft/GJ összeg megfizetésével kiválthatja az elérendő megtakarítást. Az energiamegtakarításokat energia auditornak kell hitelesítenie és bizonyos esetekben auditálnia is. A MEKH kiadott egy intézkedés jegyzéket, melyben gyakori energiahatékonyságot növelő intézkedés és beruházás típusokat gyűjtött össze, összesen öt nagy kategóriában, az energiamegtakarítás kiszámításának és igazolásának módszertanával együtt:

- épületekre vonatkozó energiahatékonysági intézkedések,
- háztartási gépcsere és irodai berendezések cseréje,
- technológiai folyamatok energiahatékonyságának javítására vonatkozó intézkedések,
- közlekedéssel kapcsolatos energiahatékonysági intézkedések,
- szemléletformálás.

Az épületekre vonatkozó energiahatékonyságok közé tartoznak a homlokzati és tetőszigetelések, a nyílászárócseré, a fűtési és hűtési rendszerek korszerűsítése (például kondenzációs kazán, hőszivattyú, split klíma).

3. Alkalmazott módszerek

Szakdolgozatom célja az épületenergetikai korszerűsítési lehetőségek vizsgálata egy konkrét épület esetén. Az esettanulmányban a műszaki lehetőségek különböző fajtáit kerülnek bemutatásra, majd a különböző lehetőségek energetikai, gazdaságossági és dekarbonizációs számításainak összehasonlítása következik.

Az ilyen jellegű épületkorszerűsítések esetén többféle lehetőség nyílik, melyek közül az optimális megoldás kiválasztásához összehasonlító döntés előkészítő tanulmányok nyújthatnak segítséget. Ezek a tanulmányok még nem a részletesen kidolgozott műszaki megoldásokat tartalmazzák, inkább bemutatják a gazdasági és energetikai keretszámokat az egyes felmerülő műszaki lehetőségekhez, annak érdekében, hogy az alapvető irányok kiválaszthatóak legyenek.

3.1 Épületenergetikai mutatók meghatározása

Az épület feldolgozását a WinWatt fecske program használatával készítettem (<http://www.bausoft.hu/ww32.htm>). A program eredetileg az épületgépészeti tervezések megkönnyítése céljából jött létre. A program folyamatosan frissül és kiegészítő modulok készülnek a különböző igények kiszolgálására. Így 2006-tól létezik az épületenergetikai modul, mely segítségével az épületek használatbavételéhez és eladásához szükséges energetikai tanúsítások elkészíthetők. A 2023-as jogszabályi változások miatt szükséges volt ezt a modult frissíteni és kiegészíteni az új rendelethez tartozó adatbázisokkal, számítási módszerekkel, és követelményértékekkel (http://www.bausoft.hu/ww_epbd2023.htm). A programba első lépésként létre kell hozni azokat a szerkezeteket, melyekből a vizsgálni kívánt épület áll. Ilyenek a külső és belső falak, pince, záró és padlásfödémek, tető, ablakok és ajtók. A falaknál, födémeknél szükséges megadni az adott szerkezetek rétegrendjét, a vastagságokat, anyagokat, szigeteléseket, vakolatokat, burkolatokat. Ezeket a szerkezeteket a WinWatt programba beépített alapanyagok közül lehet kiválasztani és felépíteni belőlük a kívánt szerkezetet, de van lehetőség saját alapanyagok egyedi értékkel történő megadására is. Az így kialakított szerkezeteknek megvannak az energetikai mutatóik, melyekkel a program számol (2. ábra). A nyílászárók esetén lényeges mutatók a méretek, a keret/üveg arány, a keret anyaga, az üveg rétegezettsége. Az épülethez tartozó szerkezetek felvétele után következik a helyiségek kialakítása. Ehhez az adott helyiség külső és belső határolószerkezeteit kell kiválasztani az előzőnek létrehozott szerkezetek közül. Ehhez égtájanként meg kell adni, hogy melyik típusból mekkora falfelület van az adott helyiségben, ezekből pedig levonandó az adott falon

elhelyezkedő külső vagy belső nyílászárók mérete. A padló, födémek és tető is hozzáadandó a helyiséghez az alapterület méretével együtt.

2. ábra: Példa a nyílászárók megadására a WinWatt programban

(Forrás: Saját adatokkal kitöltött WinWatt fecske program)

Szerkezet megnevezés	típus -	x [m]	y [m]	U [W/m ² K]	U _r [W/m ² K]	Ψ [W/mK]
Ablak_PVC	ablak ...	1	1	1.60	-	-
Ajtó_FF	ajtó (b...	1	2.1	2.00	-	-
Ajtó_FFT	ajtó (b...	0.95	2.1	2.00	-	-
Ajtó_PVC	üveg...	1	1	1.60	-	-
Ajtó_PVC_FF	ajtó (b...	1	1	1.60	-	-
ÚJ_Ablak_PVC	ablak ...	1	1	1.10	-	-
ÚJ_Ajtó_FFT	ajtó (b...	0.95	2.1	1.40	-	-
ÚJ_Ajtó_PVC	üveg...	1	1	1.10	-	-

Az szakdolgozat során vizsgált épület WinWatt programban való vizsgálatához az azonos funkciójú helyiségek összevonásra kerültek, és így, alakult ki egy helyiségenként meghatározott épületenergetikai jellemzőkről szóló kimutatás. A helyiségekhez funkciók és különböző belső hőmérsékletek rendelhetők, melyek az energetikai számításoknál jelentőséggel bírnak. A helyiségekből megalkotható az épület, melyhez a gépészeti és világítási rendszereket kell hozzárendelni. A program adatbázisából beállítható többféle fűtési rendszer, különböző típusú hőleadó berendezések (3. ábra), használati melegvíz termelő rendszerek, hűtési rendszerek, légtechnikai rendszerek, valamint világítási típusok (4. ábra). Ezen rendszerek paramétereit egyedileg is változtathatók.

A WinWatt programcsalád másik modulja az Optimum modul (http://www.bausoft.hu/ww_optimum.htm), melynek segítségével különböző fejlesztési javaslatok összehasonlítását lehet elvégezni. A modul segítségével létrehoztam épületszerkezeti korszerűsítési javaslatot, valamint gépészeti rendszerek cseréjére vonatkozó változtatásokat. Az Optimum modul lehetőséget ad az egyes felújítási javaslatok csoportosítására annak érdekében, hogy bizonyos javaslatokat csak együtt vizsgáljon a program. Ezt alkalmaztam amikor a nyílászárókon (ablakok és ajtók) csak együttesen végrehajtható cserélést engedtem meg a programnak, valamint a fűtési rendszer és a használati melegvíz rendszer összekapcsolásával annak érdekében, hogy csak ténylegesen értelmezhető beruházási javaslatok kerüljenek meghatározásra.

3. ábra: Fűtési rendszer beállítási felülete a WinWatt programban

(Forrás: Saját adatokkal kitöltött WinWatt fecske program)

Rendszer megnevezés: Fűtési rendszer

A rendszer leírása:

Főépületnél is használendő, nem csak az adott épületrésznél

Számítási mód: 9/2023 ÉKM szerint

Terület megadása | Hőtemelők | Elosztóvezetékek | A rendszer további elemei

A rendszerhez tartozó hőtemelők listája

Megnevezés	α_k	Energiahordozó	η_f	η_{sus}	C_k	$q_{k,v}$ [kWh/m ² a]	η_{koazen} %	F
Fűtött téren kívül elhelyezett alacsony hő...	1	földgáz	1	-	1,080	0,107		

Táblázat alapján Felhasználó által megadva

A hőtemelő által lefedett energiaarány: 1

Energiahordozó típusa: földgáz

A hőtemelő teljes ítménytényezője: 1,08

Segédenergia igény: 0,107 kWh/m²a

- Távfűtés
- Olaj- és gázkazánok
 - fűtött téren kívül elhelyezett kazán
 - állandó hőmérsékletű
 - alacsony hőmérsékletű
 - kondenzációs
 - fűtött téren belül elhelyezett kazán
- Elektromos üzemű hőszivattyúk
- Széliárd és biomasszátüzelésű kazánok
- Egyedi fűtések

4. ábra Világítási rendszer beállítási felülete a WinWatt programban

(Forrás: Saját adatokkal kitöltött WinWatt fecske program)

Rendszer megnevezés: Világítási rendszer

A rendszer leírása:

Főépületnél is használendő, nem csak az adott épületrésznél

Számítási mód: 9/2023 ÉKM szerint

Terület megadása | Rendszer adatok

Helyiségre, zónára előírt megvilágítás: Hotelszoba

MV: 200 lx

Fényforrás fényhasznosítása: LED

FH: 120 lm/W

Fényforrás hatásfoka: LED esetén minden változatban

? η_{vil} : 0,5

Fényerő szabályozhatóságát kifejező tényező: Nem dimmelhető világítási rendszer

Ffe: 1

Kihasználtsági mutató: Hotel, Étterem

Fkihaszn: 0

Szabályozás típusától függő tényező: Kézi be- és kikapcsolás

Fszab: 1

Évi üzemórák száma: Hotel

tnappal: 3000 h/a

téjtel: 2000 h/a

A természetes megvilágítás szerepét kifejező tényező: Homlokzati üvegezési arány 40% - 80% között

Fnappal: 0,45

Van vészvilágítás

Van stand-by fogyasztás

Az ÉKM rendelet alapján a legfontosabb energetikai mutató az összesített energetikai jellemző, amely az épület éves fajlagos primerenergia-igénye egységnyi hasznos alapterületre vetítve, ami nem megújuló energiából származik. A primer energiaigény esetén az adott energiahordozó előállításához szükséges energiát is figyelembe vesszük, például a villamos energia esetén. Külön meghatározásra kerül az egyes rendszerek fajlagos primer energiaigénye és ebből adódik össze a teljes összesített energetikai jellemző, mely az épületek besorolásának egyik alapja.

$$E_p = E_F + E_{HMV} + E_{LT} + E_{hű} + E_{vil} + E_{+-} \quad (1)$$

ahol,

E_p : az összesített energetikai jellemző

E_F : a fűtés primer energiaigénye [kWh/m²év]

E_{HMV} : a használati melegvíz primer energiaigénye [kWh/m²év]

E_{LT} : a légtechnika primer energiaigénye [kWh/m²év]

$E_{hű}$: a hűtés primer energiaigénye [kWh/m²év]

E_{vil} : a világítás primer energiaigénye [kWh/m²év]

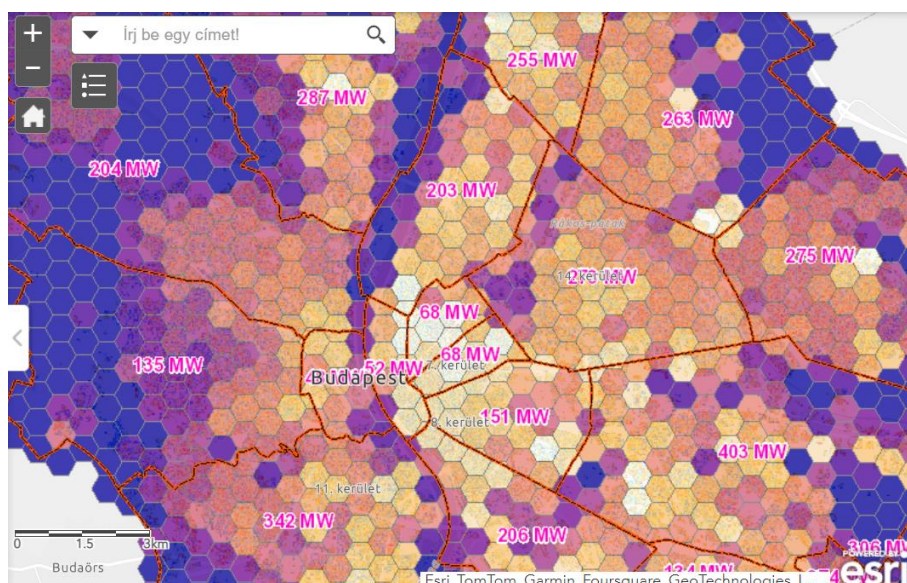
E_{+-} : egyéb primer energiaigénye [kWh/m²év]

A fejlesztési javaslatok és a meglévő állapot fajlagos primer energiaigényének összehasonlítása a teljes energialáncban szükséges energiaszükségletről ad információt. Minél kisebbek az értékek, annál kevesebb az energiaszükséglet. A másik fontos mutatószám az épületnél jelentkező energiafelhasználás. Ennek az összehasonlítása azért szükséges, mert az épület üzemeltetése ezután az energia után fizet, ennek az elszámolása történik meg, ennek a felhasználására tudnak hatást gyakorolni.

3.2 Napelemes teljesítmény meghatározása

A napelemes rendszerek tervezése előtt érdemes előzetes tanulmányokat és számításokat készíteni arra vonatkozóan, hogy az adott helyszínen milyenek az elhelyezési lehetőségek és az időjárási viszonyok, ebből adódóan mekkora energiatermelés várható értéke. Előzetes méretezések és számítások elkészítésére többféle ingyenes és fizetős/regisztrációhoz kötött program létezik (pl. PVGIS, Solar Edge), melyek a földrajzi adottságok alapján határozzák meg a napelemes termelés és erőmű méreteit. A Nappal hajtva projekt (nappalhajtvabudapest.hu) keretében komplex célokat tűztek ki a főváros klímacéljainak elérése érdekében. Ennek egyik elemeként megalkották a Budapest Szolár-Térképet, mely különböző épületadatbázisokat és modelleket összesítenek térinformatikai szoftverek segítségével (5. ábra). Így alakul ki egy olyan térképes lekérdező felület, melynek segítségével a pontos cím megadásával kiszámításra kerül az épület napelem telepítésre hasznosítható felülete, a felhelyezhető naperőmű teljesítménye, tájolása, dőlésszöge, valamint az éves megtermelt energia mennyisége. A projekt erőssége, hogy az előkészítés során nem csak műszaki szempontok kerültek előtérbe, hanem egy önkormányzati-helyi szabályozási munkacsoport keretében a helyi építési jogszabályok feldolgozása is megtörtént, esetleges újragondolások és módosítások merülhetnek fel, melyek hosszútávon még könnyebbé teszik a napelemes rendszerek telepítését és az előzetes vizsgálatokat.

5. ábra: Budapest napelemes energiatermelési lehetőségeinek térképes megjelenítése
(Forrás: Nappal hajtva: Budapest Szolár-Térkép: nappalhajtvabudapest.hu)



3.3 Gazdasági és környezeti számítások módszertana

Az egyes fejlesztési javaslatok energetikai összehasonlításán túl szükség van gazdasági mutatók, valamint dekarbonizációs mutató vizsgálatára, ami a szén-dioxid kibocsátás mértékét jellemzi. A gazdasági számításokhoz szükség van a fejlesztési javaslatok beruházási költségére, az éves energiamegtakarítás mértékétől függő energiaköltség megtakarításra, valamint a felmerülő támogatási lehetőségekhez kapcsolódó költségekre és bevételekre egyaránt. Ezekből kiszámítható az egyszerű, statikus megtérülési idő, azaz hogy mennyi idő alatt hozza vissza az árát a beruházás.

A dekarbonizációs mutató a szén-dioxid kibocsátást jellemzi. Az Optimum modullal meghatározott javaslatokra kiszámítható a szén-dioxid kibocsátás csökkenése, melyhez az energiahordozóra jellemző fajlagos kibocsátási értékeket kell figyelembe venni:

- villamos energia fajlagos CO₂ kibocsátás értéke: 365 g/kWh
- földgáz fajlagos CO₂ kibocsátás értéke: 203 g/kWh

A megújuló energiatermelésből fakadóan is keletkezik szén-dioxid kibocsátás csökkenés.

Ezeknek a mutatóknak az összehasonlítása teljes képet nyújt az egyes javaslatok kiértékelésére.

4. Esettanulmány – egy kollégiumi épület felújítási lehetőségei

A vizsgált épület egy egyetemi kollégium, mely 400 fő befogadására képes. Az épület kilenc szintből áll: pince szint és földszint, ahol közösségi helyiségek találhatóak, valamint hét emelet, ahol a lakószobák, vizesblokkok és konyha részlegek kapnak helyet. A teljes alapterület 7927,7 m². Az épületnek földgáz és villamos energia-felhasználása van. A kollégium fűtését két földgáztüzelésű kazán biztosítja, míg a használati melegvizet indirekt fűtési tároló biztosítja (6. ábra). A hőleadó berendezések jellemzően vasradiátorok, illetve a bizonyos helyiségekben lemezes radiátorok (7. ábra). Az épületben gépi hűtés és szellőztetőrendszer nincs. Az épületszerkezet 20, 30 38 és 50 cm vastagságú vázkitöltő külső falazattal rendelkezik, melyre 16 cm-es utólagos hőszigetelés került. A lapostető 10 cm EPS hőszigetelés fedti. A nyílászárók cserélve lettek, jelenleg PVC ablakok és ajtók. (8. ábra). A világítási rendszer az évek folyamán fokozatosan LED-esre lett cserélve.

Az épület különböző felhasználási területein eltérő belső hőmérsékletet kell tartani a MSZ-04-140 szabványsorozat (1987) szerint. A kollégiumi épület esetén a szükséges belső hőmérsékleteket a 3. táblázat tartalmazza:

3. táblázat: A kollégium fűtött helyiségeire vonatkozó hőmérséklet értékek

(Forrás: Saját szerkesztés)

	Helyiség funkció	Belső hőmérséklet
1.	lakószoba	20 °C
2.	fürdő, WC	24 °C
3.	konyha étkező	18 °C
4.	folyosó közlekedő	18 °C
5.	fűtött közösségi helyiségrész a pincében	20 °C

A kollégium üzemeltetés célul tűzte ki az épület további energetikai korszerűsítését, azonban ahhoz, hogy érdemi döntések születessenek többféle műszaki tartalmú fejlesztési javaslat előzetes bemutatására és összehasonlítására van szükség. Az ilyen döntéseket segíti az előzetes megvalósíthatósági tanulmány, mely a műszaki tartalmakat még nem részleteiben dolgozza ki, azonban energiamegtakarításokat és gazdasági számításokat tartalmaz. Az elkészített energetikai tanúsítvány alapján (melléklet) megállapítható, hogy a külső falak és födémek megfelelnek a rendeletnek, a nyílászárók esetén azonban a hőátbocsátási tényező nem megfelelő a hatályos ÉKM rendeletnek. A fűtési rendszer gyenge, a használati melegvíz ellátó

rendszer közepes, míg a beépített világítás jó. Következésképpen a nyílászárókra és a fűtési és használati melegvíz rendszerre vonatkozó fejlesztési javaslatokat érdemes kidolgozni az épületkorszerűsítési előzetes megvalósíthatósági tanulmány során.

6. ábra: Jellemző hőtermelő és használati melegvíz tározó a kollégiumban

(Forrás: Saját fotó)



7. ábra: Jellemző hőleadó a kollégiumban

(Forrás: Saját fotó)



8. ábra: Jellemző nyílászáró a kollégiumban

(Forrás: Saját fotó)



5. Eredmények és értékelésük

5.1 Az épület jelenlegi állapotának energetikai mutatói

Az előző fejezetben bemutatott épületre vonatkozó fejlesztési javaslatok meghatározásához először fel kell mérni a meglévő állapot energiafelhasználását és egyéb energetikai mutatóit.

A kollégium meglévő állapotának energetikai mutatóit a 4. táblázat foglalja össze. Az épület nettó fűtési hőenergia igénye 635,25 MWh/év. Az épület összesített fajlagos primer energiaigénye 168,85 kWh/m²év. Ennek 60,7%-át teszi ki a fűtési rendszer energiaigénye, azt követi a melegvíz termelő rendszer primer energiaigénye (22,8%), majd a világítási rendszer fajlagos primer energiaigénye, ami mindössze 16,6%.

4. táblázat: A kollégiumi épület energetikai mutatói

(Forrás: Saját szerkesztés)

Mutató		Érték	Mértékegység
Fajlagos hőveszteség-tényező		0,09	W/m ³ K
Éves nettó hőenergia igény	fűtés	635,25	MWh/év
	légtechnika	0,00	
Fajlagos primer energiaigények	fűtés	102,41	kWh/m ² év
	melegvíz	38,45	
	légtechnika	0,00	
	hűtés	0,00	
	világítás	27,98	
	egyéb	0,00	
összesített		168,85	
Energiafelhasználás	elektromos áram	101,50	MWh/év
	földgáz	1116,29	

5.2 Fejlesztési javaslatok meghatározása és energetikai mutatóik

Az esettanulmány során különböző műszaki fejlesztési javaslatok kerülnek összehasonlításra az épület felújítására vonatkozóan. A fejlesztési javaslatok a jelenlegi állapotok figyelembevételével az épületszerkezeti és fűtési rendszer változtatására irányulnak, valamint napelemes rendszer telepíthetőségére a megújuló energiafelhasználás érdekében. Az épület már korszerű LED-es világítással rendelkezik, így ilyen beruházás nem szükséges.

Először az épületre vonatkozó fejlesztési javaslatok kerülnek bemutatásra, ezt követi a napelemes rendszer kidolgozása. Az épület hőszigetelése megfelel a követelményértékeknek, így azon nem szükséges változtatni. A nyílászárók cseréjével azonban lehet további energiahatékonyságot elérni. A kondenzációs kazán azért került a javaslatok közé, mert a jelenlegi rendszert egy az egyben ki tudja váltani. Azonban a hazai és nemzetközi dekarbonizációs célok a földgáz használatának kiváltását ösztönzik, ezért felmerül a levegő-víz hőszivattyúk alkalmazása.

A fejlesztési javaslatok két nagy kategóriába oszthatók:

- Épületszerkezeti fejlesztési javaslatok:
 - homlokzati nyílászáró csere (PVC ajtók és ablakok cseréje)
- Gépészeti fejlesztési javaslatok:
 - régi gázkazán cseréje kondenzációs kazánra
 - régi gázkazán megtartása és hőszivattyúval való kiegészítése különböző mértékig
 - régi gázkazán teljes cseréje hőszivattyúra

A hőszivattyú villamos energiát használ fel a működéséhez, így bár a földgáz fogyasztás csökkenni fog, a villamos energia-felhasználás megnövekszik. Ezért többféle változatot készítettem annak függvényében, hogy mekkora részarány kerül fedezésre a hőszivattyúval, és mekkora részét látja el a már meglévő gázkazán. Annak függvényében, hogy a használati melegvizet melyik rendszer állítja elő, további változatok jönnek létre.

A fenti javaslatokból 17 féle kombináció állítható össze, melyeket a WinWatt Optimum moduljának segítségével hasonlítottam össze (5. táblázat).

Az épület hőveszteségtényezőjét és a nettó hőenergia igényt a 6. táblázat mutatja be a meglévő állapotra és a felújítási javaslatok két osztályára vonatkozóan. Látható, hogy abban az esetben, ha csak gépészeti fejlesztés történik az épületen, akkor sem a hőveszteségtényező, sem pedig a hőenergia igény nem változik. A nyílászáró cseréssel azonban csökkent a hőveszteség és a hőigény egyaránt. A hőveszteség tényező több mint 26%-kal csökken, míg a hőigény közel 7%-kal alacsonyabb, mint a meglévő állapotban.

5. táblázat: Felújítási javaslatok összefoglalása

(Forrás: Saját szerkesztés)

	Épületszerkezet	Fűtési rendszer	Melegvíz előállító rendszer
1.	-	kondenzációs kazán	kondenzációs kazán
2.	-	75%-ban gázkazán + 25%-ban hőszivattyú	gázkazán
3.	-	75%-ban gázkazán + 25%-ban hőszivattyú	hőszivattyú
4.	-	50%-ban gázkazán + 50%-ban hőszivattyú	gázkazán
5.	-	50%-ban gázkazán + 50%-ban hőszivattyú	hőszivattyú
6.	-	25%-ban gázkazán + 75%-ban hőszivattyú	gázkazán
7.	-	25%-ban gázkazán + 75%-ban hőszivattyú	hőszivattyú
8.	-	100%-ban hőszivattyú	hőszivattyú
9.	nyílászárócsere	-	-
10.	nyílászárócsere	kondenzációs kazán	kondenzációs kazán
11.	nyílászárócsere	75%-ban gázkazán + 25%-ban hőszivattyú	gázkazán
12.	nyílászárócsere	75%-ban gázkazán + 25%-ban hőszivattyú	hőszivattyú
13.	nyílászárócsere	50%-ban gázkazán + 50%-ban hőszivattyú	gázkazán
14.	nyílászárócsere	50%-ban gázkazán + 50%-ban hőszivattyú	hőszivattyú
15.	nyílászárócsere	25%-ban gázkazán + 75%-ban hőszivattyú	gázkazán
16.	nyílászárócsere	25%-ban gázkazán + 75%-ban hőszivattyú	hőszivattyú
17.	nyílászárócsere	100%-ban hőszivattyú	hőszivattyú

6. táblázat: Fajlagos hővesztésgtényező és a fűtés éves nettó hőenergiaigényének alakulása

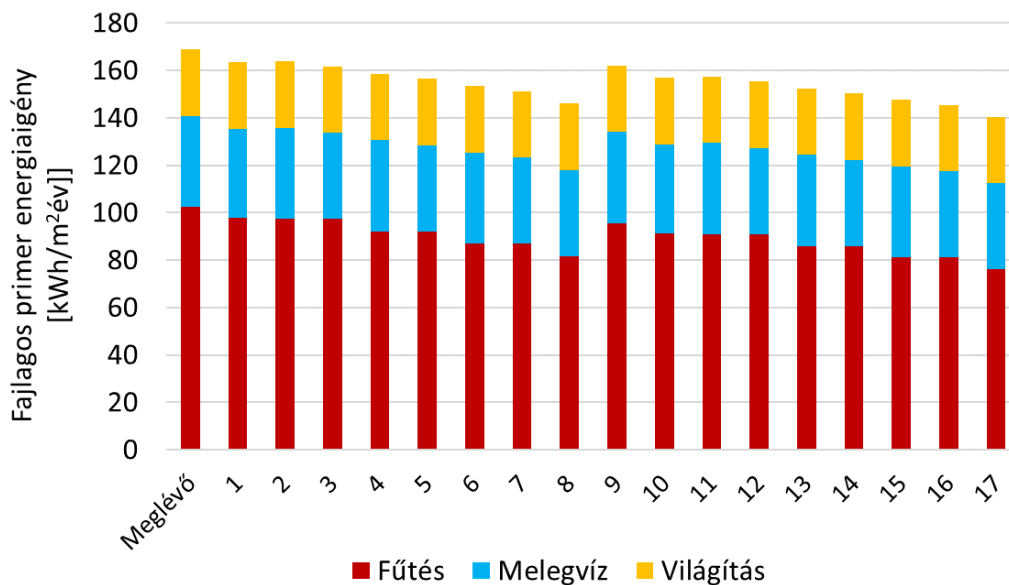
(Forrás: Saját szerkesztés)

Épületszerkezet	Fajlagos hővesztésgtényező		Fűtés éves nettó hőenergia igénye	
	[W/m ³ K]	változás [%]	[MWh/év]	változás [%]
Meglévő állapot	0,09	-	635,25	-
Csak gépészeti fejlesztési javaslatok (1-8)	0,09	0,00	635,25	0,00
Épületszerkezeti és gépészeti javaslatok (9-17)	0,07	-26,11	591,08	-6,95

Az egyes épülettechnikai rendszerek primer fajlagos energiaigénye a 9. ábrán látható a meglévő állapotra és a 17 fejlesztési javaslatra. Az összesített energiaigény jelenleg 168 kWh/m²év. Az összesített fajlagos primer energiaigény csökken, a jelenlegi gázkazán kondenzációsra gázkazánra, vagy pedig egyre nagyobb arányban hőszivattyúra történő cseréje esetén. Az összesített érték a nyílászáró csere és hőszivattyú együttes beépítése (17) esetén a legalacsonyabb, körülbelül 141 kWh/m²év. A fűtés fajlagos primer energiaigénye a teljes energiaigény 54-61%-a között mozog, és a meglévő állapot esetén a legmagasabb a 100%-os hőszivattyús esetenél a legalacsonyabb. Ezzel szemben a melegvíz előállításának primer energiaigényének részaránya a hőszivattyús esetben magasabb, összesen 23-26% között mozog, de a primer energia csökken. Ugyancsak nő a világítás részaránya a fejlesztési javaslatok esetén, 17%-ról 20%-ra, mivel a világítás energiaigénye nem változik a többi rendszeré azonban csökken.

9. ábra: Fajlagos primer energiaigények alakulása

(Forrás: Saját szerkesztés)

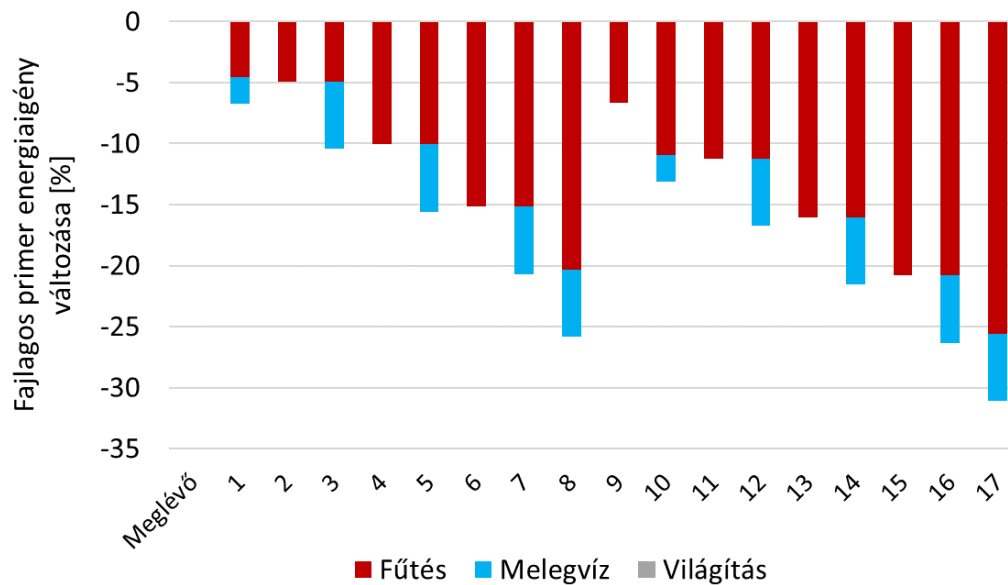


A meglévő állapottól vett eltérést az 10. ábra mutatja. A világítási rendszerben nem történt változás. Abban az esetben, ha a használati melegvizet kondenzációs kazán állítja elő, 2,1%-os primer energiaigény csökkenés figyelhető meg a gázkazános melegvíztermelő rendszerhez képest, míg a hőszivattyús energiaelőállításnál 5,5%-os a csökkenés. A fűtési rendszer primer energiaigényének csökkenése 4,6% és 25,6% között mozog. A legkisebb mértékű változás a

kondenzációs gázkazán beszerelése esetén várható, majd egyre kedvezőbb változás figyelhető meg a hőszivattyú részarányának növelésével. A csökkenés még jelentősebb, ha a nyílászárók cseréje is megtörténik.

10. ábra: Fajlagos primer energiaigény változása a fejlesztések után

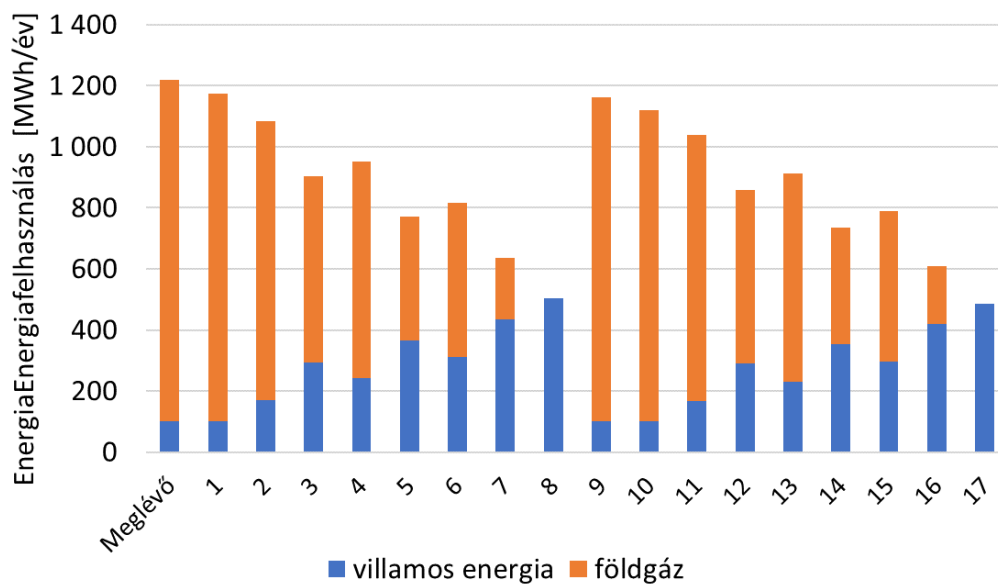
(Forrás: Saját szerkesztés)



A felújítási javaslatok további összehasonlításához szükség van a ténylegesen felhasznált villamos energia és földgáz mennyiségének értékelésére a meglévő állapotban, valamint a fejlesztési javaslatok esetén (11. ábra). A földgáz felhasználás minden fejlesztési javaslat esetén csökken, míg a villamos energia felhasználása növekszik a hőszivattyús rendszer beépítése esetén. A 8. és 17. javaslatoknál, ahol 100%-ban hőszivattyúval biztosítják a fűtést és a használati melegvizet, ott a földgáz felhasználás nullára csökken. A teljes energiafelhasználás az 1. fejlesztési javaslat esetén a legnagyobb, azaz amikor csak kondenzációs kazán kerül beépítésre. Ezt követi a csak nyílászárócserét tartalmazó javaslat (9. számú fejlesztés), majd a kondenzációs kazán nyílászárócserével. Tovább csökken a teljes energiafelhasználás, ahogy a régi gázkazán helyett a hőszivattyú részaránya növekszik. Magasabb az energiafelhasználása annak a fejlesztési javaslatnak, amikor 75%-ban megmarad a régi gázkazán, és a gázkazán állítja elő a melegvizet (2.), ezt követi az a javaslat, amikor ehhez nyílászáró csere is társul (11.) Utána az 50%-os hőszivattyú és gázkazános melegvíz termelés, nyílászáró csere nélkül (4.), majd nyílászáró cserével (13.) Ezután a 75%-ban gázkazános rendszer, de hőszivattyús melegvízes javaslatok következnek (3. és 12.), majd a 75%-ban hőszivattyús rendszer

gázkazános melegvízzel (6. és 15.). A legalacsonyabb teljes energiafelhasználású rendszerek esetén a használati melegvizet a hőszivattyús rendszer állítja elő, a fűtést pedig 50%-ban (5. és 14.), 75%-ban (7. és 16.), vagy 100%-ban (8. és 17.) látja el a hőszivattyú. A meglévő állapothoz képest a teljes energiafelhasználás akár a 40%-ára is visszaeshet.

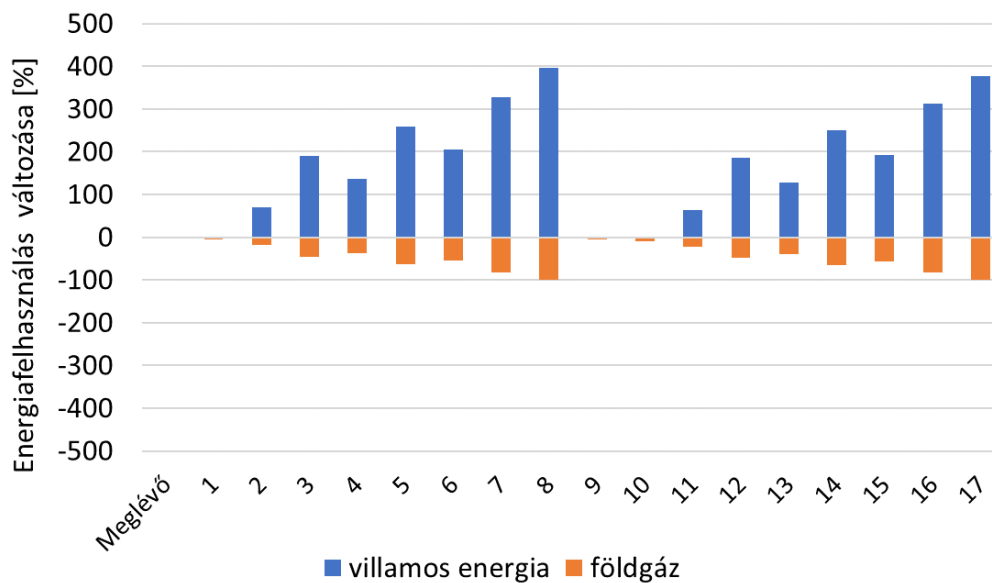
11. ábra: Energiafelhasználás alakulása a meglévő állapotban és a fejlesztési javaslatok esetén
(Forrás: Saját szerkesztés)



A változások a meglévő állapothoz viszonyított százalékban kifejezve a következőket jelenti: a földgáz csökkenés akár 100%-os is lehet, de legalább 4%, míg az elektromos áram növekedése 64% és 396% között mozog, kivéve a kondenzációs kazán esetén, ahol elhanyagolható a villamos energia növekedés mértéke (12. ábra).

12. ábra: Energiafelhasználásváltozása a fejlesztési javaslatok esetén

(Forrás: Saját szerkesztés)

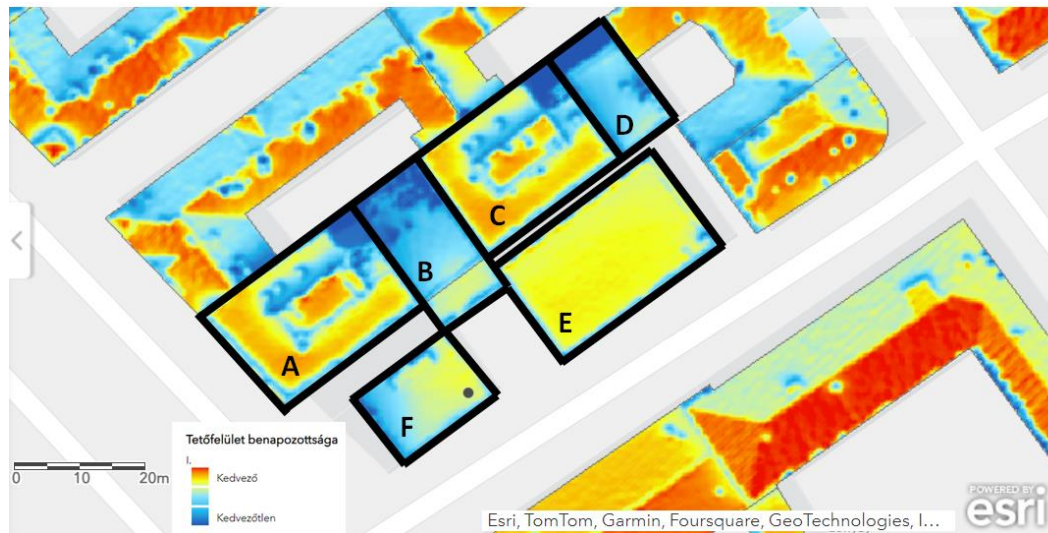


A gépészeti és épületszerkezeti felújítások mellett a megújuló energiatermelés növelése és a szén-dioxid kibocsátás csökkentése érdekében napelemes rendszer telepítendő az épületre. A napelemes rendszer előzetes méretezése elvégezhető a korábban bemutatott Budapest Szolár-Térkép program segítségével. **A Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** látható a tetőfelületek benapozottsága. Az **A** és **C** épületrészek a kollégium hét emelet magas lakóépületei, melyeknek a legnagyobb a benapozottsága, több részük kedvező a napelem telepítésére. Azonban mindkét épületrészen található egy-egy tetőfelépítmény, melyek árnyékot vetnek a tető egy részére, ezzel csökkentve a napelemes rendszer szempontjából hasznos tetőfelületet. A **B** épületrész a két lakóegység közötti földszintes átjáró teteje, melyet teljes mértékben beárnyékolnak az épületek, így arra napelem hatásosan nem telepíthető. A **D** épület szintén egy alacsony épületrész, melyet árnyékol a kollégium és a környező épületek. Az **E** és **F** épületrészek közepes magasságúak, benapozottságuk az előzőkénél nagyobb, azonban a szoftver számításai alapján ezekre a tetőfelületekre sem javasolt a napelem telepítés. Az **F** egységre egyáltalán nem, az **E** tetőfelület pedig olyan kis mértékben hasznosítható, hogy a napelemek összekötése és épületbe való betáplálásából adódó nehézségeket nem ellensúlyozzák, így ezen tetőfelületre sem javasolt a napelemes rendszer. Az 7. táblázatban láthatók a számítás eredményei. A hat részből álló épület teljes tetőfelülete 2065 m², melynek a 12%-a, azaz 244 m² alkalmas napenergia-hasznosításra. Mindegyik felület lapostető, így a

napelemek javasolt dőlésszöge 10° . A telepíthető napelem $54,4 \text{ kW}$, ami éves szinten $54\,400 \text{ kWh}$ energiát termel.

13. ábra: A tetőfelületek benapozottságának mértéke

(Forrás: Saját szerkesztés a Budapest Szolár-Térkép alaptérképére)



7. táblázat: A napelemes rendszer adatai

(Forrás: Saját szerkesztés)

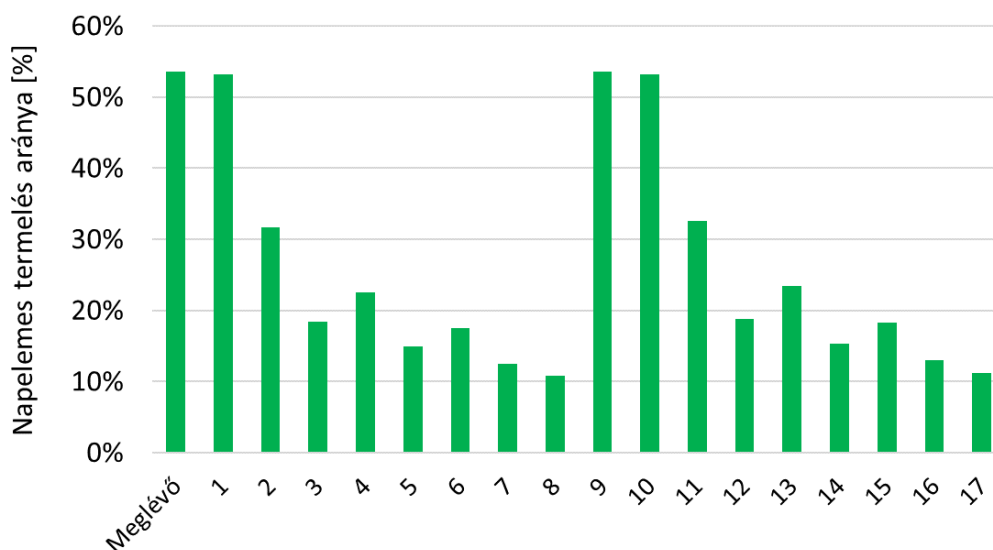
A + B + C + D épületrészek teljes tetőfelülete	1 380 m ²
E épületrész teljes tetőfelülete	491 m ²
F épületrész teljes tetőfelülete	194 m ²
Összes épületrész teljes tetőfelülete	2 065 m²
Összes épületrészre vonatkoztatott napenergia-hasznosításra alkalmas tetőfelület	244 m ²
Telepíthető napelemek becsült összteljesítménye	54,4 kW
Napelemekkel termelhető áram éves becsült mennyisége	54 400 kWh/év
Jellemző dőlésszög	0° (lapostető) – 10°

A napelemes termelés képes kielégíteni a villamos energia-igény egy részét. A 14. ábra mutatja be a megtermelt energia százalékos részarányát az egyes felújítási javaslatok és a meglévő állapot villamos energia szükségletéhez képest. Az éves $54,4 \text{ MWh}$ termelés a jelenlegi villamos energia fogyasztás 54% -át fedezné. Mivel a 9. fejlesztési javaslatban a

nyílászárócsere hatására csak a hőigény és ebből következően a földgáz fogyasztás változik, így itt szintén 54%-ot fedezne a napelem. Kondenzációs gázkazán esetén minimális a villamos energia növekmény, 0,6 MWh, aminek következtében egy százalékkal kevesebb részét fedezheti a napelemes termelés, azaz 53%-ot (1. és 10. javaslatok). A villamos energia egy harmadát fedezi a napelemes termelés abban az esetben, amikor a fűtést 25%-ban hőszivattyúk biztosítják, azonban a használati melegvizet a régi gázkazánnal állítják elő (2. és 11. javaslatok). Szintén gázkazános melegvíztermelés mellett, de már 50%-ot lefedő hőszivattyús esetekben a villamos energia fogyasztásnak kevesebb, mint a negyede (23%) fedhető le saját termeléssel (4. és 13. javaslatok). A villamos energia-felhasználás 18–19%-a fedezhető napelemmel abban az esetben, amikor 75%-os a hőszivattyú részaránya, és gázkazánnal termelik a használati melegvizet (6. és 15. javaslatok), illetve abban az esetben, ha a hőszivattyú csak 25%-ot fedez, azonban a használati melegvizet is hőszivattyú állítja elő (3. és 12. javaslatok). Tovább csökken a villamos energia lefedettségi aránya (15%) amikor a fűtés 50%-át és a melegvizet hőszivattyú látja el (5. és 14. javaslatok). 13%-lesz akkor, amikor már a fűtés 75%-át és a melegvizet látja el hőszivattyú (7. és 16. javaslatok). Végül a legkisebb a részarány abban az esetben, amikor a földgáz kazánt teljes mértékben kiváltja a hőszivattyú, mindössze 11% (8. és 7. javaslatok)

14. ábra: A napelemes rendszer energiatermelésének százalékos aránya a meglévő állapot és a fejlesztési javaslatok teljes szükséges villamos energia igényéhez képest.

(Forrás: Saját szerkesztés)



5.3 Fejlesztési javaslatok gazdasági szempontok szerinti összehasonlítása

A fejlesztési javaslatok energetikai összehasonlítása mellett szükséges gazdasági mutatók bevezetése és összehasonlítása. Ehhez először is meg kell határozni a fejlesztési javaslatokhoz szükséges beruházási költségeket. A beruházási költségeket a nyilvánosan elérhető adatbázisok alapján állapítottam meg. A fejlesztési javaslatokhoz tartozó mennyiségeket és költségeket a következő táblázatok tartalmazzák részletesen.

Összesen 1141 m² ablakfelületet és 35 m² ajtó felületet szükséges cserélni, melyek nagyságrendi bekerülési költsége 100 000 Ft/m² körül mozog (8. táblázat)

8. táblázat: Nyílászáró csere nagyságrendje és bekerülési költsége

(Forrás: Saját szerkesztés)

	Szükséges mennyiség	Egységár
ablak	1 141 m ²	100 000 Ft/m ²
ajtó	35 m ²	100 000 Ft/m ²

A gépészeti rendszernek le kell fedni az épület fűtési hőszükségletét, mely jelenleg 351,09 kW. Kondenzációs kazán beszerelése esetén hat darab, egyenként 60 kW teljesítményű kazánnal számoltam, melyek bekerülési költsége 3 500 000 Ft/db. Hőszivattyúk esetén egy kisebb, 55 kW teljesítményű és egy nagyobb, 155 kW teljesítményű berendezés kombinálásával fedezhető a hőszükséglet, melyek közül a kisebb 6 000 000 Ft egységárú, a nagyobb pedig 11 000 000 Ft egységárú (9. táblázat). A 10. táblázat foglalja össze, hogy az egyes hőszivattyúból hány darabra van szükség a különböző fejlesztési javaslatok esetén. A 100%-ban hőszivattyús fűtés esetén van szükség a legtöbb berendezésre, két darab 155 kW teljesítményűre, és egy darab 55 kW teljesítményűre.

9. táblázat: Fűtési berendezések műszaki adatai és bekerülési költsége

(Forrás: Saját szerkesztés)

	Teljesítmény	Szükséges mennyiség	Egységár
kondenzációs kazán	60 kW	6 db	3 500 000 Ft/db
kisebb hőszivattyú	55 kW	0-2 db	6 000 000 Ft/db
nagyobb hőszivattyú	155 kW	0-2 db	11 000 000 Ft/db

10. táblázat: Az egyes hőszivattyús fejlesztési javaslatokhoz szükséges hőszivattyúk mennyisége

(Forrás: Saját szerkesztés)

	Szükséges hőszivattyú mennyisége	
	55 kW-os	155 kW-os
25%-ban hőszivattyú	2 db	0 db
50%-ban hőszivattyú	1 db	1 db
75%-ban hőszivattyú	0 db	2 db
100%-ban hőszivattyú	1 db	2 db

A napelemes rendszer bekerülési költsége műszaki tartalomra optimalizált indikatív kivitelezői árajánlat alapján, TIER1 napelemmodulokkal és akkumulátoros rendszerrel kombinálható smart inverterrel 19 400 000 Ft.

Az egyes fejlesztési javaslatok beruházási típus szerinti és az összesített beruházási költségét a 11. táblázat tartalmazza. A nyílászárócsere teljes költsége 117 605 000 Ft, ami a legmagasabb az összes típusú beruházás közül, a legkevesebb fűtési százalékot lefedő hőszivattyús megoldás bekerülési költségének közel tízszerese. A kondenzációs kazánok költsége 21 000 000 Ft, míg a hőszivattyúk 12 000 000 Ft és 50 000 000 Ft között mozognak. Minden beruházáshoz hozzáadódik a napelemes rendszer 19 400 000 Ft-os költsége. A nyílászárócsere nélkül megvalósuló intézkedéseknek jóval alacsonyabb a teljes költsége, mint a nyílászárócsere is tartalmazó javaslatoknak. A legalacsonyabb a kondenzációs kazán és napelem költsége, míg a legmagasabb a 100%-ban hőszivattyús fűtési rendszer és a napelem együttes költsége nyílászárócsérével.

11. táblázat: Fejlesztési javaslatok teljes beruházási költsége
(Forrás: Saját szerkesztés)

Beruházási költségek [Ft]					
	Nyílászáró- csere	Kondenzációs kazán	Hőszivattyú (részarány)	Napelem	Teljes
1.	-	21 000 000	-	19 400 000	40 400 000
2.	-	-	12 000 000	19 400 000	31 400 000
3.	-	-	12 000 000	19 400 000	31 400 000
4.	-	-	28 000 000	19 400 000	47 400 000
5.	-	-	28 000 000	19 400 000	47 400 000
6.	-	-	44 000 000	19 400 000	63 400 000
7.	-	-	44 000 000	19 400 000	63 400 000
8.	-	-	50 000 000	19 400 000	69 400 000
9.	117 605 000	-	-	19 400 000	137 005 000
10.	117 605 000	21 000 000	-	19 400 000	158 005 000
11.	117 605 000	-	12 000 000	19 400 000	149 005 000
12.	117 605 000	-	12 000 000	19 400 000	149 005 000
13.	117 605 000	-	28 000 000	19 400 000	165 005 000
14.	117 605 000	-	28 000 000	19 400 000	165 005 000
15.	117 605 000	-	44 000 000	19 400 000	181 005 000
16.	117 605 000	-	44 000 000	19 400 000	181 005 000
17.	117 605 000	-	50 000 000	19 400 000	187 005 000

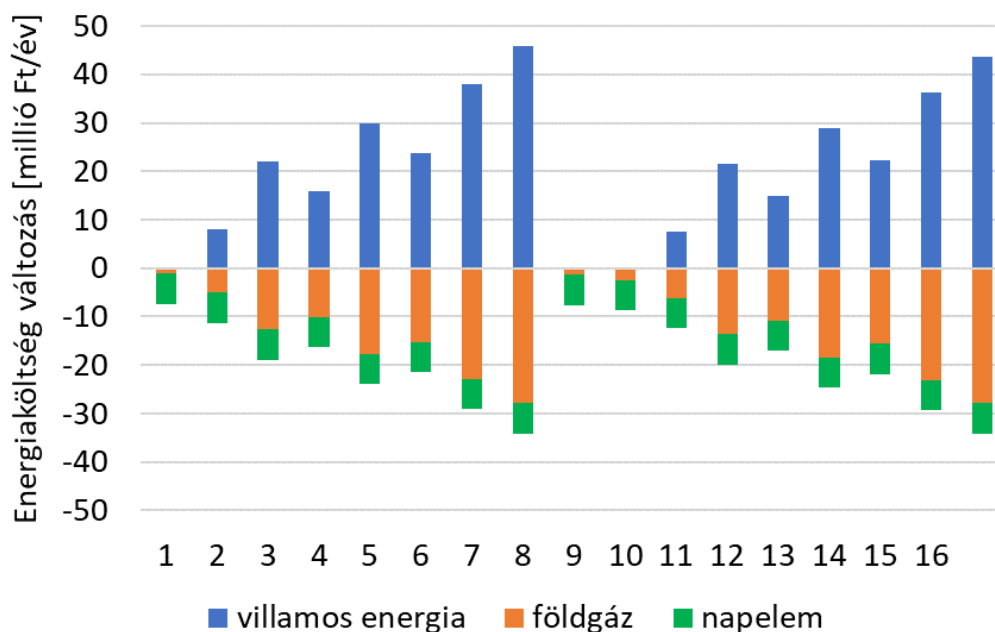
A beruházási költségek mellett szükséges bemutatni, hogy az adott energiamegtakarítás mennyi költségmegtakarítást eredményez az élettartama alatt. Ehhez szükség van a villamos energia és a földgáz egységárára, A kollégium átlagos földgáz egységára (2022-2023) 25 000 Ft/MWh, míg a villamos energia átlagos egységára ugyanebben az időszakban 114 000 Ft/MWh mely több mint négyszerese a földgáz egységárának. Ezekből határozható meg a statikus megtérülési idő, azaz, hogy rögzített energiaárak mellett mennyi idő alatt hozza vissza az árát a beruházás.

A korábbi alfejezetben bemutatott energiamegtakarításoknál jól látható, hogy a beruházások jelentős részében többlet villamos energiafelhasználás is megjelenik a hőszivattyúk energiaigényéből adódóan. A földgáz fogyasztás azonban minden esetben csökken, akár teljesen megszűnik. Ebből következik, hogy a költségek tekintetében a földgáz

árát megtakarítják, azonban a villamos energia beszerzése többlet költséget jelent. A napelemes rendszer viszont villamos energiaköltség megtakarítással jár. A 15. ábrán látható a fejlesztési javaslatokkal elérhető teljes energiaköltség éves változása. A villamos energia jelenlegi négyszeres ára miatt minden hőszivattyús javaslat esetén meghaladja a többlet villamos energia költség a földgázból eredő költség-megtakarítást. Így napelem nélkül jelenleg csak a kondenzációs kazán (1. javaslat), a nyílászáró cseréje (9. javaslat), és ezek együttes beépítése (10. javaslat) eredményez energiaköltség megtakarítást. Ha a saját előállítású villamos energia-termelés is megvalósul, akkor a termelésből adódó költség-megtakarítás további négy javaslat esetén okoz tényleges költség-megtakarítást. Ezek a javaslatok azok, amikor a fűtés 75%-ban vagy 50%-ban régi gázkazánnal van biztosítva, a melegvizet szintén a gázkazán állítja elő, Ezek az intézkedések nyílászárócserevel és anélkül is csökkentik a kifizetendő költségeket (2., 4., 11., 13. javaslatok).

15. ábra: A fejlesztési javaslatokkal elérhető éves energiaköltség megtakarítás a 2022-2023-as energiadíjak átlagával számolva

(Forrás: Saját szerkesztés)



A jogszabályi környezet lehetőséget nyújt energia-hatékonysággal kapcsolatos beruházások anyagi támogatására. A korábban bemutatott EKR rendszerben lehetőség nyílik az elért végsőenergia-megtakarítás értékesítésére. Az értékesítés egységárai különbözőek lehetnek részben az intézkedés típusa, részben a piac telítettsége miatt. Az EKR jelenlegi egységára a piaci tapasztalatok alapján 5000–20.000 Ft/GJ között mozog. Az EKR-ben való elszámolásnak előfeltétele egy hitelesítés, és bizonyos esetekben egy audit elkészítése, melynek költsége van. A kollégiumban javasolt intézkedések a napelemes rendszer kivételével elszámolhatók az EKR rendszerben, azaz a gazdasági mutatókat és a megtérülést tudja módosítani egy EKR auditálás és hitelesítés, mely a költség oldalon jelenik meg, valamint az értékesítés, mely egyszeri bevételnek tekinthető. Az EKR auditálás piaci ára 1800 Ft/GJ körül mozog, míg a hasonló jellegű beruházásokból származó megtakarítások értékesítési díja 12 850 Ft/GJ volt a 2024. februárjában tartott EKR tőzsdén (Gellért, 2024), ezért ezekkel az értékekkel kerül kiszámításra a fejlesztési javaslatokban rejlő auditálási és értékesítési díj. A 12. táblázatban láthatók a GJ mértékegységre átszámított megtakarítások, valamint az EKR auditálás és az értékesítés díjai az egyes fejlesztési javaslatokra. A táblázatban a negatív számok a költség oldalt jelentik a pozitív számok a bevételt. A bevételek és költségek a megtakarítással arányosak. Az auditálási és hitelesítési díj megfizetése után a bevételek 1 791 007 Ft- és 29 175 742 Ft között mozognak.

Az EKR bevétel módosítja a teljes költség oldalt, így ezt is szükséges figyelembe venni a további mutatók meghatározásakor. A beruházások összehasonlítását segíti a megtérülési idő. A statikus egyszerű megtérülési idő azt jelenti, hogy az energiamegtakarításból eredő éves költségmegtakarítás mennyi idő alatt éri el a beruházási költséget. A kollégiumra épületére bemutatott fejlesztési javaslatoknál azokban az esetekben értelmezhető a megtérülési idő, amikor az energiaösszetétel változása mellett (földgáz csökkenés és villamos energia növekedés) energia-költségmegtakarítás jelentkezik. A megtérülési idő pedig az alábbi módon határozható meg:

$$\text{megtérülési idő [év]} = \frac{\text{beruházási költség [Ft]} - \text{EKR bevétel [Ft]}}{\text{energiaköltség megtakarítás [Ft/év]}} \quad (2)$$

A 17 változat közül a napelemes rendszer telepítését is figyelembe véve hét olyan van, aminél értelmezhető a fenti megtérülési idő (16. ábra). A kondenzációs kazán nyílászárócsere nélkül 5,3 év alatt megtérül, ami a kazán élettartamán belül esik. A nyílászárócsere 17,8 év alatt térül meg, míg a kettő együtt 18,0 év alatt. A hőszivattyús javaslatok közül a 25%-ban

hőszivattyús fűtés gázkazános használati melegvíztermeléssel 7,9 év alatt térül meg, azaz a hőszivattyú élettartamán belül. Ugyanez a beruházás nyílászárócsereével már 29,3 éves megtérülési időt ad, azaz nem hozza vissza az árát a berendezés tervezett működési idején belül. Azoknál a javaslatoknál is értelmezhető a megtérülési idő, amikor 50%-ban alkalmaznak hőszivattyút a fűtésre, gázkazános használati melegvízzel, azonban igen magas értékeket kapunk., nyílászárócsere nélkül 79,6 év, nyílászárócsereével 69,3 év.

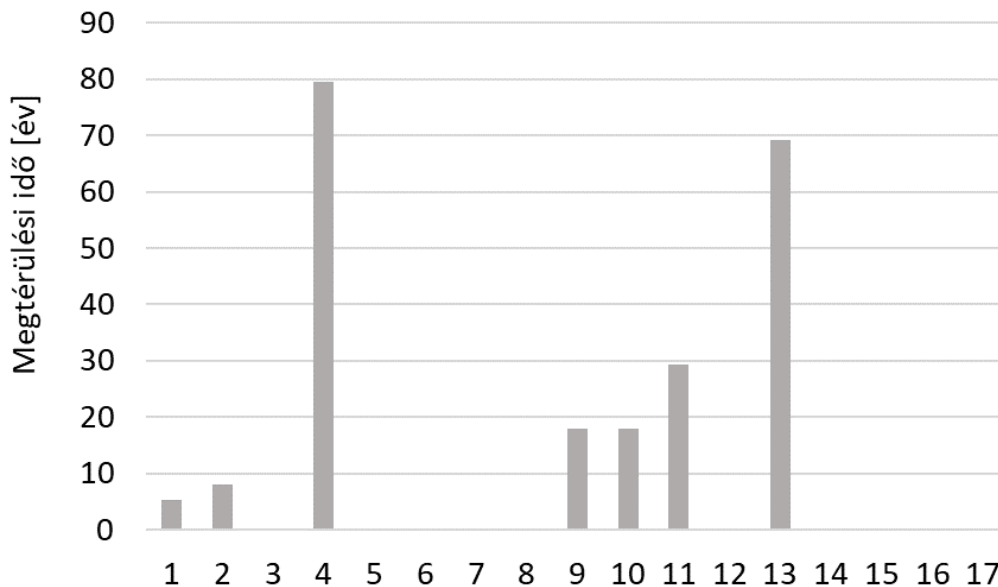
12. táblázat: Az energiamegtakarítás EKR hitelesítésének és auditálásának, valamint értékesítési díjainak alakulása (A negatív értékek kiadást, míg a pozitív értékek bevételt jelentenek.)

(Forrás: Saját szerkesztés)

	Energiamegtakarítás [GJ]	EKR auditálási és hitelesítési díj [Ft]	EKR értékesítési díj [Ft])	EKR bevétel [Ft]
1.	162,08	- 291 748	2 082 755	1 791 007
2.	479,68	- 863 415	6 163 826	5 300 411
3.	1 127,23	- 2 029 009	14 484 871	12 455 862
4.	961,63	- 1 730 938	12 356 976	10 626 038
5.	1 609,18	- 2 896 531	20 678 016	17 781 485
6.	1 443,59	- 2 598 461	18 550 121	15 951 661
7.	2 091,14	- 3 764 054	26 871 162	23 107 108
8.	2 573,10	- 4 631 577	33 064 312	28 432 735
9.	196,27	- 353 290	2 522 095	2 168 806
10.	350,45	- 630 807	4 503 263	3 872 456
11.	643,69	- 1 158 638	8 271 385	7 112 748
12.	1 291,24	- 2 324 231	16 592 426	14 268 195
13.	1 093,39	- 1 968 097	14 050 027	12 081 930
14.	1 740,94	- 3 133 690	22 371 063	19 237 373
15.	1 543,09	- 2 777 557	19 828 674	17 051 116
16.	2 190,64	- 3 943 150	28 149 710	24 206 560
17.	2 640,34	- 4 752 610	33 928 352	29 175 742

16. ábra: A napelemmel együtt megvalósított fejlesztési javaslatok megtérülési ideje a beruházási költségek, EKR értékesítés és az energiaköltség megtakarítások figyelembevételével

(Forrás: Saját szerkesztés)



5.4 Fejlesztési javaslatok szén-dioxid kibocsátásának összehasonlítása

A hazai és nemzetközi klímacélok elérése érdekében egyre hangsúlyosabbá válik dekarbonizáció, az üvegházhatású gázok és ezen belül is a szén-dioxid kibocsátás csökkentése. Az energetikai és gazdasági mutatók mellett a döntéshozók figyelembe veszik a szén-dioxid kibocsátás csökkentésének mértékét is, így ezt a mutató értéket is szükséges összehasonlítani az egyes fejlesztési javaslatokra vonatkozóan. A szén-dioxid kibocsátását az egyes energiahordozókra vonatkozó szén-dioxid tartalom fajlagos értéke és a felhasznált energia mennyisége alapján kell kiszámolni. Jelen esetben a földgázra és a villamos energiára vonatkozó fajlagos értékek az alábbiak szerint alakulnak:

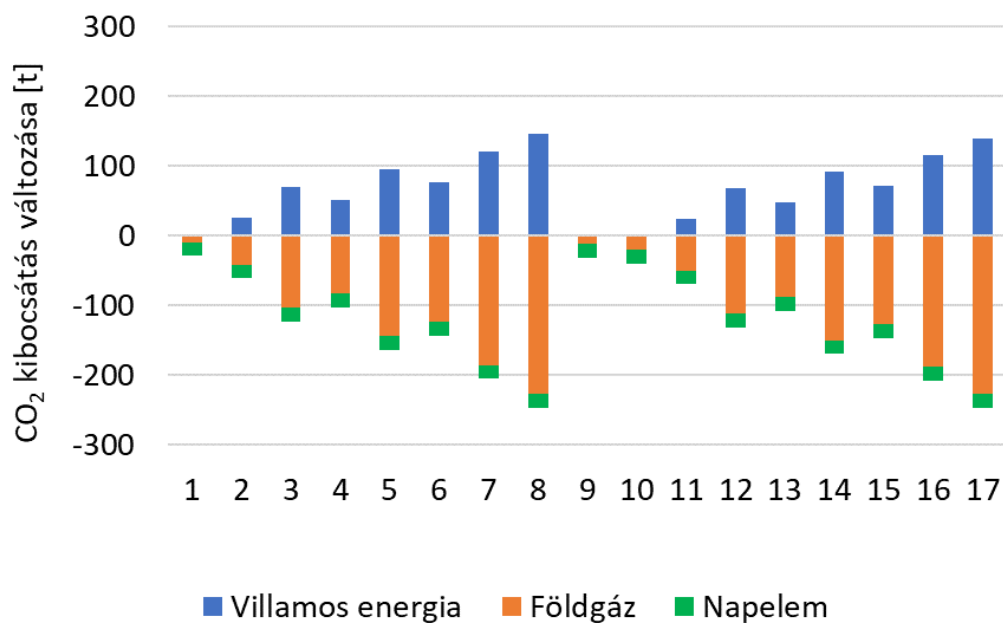
- villamos energia fajlagos CO₂ kibocsátás értéke: 365 g/kWh
- földgáz fajlagos CO₂ kibocsátás értéke: 203 g/kWh

Ezekkel a fajlagos értékekkel felszorozva a korábban bemutatott energiafelhasználásokat megkapható a tervezett beruházások szén-dioxid kibocsátása. A napelemes termelés szén-dioxid kibocsátását is ezzel a fajlagos értékkel lehet számolni. A 17. ábra bemutatja a

kibocsátás változását az egyes fejlesztési javaslatok esetén. A villamos energiából fakadó kibocsátás növekszik, ezzel szemben a napelemes termelés villamos energiát vált ki, amivel csökken a kibocsátás. A földgáz megtakarítás miatt csökken a kibocsátás. A szén-dioxid kibocsátás összesítve minden beruházás esetén csökken, a legnagyobb mértékben a teljesen hőszivattyús javaslatok esetén (8. és 17. javaslatok).

17. ábra: A fejlesztési javaslatokból és a napelemes beruházásból adódó CO₂ kibocsátás változás

(Forrás: Saját készítés)



6. Következtetések és javaslatok

Az előző fejezetben bemutatott fejlesztési javaslatokat három különböző szempont alapján lehet rangsorolni, és levonni az eredményekből adódó következtetéseket:

- energetikai mutatók: fajlagos primer energiaigény és energiafelhasználás
- gazdasági mutatók: költségek, támogatások és megtérülés
- dekarbonizációs mutató: szén-dioxid kibocsátás csökkenése

A három kategóriában összesen öt mutatószám alapján hasonlítom össze a kapott eredményeket a 13. táblázatban. Az energetikai mutatókból az látható, hogy a fejlesztés után melyik esetben mekkora a fajlagos primer energiaigény, valamint mekkora az épület energiafelhasználása. A kettő eltérhet egymástól attól függően, hogy mely energiahordozóból mennyit használ fel az épület, mert a villamos energia előállításához többlet energiára van szükség. Azonban az látszik, hogy a kettő szorosan összefügg egymással. Mindegyik mutatónál az alacsonyabb értékek a kedvezők, azért a táblázatban növekvő sorrendben szerepelnek a javaslatok, azaz a kisebb energiaszükségletektől a nagyobb felé. Az öt legkedvezőbb értéket eredményező javaslat közül négy mindkét energetikai mutatónál szerepel, bár nem teljesen azonos sorrendben (8., 14., 16., 17.). A gazdasági mutatók közül az EKR kedvezménytel csökkentett beruházási költségek szerepelnek, valamint a megtérülési idők azokra a javaslatokra, ahol ez értelmezhető. Látszik, hogy a beruházási költsége azoknak a javaslatoknak a legalacsonyabb, amikor nincs nyílászárócsere, gépészet szempontjából pedig vagy kondenzációs gázkazán kerül beépítésre, vagy pedig minél kisebb mértékű a hőszivattyú aránya. A megtérülési ideje a kondenzációs kazánnak a legjobb, ezt követi a 25%-os hőszivattyús javaslat, majd a nyílászárócsere, és a nyílászárócsere kondenzációs kazánnal, végül a 25%-os hőszivattyú nyílászárócsérével. A dekarbonizációs mutató a szén-dioxid csökkenés mértékét jelenti, azaz ebben az esetben a legnagyobb értékek szerepelnek elől, míg a legkisebbek a sor végén. A szén-dioxid kibocsátás csökkenés sorrendje közel azonos az energiafelhasználás értékeivel, a legjobb öt esetén teljesen megegyezik a sorrend.

13. táblázat: Fejlesztési javaslatok jósági sorrendje az energetikai, gazdasági és dekarbonizációs mutatók szerint.

(Forrás: Saját szerkesztés)

	Energetikai mutatók		Gazdasági mutatók		Dekarbonizációs mutató
	Fajlagos primer energiaigény [kWh/m ² év]	Energia-felhasználás [MWh/év]	Kedvezményekkel csökkentett beruházási összeg [Ft]	Megtérülési idő [év]	CO ₂ kibocsátás csökkenés [t]
	növekvő	növekvő	növekvő	növekvő	csökkenő
1.	17	17	3	1	17
2.	16	8	2	2	8
3.	8	16	5	9	16
4.	15	7	4	10	7
5.	14	14	1	11	14
6.	7	5	7	13	15
7.	13	15	8	4	5
8.	6	6	6	-	6
9.	12	12	12	-	12
10.	5	3	9	-	13
11.	10	13	11	-	3
12.	11	4	14	-	4
13.	4	11	13	-	11
14.	3	2	10	-	10
15.	9	10	16	-	2
16.	1	9	17	-	9
17.	2	1	15	-	1

Összességében kijelenthető, hogy energiahatékonysági szempontok szerint és szén-dioxid kibocsátás csökkentés alapján az alábbi javaslatok a legkedvezőbbek:

- 17: nyílászárócsere, 100%-ban hőszivattyús fűtés, hőszivattyús HMV
- 8: 100%-ban hőszivattyús fűtés, hőszivattyús HMV
- 16: nyílászárócsere, 25% gázkazán + 75% hőszivattyús fűtés, hőszivattyús HMV
- 14: nyílászárócsere, 50% gázkazán + 50% hőszivattyús fűtés, hőszivattyús HMV

Mivel a nyílászárócsere költsége a legmagasabb az összes beruházást összevetve, így az energetikailag kedvező négy javaslat közül a 100%-ban hőszivattyús esetnek a legkisebb a kedvezményes bekerülési költsége. Mind a 17 fejlesztési javaslatot figyelembe véve legalacsonyabb kedvezményes bekerülési költsége a 3. számú beruházásnak van, amikor csak 25%-ban látja el hőszivattyú a fűtést, valamint a használati melegvizet teljes mértékben hőszivattyúval állítják elő. Azonban ennek a beruházásnak sem a megtérülési ideje, sem az energetikai és szén-dioxid kibocsátási mutató nem kedvezőek. A két gazdasági mutatót együttesen figyelembe véve a kondenzációs kazán és a legkisebb részarányú hőszivattyús rendszer a kedvező.

A fenti eredmények alapján, amennyiben a megbízó költségoptimális megoldást keres, úgy a kondenzációs gázkazán beépítése, vagy a jelenlegi korszerűtlen gázkazánok hőszivattyúval való kiegészítése javasolt. Azonban fontos megjegyezni, hogy a gazdasági mutatókat nagyon befolyásolja az energiaárak és a kivitelezői piac alakulása, valamint a hazai és nemzetközi támogatási formák elkezdtek kivenni a támogatott beruházások közül a földgáz alapú hőtermelést, így a kondenzációs gázkazánokra hosszú távon nem valószínűsített a kedvezmények igénybevétele. Amennyiben a tényleges energiamegtakarítás minél nagyobb mértékű elérése a cél, akkor a hőszivattyús megoldás megvalósítását kell kezdeményezni. A nyílászárócsere önmagában nagyon költséges beruházás, és önállóan kevés energiamegtakarítást eredményez. Ezért a nyílászárócsere csak abban az esetben javasolt, amennyiben a források biztosítottak rá, vagy olyan további pályázatok jelennek meg a piacon, mely kifejezetten támogatja a hasonló beruházásokat.

7. Összefoglalás

Az éghajlatváltozás, az energiafelhasználás és a szén-dioxid kibocsátás a világ és Európa legfontosabb környezeti problémái. Ezt már felismerte az emberiség, és egyre több megoldási javaslatot vázol fel a tudományos világ, melyeket a döntéshozók nemzetközi és nemzeti stratégiákba foglalják, ajánlásokat és irányelveket adnak ki a stratégiákban foglalt célok elérésére, azok betartására jogszabályi kötelezettségeket írnak elő. Magyarország energetikai és éghajlatváltozással kapcsolatos céljai között szerepel az energiafüggőség csökkentése, a megújuló energia részarányának növelése, főként napelemes energiatermeléssel, valamint a szén-dioxid kibocsátás jelentős csökkentése 2030-ra, 2040-re. Ennek eléréséhez az első lépés az energiaigény csökkentése, mely az energiahatékonyság és az energiatudatosság növelésével valósítható meg. Az energiafelhasználás jelentős része (40%) az épületállomány esetén koncentrálódik (fűtési és hűtési energia, egyéb gépészeti rendszerek), ezért elengedhetetlen az épületek energiahatékonyságának növelése korszerűsítésekkel, felújításokkal.

Szakdolgozatomban egy egyetemi kollégiumi épület energetikai felújítási lehetőségeit vizsgáltam. Az épület jelenlegi állapotának felmérését követően különböző épületszerkezeti és gépészeti fejlesztési javaslatokat fogalmaztam meg. Az épület építése óta átesett nyílászárócserén és utólagos hőszigetelésen, fűtési rendszere gázkazánnal van megoldva, a világítása már korszerű LED-es világítás. A jelenleg hatályos az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet alapján az hőszigetelés megfelelő az előírt értékeknek, azonban a külső nyílászárók cserélhetők még hatékonyabbra. Az épület energetikai tanúsítványa alapján a gépészeti rendszer minősítése gyenge, a használati melegvíz rendszeré közepes, a világításé pedig jó. Ezek alapján a fűtési rendszer, a használati melegvíztermelő rendszer és a nyílászárók cseréjére fogalmaztam meg fejlesztési javaslatokat, melyből összesen 17 féle kombinációt alkottam meg a WinWatt fecske program Optimum moduljának felhasználásával. A fejlesztési javaslatok között szerepel a korszerűtlen gázkazánok kondenzációs gázkazánra cserélése, vagy annak részleges vagy teljes kiváltása hőszivattyúval. A változtatások bizonyos esetekben kihatnak a használati melegvíztermelő rendszerre is. Az így létrejövő gépészeti javaslatok elvégezhetőek nyílászárócserével és anélkül egyaránt. Az egyes fejlesztési javaslatok primer energiaigényét és a tényleges energiafogyasztását hasonlítottam össze. Ezt követően vizsgáltam a gazdasági mutatókat, mely során meghatároztam az egyes fejlesztések beruházási költségét, az energiaköltség változást a fejlesztés megvalósítása után, valamint bizonyos alternatív szakpolitikai intézkedésből (EKR)

származó bevételekből származó kedvezményt. Ezek együtteséből meghatározható a teljes beruházási költség, valamint a megtérülési idő. Végül a nemzetközi dekarbonizációs célok eléréséhez szükséges szén-dioxid kibocsátás csökkenés mértékét hasonlítottam össze az egyes javaslatokra. A kollégiumi épületnek jelenleg nincs megújuló energiatermelése, azonban az épület tetején elhelyezhető napelem, melynek megvalósítása mindegyik fejlesztési javaslat mellett ajánlott.

A fenti eredmények alapján megállapítható, hogy ha az épület üzemeltetése költséghatékony, 10 éven belül megtérülő beruházást szeretne végrehajtani, akkor kondenzációs gázkazánra cseréli a jelenlegi gázkazánokat (5,3 éves megtérülési idő), vagy azokat kis mértékben (teljesítmény 25%-a) kiegészíti hőszivattyúval (7,9 éves megtérülési idő). Amennyiben a legnagyobb energiamegtakarítás (733 MWh) és szén-dioxid kibocsátás (106 t) csökkenés elérése a cél, akkor a teljesen hőszivattyús fűtési rendszer megvalósítása javasolt, mely a nyílászárócserevel kombinálva tovább növeli a megtakarítást (1%-kal). Azonban a nyílászárócsere nagyon költséges beruházás, mely önmagában kevés (6,8 MWh) energiamegtakarítással jár, így forráshiány esetén nem javasolt. Azon esetben, amikor a hőszivattyús rendszer a földgázt teljesen kiváltja, a villamos energia-felhasználás növekedni fog (377%-kal), mely a földgáz és villamos energia árának arányában a beruházás elvégzését követően akár többletköltséggel is járhat. A nemzetközi energetikai célkitűzések azonban törekszenek a fosszilis energiahordozó-felhasználás (pl. földgáz) részarányának csökkentésére, lehetőség szerinti kiváltására, ezzel is hozzájárulva az energetikai célok mellett megjelenő dekarbonizációs célok eléréséhez. Ennek eredményeként a kollégium épületgépészetének dekarbonizációja a szén-dioxid kibocsátás csökkentésével a társadalmi felelősségvállalásban jelentős szerepet vállal.

Irodalomjegyzék

- 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet (2006): Az Épületek Energetikai Jellemzőinek.
- 2010/31/EU Irányelv, 2010. Európai Parlamenti És Tanácsi Irányelv Az Épületek Energiateljesítményéről. *Official Journal of European Union*
- 122/2015. (V.26.) Kormányrendelet (2015): Az Energiahatékonyságról Szóló Törvény Végrehajtásáról.
- 17/2020. (XII. 21.) MEKH rendelet (2020): a végfelhasználási energiamegtakarítással kapcsolatos adatszolgáltatásról
- 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet (2023): az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
- Csoknyai T., Hrabovszky-Horváth S., Georgiev, Z., Jovanovic-Popovic M., Stankovic, B., Villatoro, Otto., Szendrő G. (2016): Building Stock Characteristics and Energy Performance of Residential Buildings in Eastern-European Countries, *Energy and Buildings*. Volume 132, , Pages pp. 39-52. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.06.062
- Deng, Y., Zhonghua Gou, Z., Gui, X., Bin Cheng, B. (2021): Energy consumption characteristics and influential use behaviors in university dormitory buildings in China's hot summer-cold winter climate region. *Journal of Building Engineering* 33. 101870. p. 14. DOI: 10.1016/j.job.2020.101870
- Enerdata Analyst Brief (2021): Why is energy efficiency of households slowing down at EU level? Evolution of households energy consumption patterns across the EU. Letöltés dátuma: 2024.03.29. Forrás: <https://www.enerdata.net/publications/executive-briefing/households-energy-efficiency.html>
- Gellért P. (2024): EKR rendszer tapasztalatai energetikai auditáló szervezetként. *KLENEN'24 Konferencia*, 2024. március 6. Eger, előadás
- Hrabovszky-Horváth, S., Pálvölgyi, T., Csoknyai, T., Talamon, A., 2013. Generalized Residential Building Typology for Urban Climate Change Mitigation and Adaptation Strategies: The Case of Hungary. *Energy and Buildings* 62: pp. 475–85. DOI: 10.1016/j.enbuild.2013.03.011.
- ITM (2020a): Nemzeti Energiastratégia 2030, kitekintéssel 2040-ig. Innovációs és Technológiai Minisztérium. Forrás <https://www.banyasz.hu/images/klimapolitika/Nemzeti%20Energiastrat%C3%A9gia%20030.pdf>

- ITM (2020b): Magyarország Nemzeti Energia- és Klímaterve. Innovációs és Technológiai Minisztérium. Forrás:
https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-01/hu_final_necp_main_hu_0.pdf
- Jing, W., Lai C.H., Wong, W.S.H., Wong, M.L.D. (2018) A comprehensive study of battery-supercapacitor hybrid energy storage system for standalone PV power system in rural electrification. *Applied Energy* 224. pp. 340–356 DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.04.106
- Magyarország Helyreállítási és Ellenállóképességi Terve (2021) pp. 38-54.
- MSZ 04-140 szabványsorozat (1987): Épületek És Épülethatároló Szerkezetek Hőtechnikai Számításai
- NATÉR (2018): Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer: Magyarországi épületállomány éghajlatváltozási sérülékenység-vizsgálatát települési szinten lehetővé tevő módszertan
- Petersen, J.E., Shunturov, V., Janda, K., Platt, G., Weinberger, K. (2007): Dormitory residents reduce electricity consumption when exposed to real-time visual feedback and incentives. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 8 No. 1, pp. 16-33. DOI: 10.1108/14676370710717562
- Ramesh, T., Prakash, R., Shukla, K.K. (2010). Life cycle energy analysis of buildings: an overview. *Energy and Buildings*. 42. 1592–1600. DOI: 10.1016/j.enbuild.2010.05.007.
- Soha T., Sugár V., Hartmann B. (2024) City-scale analysis of PV potential and visibility in heritage environment using GIS and LiDAR. *Energy & Buildings* 311. 114124. p. 13. DOI: 10.1016/j.enbuild.2024.114124
- Sugar V., Talamon A., Horkai A., Kita, M. (2018): Architectural style in line with energy demand: Typology-based energy estimation of a downtown district. *Energy and Buildings* Volume 180, pp. 1-15. DOI: 10.1016/j.enbuild.2018.09.031
- Szalay, Zs., Zöld, A. (2014): Definition of Nearly Zero-Energy Building Requirements Based on a Large Building Sample. *Energy Policy* 74 (C): 510–21. DOI: 10.1016/j.enpol.2014.07.001.
- Thellufsen, J.Z., Lund, H., Sorknæs, P., Østergaard, PA., Chang, M., Drysdale, D., Nielsen, S., Djørup, SR., Sperling, K. (2020): Smart Energy Cities in a 100% Renewable Energy Context. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 129 (September). DOI: 10.1016/j.rser.2020.109922.

Yang, Y.; Gang, W.; Yuan, J.; Zhang, Z.; Tian, C. (2023): Energy Consumption Patterns and Characteristics of College Dormitory Buildings Based on Unsupervised Data Mining Method. *Buildings*, 13, 666. p. 18. DOI: 10.3390/buildings13030666

Wu, Y., Wu, Y., Guerrero, J.M., Vasquez, J.C., Palacios-García, E.J., Guan, Y. (2020): IoT-enabled Microgrid for Intelligent Energy-aware Buildings: A Novel Hierarchical Self-consumption Scheme with Renewables. *Electronics* 2020, 9, 550; p. 18. DOI: 10.3390/electronics9040550

Internetes források

The World Bank. Letöltés dátuma: 2024.03.29. Forrás: <https://data.worldbank.org/indicator/>

Energiaklub. Letöltés dátuma: 2024.03.29. Forrás: <https://energiaklub.hu/temak/epuletek>

European Commission. The European Green Deal Letöltés dátuma: 2024.04.02. Forrás: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

European Commission. Fit for 55. Letöltés dátuma: 2024.04.02. Forrás: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal/fit-55-delivering-proposals_en

Nappal Hajtva projekt, Budapest Szolár-Térkép. Letöltés: 2024.04.02. Forrás: [nappalhajtva.budapest.hu: https://budapest.hu/zold-budapest/klima-es-kornyezetvedelem/nappal-hajtva/szolar-terkep](https://budapest.hu/zold-budapest/klima-es-kornyezetvedelem/nappal-hajtva/szolar-terkep)

WinWatt, Épületenergetika 2023 modul. Forrás: http://www.bausoft.hu/ww_epbd2023.htm

WinWatt fecske. Forrás: <http://www.bausoft.hu/ww32.htm>

WinWatt, Optumim modul. Forrás: http://www.bausoft.hu/ww_optimum.htm

Ábrajegyzék

1. ábra: Az energiafogyasztás jellemző megoszlása az Egyesült Államokban	7
2. ábra: Példa a nyílászárók megadására a WinWatt programban <i>(Forrás: Saját adatokkal kitöltött WinWatt fecske program)</i>	13
3. ábra: Fűtési rendszer beállítási felülete a WinWatt programban <i>(Forrás: Saját adatokkal kitöltött WinWatt fecske program)</i>	14
4. ábra Világítási rendszer beállítási felülete a WinWatt programban <i>(Forrás: Saját adatokkal kitöltött WinWatt fecske program)</i>	14
5. ábra: Budapest napelemes energiatermelési lehetőségeinek térképes megjelenítése <i>(Forrás: Nappal hajtva: Budapest Szolár-Térkép: nappalhajtva.budapest.hu)</i>	16
6. ábra: Jellemző hőtermelő és használati melegvíz tározó a kollégiumban <i>(Forrás: Saját fotó)</i>	19
7. ábra: Jellemző hőleadó a kollégiumban <i>(Forrás: Saját fotó)</i>	19
8. ábra: Jellemző nyílászáró a kollégiumban <i>(Forrás: Saját fotó)</i>	19
9. ábra: Fajlagos primer energiaigények alakulása <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	23
10. ábra: Fajlagos primer energiaigények változása a fejlesztések után <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	24
11. ábra: Energiafelhasználás alakulása a meglévő állapotban és a fejlesztési javaslatok esetén <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	25
12. ábra: Energiafelhasználásváltozása a fejlesztési javaslatok esetén <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	26
13. ábra: A tetőfelületek benapozottságának mértéke <i>(Forrás: Saját szerkesztés a Budapest Szolár-Térkép alaptérképére)</i>	27
14. ábra: A napelemes rendszer energiatermelésének százalékos aránya a meglévő állapot és a fejlesztési javaslatok teljes szükséges villamos energia igényéhez képest. <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	28
15. ábra: A fejlesztési javaslatokkal elérhető éves energiaköltség megtakarítás a 2022-2023-as energiadíjak átlagával számolva <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	32
16. ábra: A napelemmel együtt megvalósított fejlesztési javaslatok megtérülési ideje a beruházási költségek, EKR értékesítés és az energiaköltség megtakarítások figyelembevételével <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	35
17. ábra: A fejlesztési javaslatokból és a napelemes beruházásból adódó CO ₂ kibocsátás változás	36

Táblázat jegyzék

1. táblázat: A Nemzeti Energiastratégia 2030 számszerű célkitűzései <i>(Forrás: Saját szerkesztés a Nemzeti Energiastratégia 2030 alapján)</i>	5
2. táblázat: Magyarország lakóépület állományának csoportosítási szempontja <i>(Forrás: Saját szerkesztés NATÉR, 2020 alapján)</i>	8
2. táblázat: A kollégium fűtött helyiségeire vonatkozó hőmérséklet értékek <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	18
4. táblázat: A kollégiumi épület energetikai mutatói <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	20
5. táblázat: Felújítási javaslatok összefoglalása <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	22
6. táblázat: Fajlagos hővesztésgtényező és a fűtés éves nettó hőenergiaigényének alakulása <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	22
7. táblázat: A napelemes rendszer adatai <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	27
8. táblázat: Nyílászáró csere nagyságrendje és bekerülési költsége <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	29
9. táblázat: Fűtési berendezések műszaki adatai és bekerülési költsége <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	29
10. táblázat: Az egyes hőszivattyús fejlesztési javaslatokhoz szükséges hőszivattyúk mennyisége <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	30
11. táblázat: Fejlesztési javaslatok teljes beruházási költsége <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	31
12. táblázat: Az energiamegtakarítás EKR hitelesítésének és auditálásának, valamint értékesítési díjainak alakulása (A negatív értékek kiadást, míg a pozitív értékek bevételt jelentenek.) <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	34
13. táblázat: Fejlesztési javaslatok jósági sorrendje az energetikai, gazdasági és dekarbonizációs mutatók szerint. <i>(Forrás: Saját szerkesztés)</i>	38

Melléklet

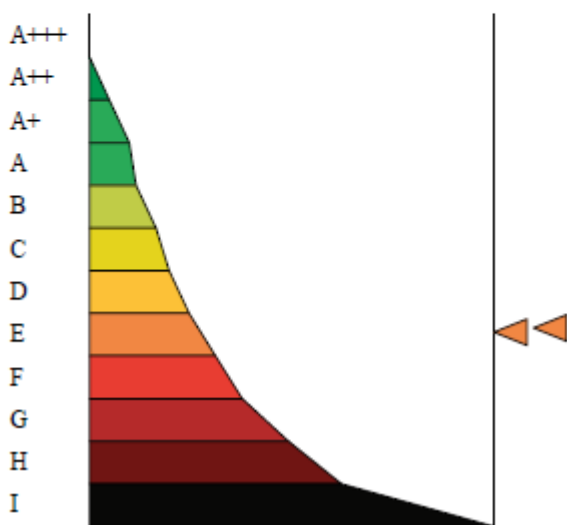
Energetikai minőségtanúsítvány összesítő

Épület:

Megrendelő:

Tanúsító:

Összesített energetikai jellemző:	168.85 kWh/m ² a	referencia értéke: 95.00 kWh/m ² a
Fajlagos széndioxid kibocsátás:	43.46 kg/m ² a	referencia értéke: 25.00 kg/m ² a
Összesített energetikai jellemző szerinti besorolás:	E ₂₀₂₃ (222.2 %)	
Fajlagos széndioxid kibocsátás szerinti besorolás:	E ₂₀₂₃ (217.3 %)	



A nyári hővédelemre vonatkozó mutató:	0.783 > 0,3 a követelmény nem teljesül
Épület felület-térfogat aránya:	0.336 m ² /m ³
Fajlagos hővesztésgéptényező:	0.091 W/m ² K

Dátum: 2024. 03.26.

Szerkezet típusok:

Belső fal_10

Tipusa:	belső fal (fűtött terek közt)
Rétegtervi hőátbocsátási tényező:	2.116 W/m ² K
Hőátbocsátási tényező:	2.116 W/m ² K
Fajlagos tömeg:	169 kg/m ²
Fajlagos hőtároló tömeg:	85 / 85 kg/m ²
Fajlagos hőkapacitás:	74 / 74 kJ/m ² K
Hőátadási ellenállás kívül:	0.13 m ² K/W
Hőátadási ellenállás belül:	0.13 m ² K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _{sz} *F _s
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Belső vakolat	1	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	
Válaszfal téglá	2	10	0,520	-	0,1923	1320	0,88	0	
Belső vakolat	3	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	

Belső fal_10_FFT

Tipusa:	belső fal (fűtetlen tér felé)
Rétegtervi hőátbocsátási tényező:	2.116 W/m ² K
Megengedett értéke:	0.400 W/m ² K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!	
Eredő hőátbocsátási tényező:	2.222 W/m ² K
Hőátbocsátási tényezőt módosító tag:	5 %
Fajlagos tömeg:	169 kg/m ²
Fajlagos hőtároló tömeg:	85 / 85 kg/m ²
Fajlagos hőkapacitás:	74 / 74 kJ/m ² K
Hőátadási ellenállás kívül:	0.13 m ² K/W
Hőátadási ellenállás belül:	0.13 m ² K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _{sz} *F _s
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Belső vakolat	1	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	
Válaszfal téglá	2	10	0,520	-	0,1923	1320	0,88	0	
Belső vakolat	3	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	

Belső fal_12

Tipusa:	belső fal (fűtött terek közt)
Rétegtervi hőátbocsátási tényező:	1.957 W/m ² K
Hőátbocsátási tényező:	1.957 W/m ² K
Fajlagos tömeg:	195 kg/m ²
Fajlagos hőtároló tömeg:	98 / 98 kg/m ²
Fajlagos hőkapacitás:	86 / 86 kJ/m ² K
Hőátadási ellenállás kívül:	0.13 m ² K/W
Hőátadási ellenállás belül:	0.13 m ² K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _{sz} *F _s
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Belső vakolat	1	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	
Válaszfal téglá	2	12	0,520	-	0,2308	1320	0,88	0	
Belső vakolat	3	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	

Belső fal_12_FFT

Tipusa: belső fal (fűtetlen tér felé)

Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 1.957 W/m²KMegengedett értéke: 0.400 W/m²KA rétegtervi hőátbocsátási tényező **NEM MEGFELELŐ!**Eredő hőátbocsátási tényező: 2.055 W/m²K

Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 5 %

Fajlagos tömeg: 195 kg/m²Fajlagos hőtároló tömeg: 98 / 98 kg/m²Fajlagos hőkapacitás: 86 / 86 kJ/m²KHőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/WHőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _g *F _s
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Belső vakolat	1	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	
Válaszfal téglá	2	12	0,520	-	0,2308	1320	0,88	0	
Belső vakolat	3	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	

Belső fal_15

Tipusa: belső fal (fűtött terek közt)

Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 1.759 W/m²KHőátbocsátási tényező: 1.759 W/m²KFajlagos tömeg: 235 kg/m²Fajlagos hőtároló tömeg: 115 / 115 kg/m²Fajlagos hőkapacitás: 101 / 101 kJ/m²KHőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/WHőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _g *F _s
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Belső vakolat	1	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	
Válaszfal téglá	2	15	0,520	-	0,2885	1320	0,88	0	
Belső vakolat	3	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	

Belső fal_15_FFT

Tipusa: belső fal (fűtetlen tér felé)

Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 1.759 W/m²KMegengedett értéke: 0.400 W/m²KA rétegtervi hőátbocsátási tényező **NEM MEGFELELŐ!**Eredő hőátbocsátási tényező: 1.846 W/m²K

Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 5 %

Fajlagos tömeg: 235 kg/m²Fajlagos hőtároló tömeg: 115 / 115 kg/m²Fajlagos hőkapacitás: 101 / 101 kJ/m²KHőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/WHőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _g *F _s
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Belső vakolat	1	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	
Válaszfal téglá	2	15	0,520	-	0,2885	1320	0,88	0	
Belső vakolat	3	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	

Belső fal_20

Típusa: belső fal (fűtött terek közt)
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 1.504 W/m²K
 Hőátbocsátási tényező: 1.504 W/m²K
 Fajlagos tömeg: 301 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 115 / 115 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 101 / 101 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _{sz} *F _s
		[cm]	[W/mK]		[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
megnevezés	-			-					
Belső vakolat	1	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	
Válaszfal téglá	2	20	0,520	-	0,3846	1320	0,88	0	
Belső vakolat	3	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	

Belső fal_20_FFT

Típusa: belső fal (fűtetlen tér fele)
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 1.504 W/m²K
 Megengedett értéke: 0.400 W/m²K

A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!

Eredő hőátbocsátási tényező: 1.579 W/m²K
 Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 5 %
 Fajlagos tömeg: 301 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 115 / 115 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 101 / 101 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _{sz} *F _s
		[cm]	[W/mK]		[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
megnevezés	-			-					
Belső vakolat	1	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	
Válaszfal téglá	2	20	0,520	-	0,3846	1320	0,88	0	
Belső vakolat	3	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	

Belső fal_25

Típusa: belső fal (fűtött terek közt)
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 1.314 W/m²K
 Hőátbocsátási tényező: 1.314 W/m²K
 Fajlagos tömeg: 367 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 115 / 115 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 101 / 101 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _{sz} *F _s
		[cm]	[W/mK]		[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
megnevezés	-			-					
Belső vakolat	1	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	
Válaszfal téglá	2	25	0,520	-	0,4808	1320	0,88	0	
Belső vakolat	3	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	

Belső fal_25_FFT

Tipusa: belső fal (fűtetlen tér felé)
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 1.314 W/m²K
 Megengedett értéke: 0.400 W/m²K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!
 Eredő hőátbocsátási tényező: 1.380 W/m²K
 Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 5 %
 Fajlagos tömeg: 367 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 115 / 115 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 101 / 101 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 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 _{sz} *F _i [-]
megnevezés	-			-					
Belső vakolat	1	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	
Válaszfal téglá	2	25	0,520	-	0,4808	1320	0,88	0	
Belső vakolat	3	1	0,990	-	0,0101	1850	0,88	0	

Belső fal_30

Tipusa: belső fal (fűtött terek közt)
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 1.225 W/m²K
 Hőátbocsátási tényező: 1.225 W/m²K
 Fajlagos tömeg: 476 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 135 / 135 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 119 / 119 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 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 _{sz} *F _i [-]
megnevezés	-			-					
Belső vakolat	1	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	
Vázkerámia falazat	2	30	0,570	-	0,5263	1400	0,88	0	
Belső vakolat	3	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	

Belső fal_30_FFT

Tipusa: belső fal (fűtetlen tér felé)
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 1.225 W/m²K
 Megengedett értéke: 0.400 W/m²K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!
 Eredő hőátbocsátási tényező: 1.286 W/m²K
 Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 5 %
 Fajlagos tömeg: 476 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 135 / 135 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 119 / 119 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 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 _{sz} *F _i [-]
megnevezés	-			-					
Belső vakolat	1	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	
Vázkerámia falazat	2	30	0,570	-	0,5263	1400	0,88	0	
Belső vakolat	3	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	

Belső fal_38

Tipusa: belső fal (fűtött terek közt)
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 1.045 W/m²K
 Hőátbocsátási tényező: 1.045 W/m²K
 Fajlagos tömeg: 588 kg/m³
 Fajlagos hőtároló tömeg: 135 / 135 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 119 / 119 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _{sz} *F _s
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m²K/W]	[kg/m³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Belső vakolat	1	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	
Vázkerámia falazat	2	38	0,570	-	0,6667	1400	0,88	0	
Belső vakolat	3	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	

Belső fal_38_FFT

Tipusa: belső fal (fűtetlen tér felé)
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 1.045 W/m²K
 Megengedett értéke: 0.400 W/m²K

A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!

Eredő hőátbocsátási tényező: 1.097 W/m²K
 Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 5 %
 Fajlagos tömeg: 588 kg/m³
 Fajlagos hőtároló tömeg: 135 / 135 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 119 / 119 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _{sz} *F _s
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m²K/W]	[kg/m³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Belső vakolat	1	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	
Vázkerámia falazat	2	38	0,570	-	0,6667	1400	0,88	0	
Belső vakolat	3	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	

Belső fal_45

Tipusa: belső fal (fűtött terek közt)
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0.926 W/m²K
 Hőátbocsátási tényező: 0.926 W/m²K
 Fajlagos tömeg: 686 kg/m³
 Fajlagos hőtároló tömeg: 135 / 135 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 119 / 119 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _{sz} *F _s
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m²K/W]	[kg/m³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Belső vakolat	1	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	
Vázkerámia falazat	2	45	0,570	-	0,7895	1400	0,88	0	
Belső vakolat	3	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	

Belső fal_45_FFT

Tipusa: belső fal (fűtetlen tér felé)

Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0.926 W/m²K

Megengedett értéke: 0.400 W/m²K

A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!

Eredő hőátbocsátási tényező: 0.972 W/m²K

Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 5 %

Fajlagos tömeg: 686 kg/m³

Fajlagos hőtároló tömeg: 135 / 135 kg/m³

Fajlagos hőkapacitás: 119 / 119 kJ/m²K

Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W

Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _m *F _s
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m²K/W]	[kg/m³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Belső vakolat	1	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	
Vázkerámia falazat	2	45	0,570	-	0,7895	1400	0,88	0	
Belső vakolat	3	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	

Belső fal_50_FFT

Tipusa: belső fal (fűtetlen tér felé)

Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0.857 W/m²K

Megengedett értéke: 0.400 W/m²K

A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!

Eredő hőátbocsátási tényező: 0.899 W/m²K

Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 5 %

Fajlagos tömeg: 756 kg/m³

Fajlagos hőtároló tömeg: 135 / 135 kg/m³

Fajlagos hőkapacitás: 119 / 119 kJ/m²K

Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W

Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _m *F _s
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m²K/W]	[kg/m³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Belső vakolat	1	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	
Vázkerámia falazat	2	50	0,570	-	0,8772	1400	0,88	0	
Belső vakolat	3	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	

Belső fal_50_TÉ

Tipusa: talajjal érintkező fal (ISO 13370)

Átlagos rétegtervi hőátb. tényező: 0.550 W/m²K

Átlaghoz alkalmazott terület 0.0 m², kerület 0.0 m

Megengedett értéke: 0.300 W/m²K

A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!

Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 40 %

Vonalmenti hőátbocsátási tényező: 1.594 W/mK

Fajlagos tömeg: 728 kg/m³

Fajlagos hőtároló tömeg: 135 kg/m³

Fajlagos hőkapacitás: 119 kJ/m²K

Hőátadási ellenállás kívül: 0.04 m²K/W

Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Padlószint magassága: -2.9 m

Talaj hővezetési tény.: 2.000 W/mK

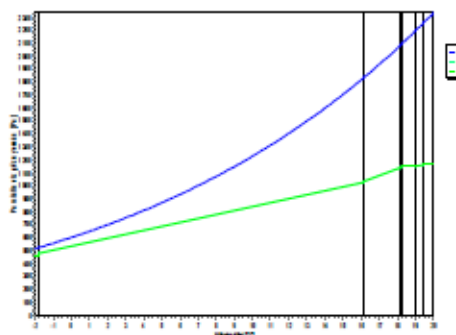
Padló rétegtervi hőátb. tény.: 0.000 W/m²K

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _m *F _s
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m²K/W]	[kg/m³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Bitumenkenés 2x melegen	1	0,8	-	-	-	-	-	0	
Vázkerámia falazat	2	50	0,570	-	0,8772	1400	0,88	0	
Belső vakolat	3	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	

R2 - Külső fal 15+30+16

Tipusa: külső fal
 y méret: 1 m
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0.193 W/m²K
 Megengedett értéke: 0.240 W/m²K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező megfelelő.
 Eredő hőátbocsátási tényező: 0.251 W/m²K
 Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 30 %
 Fajlagos tömeg: 545 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 81 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 71 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.04 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

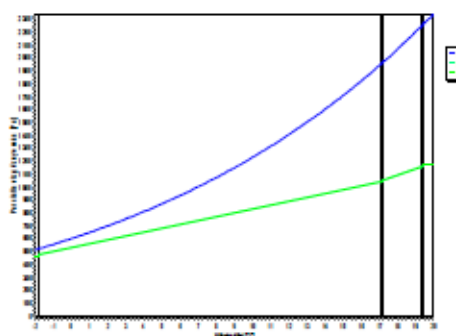
**Rétegek kívülről befelé**

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	$F_T * F_m * F$
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Baumit Nemes Vakolat	1	0,3	0,930	-	0,0032	1500	0,88	0	
Üvegszövet hálósával er. alapvakolat	2	0,8	0,880	-	0,0091	1850	0,88	0	
Austrotherm AT-H80	3	16	0,038	-	4,2110	-	1,46	0	
Mészvakolat	4	1,5	0,810	-	0,0185	1650	0,92	0	
Vázkerámia falazat	5	30	0,640	-	0,4688	1460	0,88	0	
Mészvakolat	6	1,5	0,810	-	0,0185	1650	0,92	0	
Zárt légréteg	7	10	-	-	0,1700	-	-	0	
Gipszkarton (2rtg)	8	2,5	0,240	-	0,1042	1000	0,84	0	
Falburkolat	9	0,6	1,050	-	0,0057	1800	0,88	0	

Vizsgálati jelentés: A szerkezet a szabvány szerint páradiffúziós szempontból **MEGFELELŐ**

R2 - Külső fal 30+16

Tipusa: külső fal
 y méret: 1 m
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0.204 W/m²K
 Megengedett értéke: 0.240 W/m²K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező megfelelő.
 Eredő hőátbocsátási tényező: 0.265 W/m²K
 Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 30 %
 Fajlagos tömeg: 509 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 148 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 131 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.04 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W



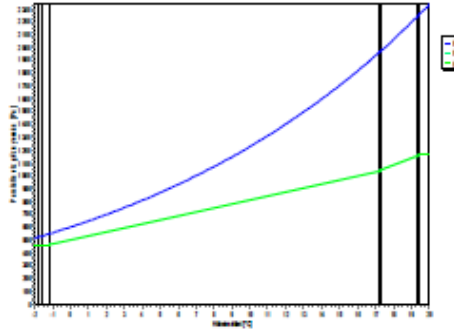
Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	$F_T * F_w * F_s$ [-]
megnevezés	-			-					
Baunit Nemes Vakolat	1	0,3	0,930	-	0,0032	1500	0,88	0	
Üvegszövet hálósával er. alapvakolat	2	0,8	0,880	-	0,0091	1850	0,88	0	
Austrotherm AT-H80	3	16	0,038	-	4,2110	-	1,46	0	
Mészvakolat	4	1,5	0,810	-	0,0185	1650	0,92	0	
Vázkerámia falazat	5	30	0,640	-	0,4688	1460	0,88	0	
Mészvakolat	6	1,5	0,810	-	0,0185	1650	0,92	0	

Vizsgálati jelentés: A szerkezet a szabvány szerint páradiffúziós szempontból MEGFELELŐ

R2 - Külső fal 30+16+burk

Tipusa:	külső fal
y méret:	1 m
Rétegtervi hőátbocsátási tényező:	0.199 W/m ² K
Megengedett értéke:	0.240 W/m ² K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező	megfelelő.
Eredő hőátbocsátási tényező:	0.259 W/m ² K
Hőátbocsátási tényezőt módosító tag:	30 %
Fajlagos tömeg:	492 kg/m ²
Fajlagos hőátörölő tömeg:	148 kg/m ²
Fajlagos hőkapacitás:	131 kJ/m ² K
Hőátadási ellenállás kívül:	0.04 m ² K/W
Hőátadási ellenállás belül:	0.13 m ² K/W
Kiszellőztetés hőtechnikai hatása.	
A számításához hiányoznak az adatok.	



Rétegek kívülről befelé

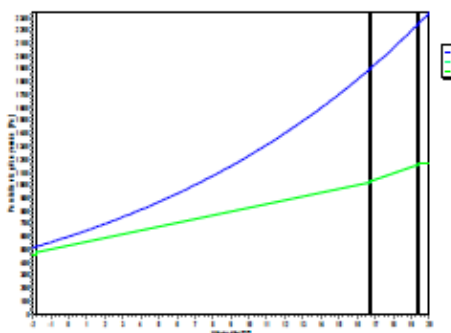
Réteg	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	$F_T * F_w * F_s$ [-]
megnevezés	-			-					
FUNDERMAX homlokzatburkolat	1	0,6	0,100	-	0,0600	400	2,26	0	
Acél tartóváz, közte kiszell. légrés	2	4,4	-	-	0,0800	-	-	0	
Austrotherm AT-H80	3	16	0,038	-	4,2110	-	1,46	0	
Mészvakolat	4	1,5	0,810	-	0,0185	1650	0,92	0	
Vázkerámia falazat	5	30	0,640	-	0,4688	1460	0,88	0	
Mészvakolat	6	1,5	0,810	-	0,0185	1650	0,92	0	

Vizsgálati jelentés: A szerkezet a szabvány szerint páradiffúziós szempontból MEGFELELŐ

- (FUNDERMAX homlokzatburkolat)a kiszellőztetés utáni rétegek páraellenállása nincs beszámítva.
- (Acél tartóváz, közte kiszell. légrés)a kiszellőztetés utáni rétegek páraellenállása nincs beszámítva.

R2 - Külső fal 38+16

Tipusa:	külső fal
y méret:	1 m
Rétegtervi hőátbocsátási tényező:	0.199 W/m ² K
Megengedett értéke:	0.240 W/m ² K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező megfelelő.	
Eredő hőátbocsátási tényező:	0.259 W/m ² K
Hőátbocsátási tényezőt módosító tag:	30 %
Fajlagos tömeg:	626 kg/m ²
Fajlagos hőtároló tömeg:	148 kg/m ²
Fajlagos hőkapacitás:	131 kJ/m ² K
Hőátadási ellenállás kívül:	0.04 m ² K/W
Hőátadási ellenállás belül:	0.13 m ² K/W



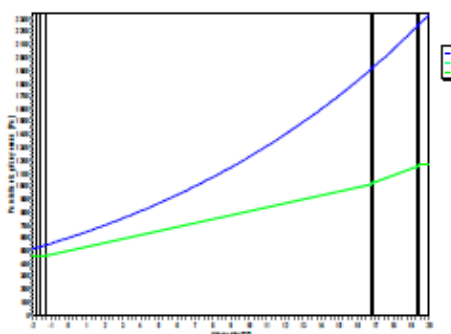
Rétegek kívülről befelé

Réteg megnevezés	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	F _T *F _z *F _s [-]
Baumit Nemes Vakolat	1	0,3	0,930	-	0,0032	1500	0,88	0	
Üvegszövet hálóval er. alapvakolat	2	0,8	0,880	-	0,0091	1850	0,88	0	
Austrotherm AT-H80	3	16	0,038	-	4,2110	-	1,46	0	
Mészvakolat	4	1,5	0,810	-	0,0185	1650	0,92	0	
Vázkerámia falazat	5	38	0,640	-	0,5938	1460	0,88	0	
Mészvakolat	6	1,5	0,810	-	0,0185	1650	0,92	0	

Vizsgálati jelentés: A szerkezet a szabvány szerint páradiffúziós szempontból MEGFELELŐ

R2 - Külső fal 38+16+burk

Tipusa:	külső fal
y méret:	1 m
Rétegtervi hőátbocsátási tényező:	0.194 W/m ² K
Megengedett értéke:	0.240 W/m ² K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező megfelelő.	
Eredő hőátbocsátási tényező:	0.252 W/m ² K
Hőátbocsátási tényezőt módosító tag:	30 %
Fajlagos tömeg:	609 kg/m ²
Fajlagos hőtároló tömeg:	148 kg/m ²
Fajlagos hőkapacitás:	131 kJ/m ² K
Hőátadási ellenállás kívül:	0.04 m ² K/W
Hőátadási ellenállás belül:	0.13 m ² K/W
Kiszellőztetés hőtechnikai hatása.	
A számításához hiányoznak az adatok.	



Rétegek kívülről befelé

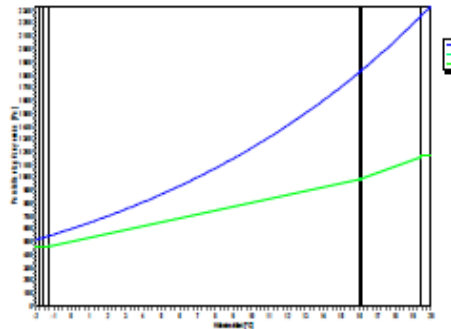
Réteg megnevezés	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	F _T *F _z *F _s [-]
FUNDERMAX homlokzatburkolat	1	0,6	0,100	-	0,0600	400	2,26	0	
Acél tartóváz, közte kiszell. légrés	2	4,4	-	-	0,0800	-	-	0	
Austrotherm AT-H80	3	16	0,038	-	4,2110	-	1,46	0	
Mészvakolat	4	1,5	0,810	-	0,0185	1650	0,92	0	
Vázkerámia falazat	5	38	0,640	-	0,5938	1460	0,88	0	
Mészvakolat	6	1,5	0,810	-	0,0185	1650	0,92	0	

Vizsgálati jelentés: A szerkezet a szabvány szerint páradiffúziós szempontból MEGFELELŐ

1. (FUNDERMAX homlokzatburkolat)a kiszellőztetés utáni rétegek páraellenállása nincs beszámítva.
2. (Acél tartóváz, közte kiszell. légrés)a kiszellőztetés utáni rétegek páraellenállása nincs beszámítva.

R2 - Külső fal 50+16+burk

Típusa: külső fal
 y méret: 1 m
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0.187 W/m²K
 Megengedett értéke: 0.240 W/m²K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező megfelelő.
 Eredő hőátbocsátási tényező: 0.243 W/m²K
 Hőátbocsátási tényezőt módosító tag: 30 %
 Fajlagos tömeg: 784 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 148 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 131 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.04 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W
 Kiszellőztetés hőtechnikai hatása.
 A számításhoz hiányoznak az adatok.



Rétegek kívülről befelé

Réteg megnevezés	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	F _T *F _z *F _s [-]
FUNDERMAX homlokzatburkolat	1	0,6	0,100	-	0,0600	400	2,26	0	
Acél tartóváz, közte kiszell. légrés	2	4,4	-	-	0,0800	-	-	0	
Austrotherm AT-H80	3	16	0,038	-	4,2110	-	1,46	0	
Mészvakolat	4	1,5	0,810	-	0,0185	1650	0,92	0	
Vázkerámia falazat	5	50	0,640	-	0,7813	1460	0,88	0	
Mészvakolat	6	1,5	0,810	-	0,0185	1650	0,92	0	

Vizsgálati jelentés: A szerkezet a szabvány szerint páradiffúziós szempontból MEGFELELŐ

1. (FUNDERMAX homlokzatburkolat)a kiszellőztetés utáni rétegek páraellenállása nincs beszámítva.
2. (Acél tartóváz, közte kiszell. légrés)a kiszellőztetés utáni rétegek páraellenállása nincs beszámítva.

Tűzfal 15+30

Típusa: belső fal (fűtött épületek közt)
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0.912 W/m²K
 Megengedett értéke: 1.500 W/m²K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező megfelelő.
 Hőátbocsátási tényező: 0.912 W/m²K
 Fajlagos tömeg: 511 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 83 / 135 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 72 / 119 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg megnevezés	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	F _T *F _z *F _s [-]
Belső vakolat	1	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	
Vázkerámia falazat	2	30	0,570	-	0,5263	1400	0,88	0	
Belső vakolat	3	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	
Zárt légréteg	4	10	-	-	0,1700	-	-	0	
Gipszkarton (2rtg)	5	2,5	0,240	-	0,1042	1000	0,84	0	
Falburkolat	6	0,6	1,050	-	0,0057	1800	0,88	0	

Tűzfal_30

Tipusa: belső fal (fűtött épületek közt)
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 1.225 W/m²K
 Megengedett értéke: 1.500 W/m²K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező megfelelő.
 Hőátbocsátási tényező: 1.225 W/m²K
 Fajlagos tömeg: 476 kg/m³
 Fajlagos hőtároló tömeg: 135 / 135 kg/m³
 Fajlagos hőkapacitás: 119 / 119 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _{sz} *F _a
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m²K/W]	[kg/m³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Belső vakolat	1	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	
Vázkerámia falazat	2	30	0,570	-	0,5263	1400	0,88	0	
Belső vakolat	3	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	

Tűzfal_38

Tipusa: belső fal (fűtött épületek közt)
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 1.045 W/m²K
 Megengedett értéke: 1.500 W/m²K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező megfelelő.
 Hőátbocsátási tényező: 1.045 W/m²K
 Fajlagos tömeg: 588 kg/m³
 Fajlagos hőtároló tömeg: 135 / 135 kg/m³
 Fajlagos hőkapacitás: 119 / 119 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _{sz} *F _a
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m²K/W]	[kg/m³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Belső vakolat	1	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	
Vázkerámia falazat	2	38	0,570	-	0,6667	1400	0,88	0	
Belső vakolat	3	1,5	0,990	-	0,0152	1850	0,88	0	

R4 - Közbenső födém

Tipusa: belső födém (felfelé hűlő)
 y méret: 1 m
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 2.417 W/m²K
 Hőátbocsátási tényező: 2.417 W/m²K
 Fajlagos tömeg: 643 kg/m³
 Fajlagos hőtároló tömeg: 353 / 289 kg/m³
 Fajlagos hőkapacitás: 299 / 245 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.10 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.10 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _{sz} *F _a
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m²K/W]	[kg/m³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Kerámialap burkolat	1	1	1,050	-	0,0095	1800	0,88	0	
Burkolatragasztó	2	2	0,930	-	0,0215	1800	0,88	0	
Aljzatbeton	3	6	1,280	-	0,0469	2200	0,84	0	
Úszatóréteg	4	0,02	0,170	-	0,0012	960	-	0	
Monolit vasbeton födém	5	18	1,550	-	0,1161	2400	0,84	0	
Mészvakolat	6	1,5	0,810	-	0,0185	1650	0,92	0	

Ablak PVC

Tipusa: ablak (külső, fa vagy PVC)
 x méret: 1 m
 y méret: 1 m
 Hőátbocsátási tényező: 1.600 W/m²K
 Megengedett értéke: 1.100 W/m²K
A hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!
 Üvegezési arány: 80 %

Ajtó FF

Tipusa: ajtó (belső, fűtött terek közt)
 x méret: 1 m
 y méret: 2,1 m
 Hőátbocsátási tényező: 2.000 W/m²K

Ajtó FFT

Tipusa: ajtó (belső, fűtetlen tér felé)
 x méret: 0,95 m
 y méret: 2,1 m
 Hőátbocsátási tényező: 2.000 W/m²K
 Megengedett értéke: 1.400 W/m²K
A hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!

Ajtó PVC

Tipusa: üvegezett ajtó (külső, fa vagy PVC)
 x méret: 1 m
 y méret: 1 m
 Hőátbocsátási tényező: 1.600 W/m²K
 Megengedett értéke: 1.100 W/m²K
A hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!
 Üvegezési arány: 80 %

Ajtó PVC_FF

Tipusa: ajtó (belső, fűtött terek közt)
 x méret: 1 m
 y méret: 1 m
 Hőátbocsátási tényező: 1.600 W/m²K

R1 - Talajon fekvő padló

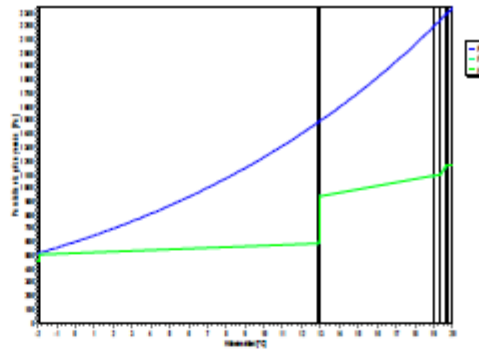
Tipusa: padló (talajra fektetett ISO 13370)
 x méret: 1 m
 y méret: 1 m
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 1.548 W/m²K
 Megengedett értéke: 0.300 W/m²K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!
 Fajlagos tömeg: 628 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 447 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 378 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.04 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.17 m²K/W
 Padlószint magassága: 0 m
 Talaj hővezetési tény.: 2.000 W/mK
 Alap szélesség: 0.00 m

Rétegek belülről kifelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _s *F _a
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Padlóburkolat	1	1	1,050	-	0,0095	1800	0,88	0	
Burkolatragasztó	2	2	0,930	-	0,0215	1800	0,88	0	
Vasbeton	3	10	1,550	-	0,0645	2400	0,84	0	
Bitumenkenés	4	0,8	-	-	-	-	-	0	
Kavicsbeton	5	7	1,280	-	0,0547	2200	0,84	0	
Tömörített kavicságy	6	10	0,350	-	0,2857	1800	0,84	0	

R5 - Lapostető

Tipusa:	tető
y méret:	1 m
Rétegtervi hőátbocsátási tényező:	0.128 W/m²K
Megengedett értéke:	0.170 W/m²K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező megfelelő.	
Eredő hőátbocsátási tényező:	0.167 W/m²K
Hőátbocsátási tényezőt módosító tag:	30 %
Fajlagos tömeg:	663 kg/m²
Fajlagos hőtároló tömeg:	467 kg/m²
Fajlagos hőkapacitás:	393 kJ/m²K
Hőátadási ellenállás kívül:	0.04 m²K/W
Hőátadási ellenállás belül:	0.10 m²K/W



Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m²K/W]	ρ [kg/m³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	F _T *
megnevezés	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reflexlakk PU 31D védőréteg	1	0,03	-	-	-	-	-	0	-
Lamoltan DS5 zártcellás szőtt PUR	2	12	0,023	-	5,2170	30	1,40	0	-
kavicsbeton	3	5	1,280	-	0,0391	2200	0,84	0	-
Polietilén fólia	4	0,02	0,170	-	0,0012	960	-	0	-
polisztirolhab 3	5	10	0,047	-	2,1280	28	1,46	0	-
kohósalak	6	6	0,450	-	0,1333	1500	0,75	0	-
vasbeton	7	18	1,550	-	0,1161	2400	0,84	0	-
mészvakolat	8	1,5	0,810	-	0,0185	1650	0,92	0	-

Vizsgálati jelentés: A szerkezet a szabvány szerint páradiffúziós szempontból **MEGFELELŐ**

Határoló szerkezetek:

Szerkezet megnevezés	tájolás	Hajlásszög [°]	U [W/m²K]	U* [W/m²K]	A [m²]	Ψ [W/mK]	L [m]	AU*+L Ψ [W/K]	A _a [m²]
R2 - Külső fal 30+16	É	függőleges	0,265	0,265	4,8	-	-	1,3	-
R5 - Lapostető	É	függőleges	0,167	0,167	11,7	-	-	2,0	-
Ablak PVC	É	függőleges	1,6	1,6	45,8	-	-	73,3	36,7
R2 - Külső fal 30+16	ÉK	függőleges	0,265	0,265	501,6	-	-	132,9	-
R2 - Külső fal 38+16	ÉK	függőleges	0,259	0,259	37,9	-	-	9,8	-
R2 - Külső fal 38+16+burk	ÉK	függőleges	0,252	0,252	117,7	-	-	29,7	-
R2 - Külső fal 50+16+burk	ÉK	függőleges	0,243	0,243	41,8	-	-	10,2	-
Ablak PVC	ÉK	függőleges	1,6	1,6	172,9	-	-	276,7	138,4
Ajtó PVC	ÉK	függőleges	1,6	1,6	2,1	-	-	3,4	1,7
R2 - Külső fal 30+16	DK	függőleges	0,265	0,265	630,9	-	-	167,2	-
R2 - Külső fal 30+16+burk	DK	függőleges	0,259	0,259	26,7	-	-	6,9	-
R2 - Külső fal 38+16+burk	DK	függőleges	0,252	0,252	143,4	-	-	36,1	-
R2 - Külső fal 50+16+burk	DK	függőleges	0,243	0,243	48,0	-	-	11,7	-
Ablak PVC	DK	függőleges	1,6	1,6	619,5	-	-	991,2	495,6
Ajtó PVC	DK	függőleges	1,6	1,6	30,9	-	-	49,4	24,7
R2 - Külső fal 30+16	DNY	függőleges	0,265	0,265	529,1	-	-	140,2	-
R2 - Külső fal 38+16	DNY	függőleges	0,259	0,259	28,5	-	-	7,4	-
R2 - Külső fal 38+16+burk	DNY	függőleges	0,252	0,252	104,6	-	-	26,4	-
R2 - Külső fal 50+16+burk	DNY	függőleges	0,243	0,243	10,8	-	-	2,6	-
Ablak PVC	DNY	függőleges	1,6	1,6	220,2	-	-	352,3	176,1
R2 - Külső fal 15+30+16	ÉNY	függőleges	0,251	0,251	60,4	-	-	15,2	-
R2 - Külső fal 30+16	ÉNY	függőleges	0,265	0,265	323,0	-	-	85,6	-
R2 - Külső fal 38+16	ÉNY	függőleges	0,259	0,259	193,1	-	-	50,0	-

Szerkezet megnevezés	tájolás	Hajlásszög [°]	U [W/m²K]	U* [W/m²K]	A [m²]	Ψ [W/mK]	L [m]	AU*+LΨ [W/K]	A _g [m²]
R2 - Külső fal 38+16+burk	ÉNY	függőleges	0,252	0,252	105,0	-	-	26,5	-
R2 - Külső fal 50+16+burk	ÉNY	függőleges	0,243	0,243	3,3	-	-	0,8	-
Ablak PVC	ÉNY	függőleges	1,6	1,6	82,6	-	-	132,1	66,1
Ajtó PVC	ÉNY	függőleges	1,6	1,6	2,1	-	-	3,4	1,7
R5 - Lapostető		vízszintes	0,167	0,167	1573,8	-	-	262,8	-
Belső fal 10 FFT			2,222	0,404	176,0	-	-	71,1	-
Belső fal 10 FFT			2,222	0,508	14,7	-	-	7,5	-
Belső fal 10 FFT			2,222	0,684	34,0	-	-	23,3	-
Belső fal 12 FFT			2,055	0,374	9,8	-	-	3,7	-
Belső fal 15 FFT			1,846	0,568	26,9	-	-	15,3	-
Belső fal 20 FFT			1,579	0,287	34,8	-	-	10,0	-
Belső fal 20 FFT			1,579	0,361	13,8	-	-	5,0	-
Belső fal 20 FFT			1,579	0,486	45,9	-	-	22,3	-
Belső fal 25 FFT			1,38	0,315	28,2	-	-	8,9	-
Belső fal 30 FFT			1,286	0,234	2,1	-	-	0,5	-
Belső fal 30 FFT			1,286	0,396	62,9	-	-	24,9	-
Belső fal 38 FFT			1,097	0,199	8,6	-	-	1,7	-
Belső fal 38 FFT			1,097	0,251	65,6	-	-	16,5	-
Belső fal 45 FFT			0,972	0,222	32,2	-	-	7,2	-
Belső fal 50 FFT			0,899	0,205	10,3	-	-	2,1	-
Tűzfal 15+30			0,912	0,0935	310,3	-	-	29,0	-
Tűzfal 30			1,225	-0,0742	1,5	-	-	-0,1	-
Tűzfal 30			1,225	-	327,5	-	-	-	-
Tűzfal 30			1,225	0,126	87,7	-	-	11,0	-
Tűzfal 38			1,045	0,107	28,2	-	-	3,0	-
Belső fal 50 TÉ			-	-	10,9	1,594	4,5	7,2	-
R1 - Talajon fekvő padló			-	-	86,7	-	0,0	-	-
R1 - Talajon fekvő padló			0,058852	-	178,4	-	2,9	10,5	-
R1 - Talajon fekvő padló			0,075064	-	45,7	-	1,0	3,4	-
R1 - Talajon fekvő padló			0,12334	-	30,4	-	1,2	3,8	-
R1 - Talajon fekvő padló			0,2004	-	85,2	-	6,5	17,1	-
R1 - Talajon fekvő padló			0,23866	-	434,7	-	42,3	103,7	-
R1 - Talajon fekvő padló			0,28117	-	485,4	-	59,2	136,5	-
R1 - Talajon fekvő padló			0,59841	-	11,4	-	4,4	6,8	-

Hőtároló tömegek:

Megnevezés	A [m²]	m _t [kg/m²]	M _t [t]	c [kJ/m²K]	C [MJ/K]
R2 - Külső fal 15+30+16	60,4	81	4,90	71	4,29
R2 - Külső fal 30+16	1989,3	148	294,42	131	260,60
R2 - Külső fal 30+16+burk	26,7	148	3,95	131	3,49
R2 - Külső fal 38+16	259,5	148	38,40	131	33,99
R2 - Külső fal 38+16+burk	470,8	148	69,67	131	61,67
R2 - Külső fal 50+16+burk	103,9	148	15,38	131	13,61
Belső fal 10	1383,4	85	117,59	74	102,37
Belső fal 12	75,9	98	7,44	86	6,53
Belső fal 15	288,8	115	33,21	101	29,17
Belső fal 20	3686,6	115	423,96	101	372,35
Belső fal 25	50,4	115	5,80	101	5,09
Belső fal 30	225,0	135	30,38	119	26,77
Belső fal 38	3,4	135	0,46	119	0,41
Belső fal 45	4,6	135	0,62	119	0,54
R5 - Lapostető	1585,5	467	740,42	393	623,09
R4 - Közbeneső födém	12910,0	353	4557,30	299	3860,20
Belső fal 10 FFT	224,8	85	19,11	74	16,63
Belső fal 12 FFT	9,8	98	0,96	86	0,85
Belső fal 15 FFT	26,9	115	3,09	101	2,71
Belső fal 20 FFT	94,5	115	10,87	101	9,55

Megnevezés	A	m_t	M_t	c	C
	[m ²]	[kg/m ²]	[t]	[kJ/m ² K]	[MJ/K]
Belső_fal_25_FFT	28,2	115	3,24	101	2,84
Belső_fal_30_FFT	65,0	135	8,77	119	7,73
Belső_fal_38_FFT	74,2	135	10,02	119	8,83
Belső_fal_45_FFT	32,2	135	4,35	119	3,83
Belső_fal_50_FFT	10,3	135	1,39	119	1,23
Tüzfal_15+30	310,3	83	25,76	72	22,34
Tüzfal_30	416,7	135	56,26	119	49,59
Tüzfal_38	28,2	135	3,81	119	3,35
Belső_fal_50_TÉ	10,9	135	1,46	119	1,29
R1 - Talajon fekvő padló	1357,9	447	606,96	378	513,27
Összesen	-	-	7099,90	-	6048,20

Használati feltételek szerinti zónák:

Zóna	A	θ_F	θ_H	$n_{szűk}$	V_{LT}/A	t_{nap}	N_{gy}	MV	q_b	t_0
típusa	[m ²]	[°C]	[°C]	[1/h]	[m ³ /m ² h]	[h/nap]	[nap/év]	[lx]	[W/m ²]	[h]
Lakóépület egésze	7927,7	20	26	0,50	-	24,0	365	0	5	

Hőegyensúly szerinti zónák:

A	$C_{m,eff}/A_N$	n_{fit}	n_{qfal}	Zóna
[m ²]	[kJ/m ² K]	[1/h]	[1/h]	megnevezés
7927,7	763	0,56	6,00	

Számítási zónák:

Zóna	Típusa	Hőegyensúly szerinti zóna	t_0	A	V	$C_{m,eff}$	$Q_{F,net}$	$Q_{F,net}$	$Q_{H,net}$	$Q_{H,net}$
jеле			[°C]	[m ²]	[m ³]	[kJ/m ² K]	[MWh/a]	[kWh/m ² a]	[MWh/a]	[kWh/m ² a]
F1	fűtés	7927,70 m ²	20,0	7927,724861,0		763	635,2	80,1		
H1	hűtés	7927,70 m ²	26,0	7927,724861,0		763			30,08	3,8

Fűtési rendszer

A_N :	7927.70 m ²	(a rendszer alapterülete)
$Q_{F,net,FH}$:	635247 kWh/a	(fűtés nettó hőenergia igénye)
$q_{F,net,FH}$:	80.13 kWh/m ² a	(a fűtés fajlagos nettó hőenergia igénye)

Fűtött téren kívül elhelyezett alacsony hőmérsékletű olaj- vagy gázkazán földgáz (energiahordozó típusa)

ϵ_F :	1.08	(a hőtermelő teljesítménytényezője)
$w_{F,seg}$:	0.11 kWh/m ² a	(fajlagos segédenergia igény)
$Q_{F,vég}$:	813285 kWh/a	(végső hőenergiaigény)

Szabad fűtőfelülettel rendelkező (radiátoros)

Szabályozás nélkül vagy központi előremenő hőmérséklet szabályozással, de helyiség-hőmérséklet szabályozás nélkül

$\epsilon_{F,szab,0}$: 1.149 (Hőtermelő szabályozás)

kétsővös fűtés és modernizált egysővös fűtés 70 °C/55 °C

$\epsilon_{F,szab,1}$: 0.021 (Hőmérséklet-hatás)

külsőfali radiátor

$\epsilon_{F,szab,2}$: 0.009 (Határoló szerkezet-hatás)

hálózatba integrált, képes önálló reagálásra és beavatkozásra (pl. épületfelügyeletbe kötött)

$\epsilon_{F,szab,3}$: -0.072 (Helyiség szabályozás)

Kétsővös rendszer nincs hidraulikai besabályozás

$\epsilon_{F,szab,4}$: 0.036 (Hidraulikai besabályozás)

$\epsilon_{F,szab}$: 1.143 (a besabályozás hatását kifejező korrekció)

Elosztó vezeték a fűtött téren kívül, vízhőmérséklet 70/55
 $q_{F,oszt}$: 3.40 kWh/m²a (az elosztóvezeték fajlagos vesztesége)

Fordulatszám szabályozású szivattyú, hőlépcső 15 K
 $w_{F,oszt}$: 0.21 kWh/m²a (a keringtetés fajlagos energia igénye)

Elhelyezés a fűtött térben, vízhőmérséklet 55/45
 $q_{F,tér}$: 0.00 kWh/m²a (a hőtárolás fajlagos vesztesége és segédenergia igénye)
 $w_{F,tér}$: 0.05 kWh/m²a

Energiafelhasználás

$W_{F,vég}$: 2925 kWh/a (segédenergia igény)
 $E_{F,vég}$: 813285 kWh/a (végenergiaigény) foszilis gáz

Indikátorok

$E_{F,ren,tbj}$: 102.41 kWh/m²a (nem megújuló primerenergia igény)
 $E_{F,ren,tbj}$: 0.11 kWh/m²a (megújuló primerenergia igény)
 $E_{F,tot,tbj}$: 102.52 kWh/m²a (teljes primerenergiaigény)
 $E_{F,CO_2,tbj}$: 27.59 kgCO₂/m²a (CO₂ emisszió)

Melegvíz-termelő rendszer

A_N : 7927.70 m² (a rendszer alapterülete)
 q_{HMV} : 30.00 kWh/m²a (a melegvíz készítés nettó energia igénye)

Alacsony hőmérsékletű olaj- vagy gázkazán
földgáz (energiahordozó típusa)
 ϵ_{HMV} : 1.10 (a hőtermelő teljesítménytényezője)
 $w_{HMV,seg}$: 0.05 kWh/m²a (fajlagos segédenergia igény)
 $Q_{HMV,vég}$: 303001 kWh/a (végső hőenergiaigény)

Elosztó vezeték a fűtött téren kívül, cirkulációval
 $q_{HMV,s}$: 13.00 % (a melegvíz elosztás fajlagos vesztesége)

$w_{HMV,oszt}$: 0.22 kWh/m²a (a cirkulációs szivattyú fajlagos energia igénye)

Elhelyezés a fűtött téren kívül, indirekt fűtésű tároló
 $q_{HMV,t}$: 2.40 % (a melegvíz tárolás fajlagos vesztesége)

Energiafelhasználás

$W_{HMV,vég}$: 2125 kWh/a (segédenergia igény)
 $E_{HMV,vég}$: 303001 kWh/a (végenergiaigény) foszilis gáz

Indikátorok

$E_{HMV,ren,tbj}$: 38.45 kWh/m²a (nem megújuló primerenergia igény)
 $E_{HMV,ren,tbj}$: 0.08 kWh/m²a (megújuló primerenergia igény)
 $E_{HMV,tot,tbj}$: 38.54 kWh/m²a (teljes primerenergiaigény)
 $E_{HMV,CO_2,tbj}$: 10.34 kgCO₂/m²a (CO₂ emisszió)

Világítási rendszer

A_N :	7927.70 m ²	(a rendszer alapterülete)
MV:	200 lx	Hotelszoba
FH:	120.0 lm/W	LED
η_{vi} :	0.50	LED esetén minden változatban
F_R :	1.00	Nem dimmelhető világítási rendszer
F_{kibocs} :	0.00	Hotel, Étterem
F_{szab} :	1.00	Kézi be- és kikapcsolás
t_{mappai} :	3000 h/a	Hotel
t_{tjei} :	2000 h/a	
F_{mappai} :	0.45	Homlokzati üvegezési arány 40% - 80% között
$W_{vész}$:	1.0 kWh/m ² a	(vészvilágítás energiaigénye)

Energiafelhasználás

$E_{V,vég}$:	96454 kWh/a	(végenergiaigény) villamos energia
---------------	-------------	------------------------------------

Indikátorok

$E_{V,ren,faj}$:	27.98 kWh/m ² a	(nem megújuló primerenergia igény)
$E_{V,ren,faj}$:	3.65 kWh/m ² a	(megújuló primerenergia igény)
$E_{V,tot,faj}$:	31.63 kWh/m ² a	(teljes primerenergiaigény)
$E_{V,CO_2,faj}$:	5.54 kgCO ₂ /m ² a	(CO ₂ emisszió)

Épülettechnikai rendszerek értékelése:

Megnevezés	$E_{úren}$ [kWh/a]	$E_{úren,ref}$ [kWh/a]	$E_{úren}/E_{úren,ref}$ [%]	Minősítés
Fűtési rendszer	8,1188E05	6,6665E05	121,8	gyenge
Használati melegvíz ellátó rendszer	3,0486E05	3,0247E05	100,8	közepes
Beépített világítás	2,2184E05	2,2184E05	100,0	jó

Az épület(rész) összesített energetikai jellemzője

$$E_{úren} = E_{F,úren} + E_{HMV,úren} + E_{LT,úren} + E_{H,úren} + E_{vill,úren} + E_{exp,úren} = 102,41 + 38,45 + 0 + 0 + 27,98 + 0$$

$E_{úren,faj}$:	168.85 kWh/m ² a	(az összesített energetikai jellemző számított értéke)
$E_{úren,faj,max}$:	111.45 kWh/m ² a	(megengedett értéke jelentős felújítás esetén)
$E_{úren,faj,max}$:	76.00 kWh/m ² a	(megengedett értéke új épületekre)

Az épület(rész) fajlagos szén-dioxid-kibocsátása

$$E_{CO_2} = E_{F,CO_2} + E_{HMV,CO_2} + E_{LT,CO_2} + E_{H,CO_2} + E_{vill,CO_2} + E_{exp,CO_2} = 27,59 + 10,34 + 0 + 0 + 5,54 + 0$$

$E_{CO_2,faj}$:	43.46 kg/m ² a	(a fajlagos szén-dioxid-kibocsátás számított értéke)
$E_{CO_2,faj,max}$:	20.00 kg/m ² a	(megengedett értéke új épületekre)

Becsült éves fogyasztás energiahordozók szerint

Energiahordozó típusa	E [MWh/a]	H	F [a]	á	K [eFt/a]
elektromos áram	101,50	-	101,50 MWh	-	10150,40
földgáz	1116,30	36000 kJ/m ³	1,1163E05 m ³	-	803726,00
Összesen					813876,00

A referencia épület adatai

Épület

Külső falak hőhidasságának jellege: erősen

Tető hőhidasságának jellege: erősen

Tömítetlenségből származó légcseres növekedés: 0,06 (nyílászárók több homlokzaton, vagy szellőzőkürtő)

A fűtési rendszer

Hőtermelő a fűtött téren kívül

Elosztóvezetékek a fűtött téren kívül

Hőleadók száma maximum 10

A melegvíz termelő rendszer

Elosztóvezetékek a fűtött téren kívül

A hűtési rendszer

Hűtőgép teljesítmény tényezője: levegő-víz hűtőgép, névl. telj. < 400 kW, SEER: 3,8

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**

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Dian Csenge Márta
A Hallgató Neptun kódja: XOUSAS
A dolgozat címe: Felsőoktatási épület energetikai vizsgálata
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest 2024.04.15



Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

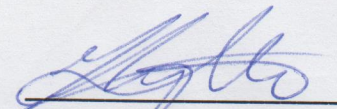
NYILATKOZAT

Dian Csenge Márta (hallgató Neptun azonosítója: XOUSAS) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: Gödöllő, 2024.04.18.


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.