

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

REUTER ÁKOS, VASS VENDEL

LAKÓÉPÜLETEK ENERGIAELLÁTÁSI  
ALTERNATÍVÁINAK ÉRTÉKELÉSE

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA  
DOLGOZAT

Témavezető:

*Dr. Bokor Balázs*

adjunktus

BME Gépészmérnöki kar

Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék

Pécs, 2023.

## Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani elsősorban Dr. Bokor Balázs Adjunktus Úrnak, akinek az épületenergetikai tudásának átadása nélkül nem jöhetett volna létre tudományos diákköri konferencia dolgozatunk. Meg szeretnénk köszönni Kilián Balázsné Raics Katalin tanárnőnek, hogy figyelmünkbe ajánlotta ezt a lehetőséget és el nem múltó érdeklődését fejezte ki a munkánkkal kapcsolatban.

# Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	5
2. A házak bemutatása.....	6
2.1. <i>Klasszikus családi ház</i> .....	6
2.2. <i>Modern ház</i> .....	9
3. Az épületek hőszükséglete és kiszámítása.....	11
3.1. <i>A számítás módszertana</i> .....	11
4. Eredmények.....	13
4.1. <i>Különböző fűtési alternatívák összevetése</i> .....	13
4.1.1. <i>Klasszikus családi ház</i> .....	13
4.1.1.1. <i>Gázkazán</i> .....	13
4.1.1.2. <i>Fatüzelésű kazán</i> .....	16
4.1.1.3. <i>Pellet kazán</i> .....	16
4.1.1.4. <i>Hőszivattyú</i> .....	17
4.1.2. <i>Modern ház</i> .....	18
4.1.2.1. <i>Gázkazán</i> .....	18
4.1.2.2. <i>Fatüzelésű kazán</i> .....	19
4.1.2.3. <i>Pellet kazán</i> .....	19
4.1.2.4. <i>Hőszivattyú</i> .....	19
5. Eredmények kiértékelése.....	20
5.1. <i>Hővesztések összevetése</i> .....	20
5.2. <i>Hővesztés, hőnyereség összehasonlítása</i> .....	21
5.3. <i>Hőtermelők összevetése</i> .....	23
6. A kutatómunka folytatása.....	28
7. Felhasznált források.....	28

## Jelölések jegyzéke

$T_{k\ddot{u}ls\ddot{o}}$	levegő külső hőmérséklete (Pécs)	°C
$T_{b\ddot{e}ls\ddot{o}}$	belső hőmérséklet (20°C)	°C
$I$	Napsugárzás intenzitása	W/m <sup>2</sup>
$U$	Hőátbocsátási tényező	W/m <sup>2</sup> K
$\dot{Q}$	Hőáram	W
$V$	Térfogat	m <sup>3</sup>
$A$	Felület	m <sup>2</sup>
$\eta$	Kazánok hatásfoka	[1]

# 1. Bevezetés

Az elmúlt évek, valamint napjaink egyik legkomolyabb problémája minden háztartásban, intézményben vagy munkahelyen az energiaellátás. A különböző globális események miatt megnövekedtek az energiaárak és mindenki a legtakarékosabb módszert keresi ennek megoldására. Az Európai Unióban az épületek fogyasztják el az energia 40%-át, emiatt rengeteg épületenergetikai korlátozást vezettek be a lehető legnagyobb energiamegtakarítás érdekében. Ezen megszorítások főként az épületek energiatechnikai minőségét, valamint hatékony hőtermelését kéri számon.

Dolgozatunk is ezt a témakört járja körbe egy hétköznapi példa segítségével. Két különböző időben és technológiával épült családi házat hasonlítottunk össze fűtési módszer, és annak hatékonysága szempontjából. Az egyik egy klasszikus családi ház, amelynek egy vegyestüzelésű kazán szolgáltatja az energiaellátását, a másik pedig egy új építésű ház, gázfűtéssel. Emellett elméletben megvizsgálunk különböző fűtési alternatívákat, a két házra levetítve. Kutatásunk célja, hogy az épületszerkezeti minőség, a hőtermelő fajtája és az energiafelhasználás közötti kapcsolatot bemutassuk.

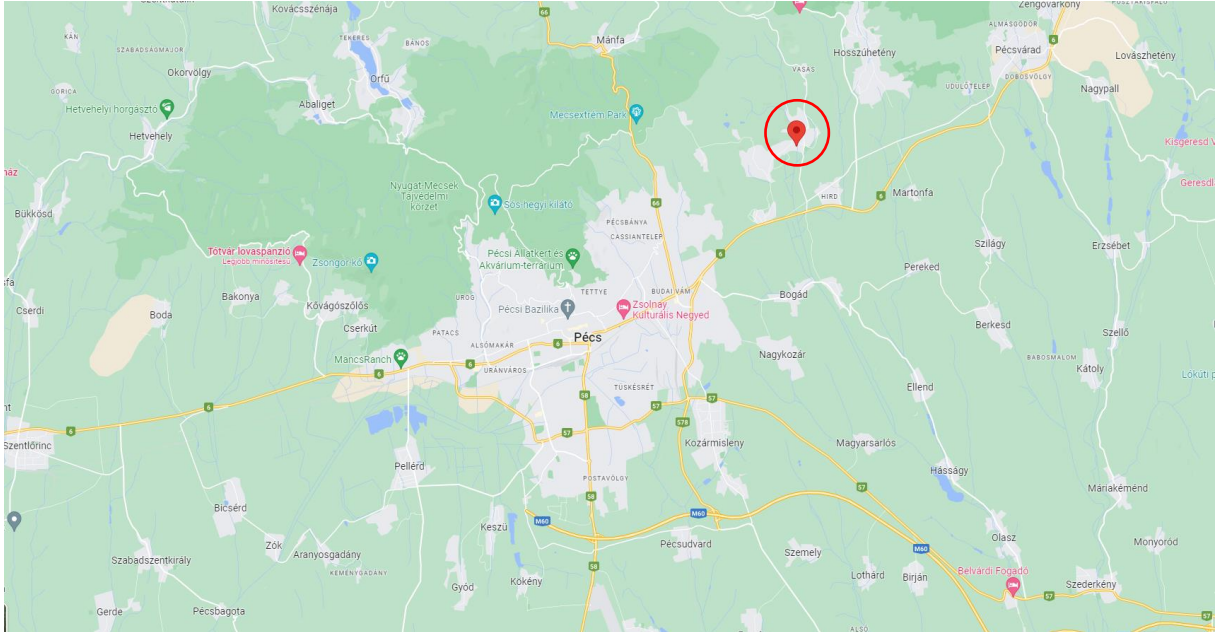
A második fejezet a két ház bemutatásával foglalkozik. Megnéztük az ingatlanok területi elhelyezkedését, tájolását. A tervek alapján megvizsgáltuk az épületek szerkezeti felépítését, a különböző építési technológiákat és anyagokat, a nyílászárókat és szigeteléseket, valamint az energiaellátást biztosító kazánokat.

A harmadik fejezetben az vizsgáljuk, hogy éves szinten mennyi az ingatlanok fűtési energiafelhasználása. Ehhez szükségünk volt a házak transzmissziós és filtrációs hővesztésére, valamint a napsugárzásból származó hőnyereségre. Ezt követően a negyedik fejezetben négy fajta hőtermelőt hasonlítottunk össze, egy gázkazánt, fatüzelésű kazánt, pelletkazánt, valamint egy hőszivattyút. A kapott adatok ismeretében, az ötödik fejezetben, összevetjük, hogy energiatakarékossági és pénzügyi szempontból, melyik a legkifizetődőbb alternatíva. A hatodik fejezet egy összefoglalást ad a munkánk eredményeiről és azok kiértékeléséről, emellett a kutatásunk következő céljaival foglalkozik.

## 2. A házak bemutatása

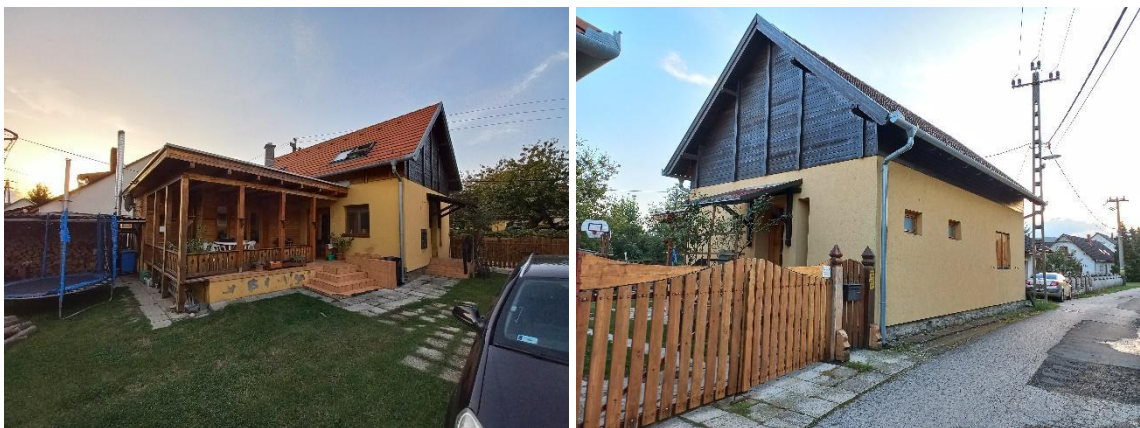
### 2.1. Klasszikus családi ház

A házunk, egy Pécs agglomerációjában található, klasszikus építésű családi ház. Az épület munkálatai 2009-ben fejeződtek be.



1. ábra A klasszikus ház helyzete Pécs Vasason

A hasznos, lakható rész alapterülete  $61,72 \text{ m}^2$ , valamint ehhez tartozik még egy terasz és egy kazánház. A földszinten található az egybenyitott nappali-konyha-étkező rész, egy előszoba, mosdó, fürdő- és hálószoba. Az első szintre egy lépcső vezet fel, ahol két azonos nagyságú gyerekszoba, és egy ruhatároló szoba található. A nyeregtetős kialakítás miatt az első szint felett helyet kapott a padlás is. Az építkezéskor, az alapvetően nyeregtetővel rendelkező házhoz hozzá lett építve egy lapostető, ami lefedi a nappalit, valamint a külső teraszt.



2. ábra A klasszikus családi ház

Az épület falazata és tetőszerkezete, a toldásokból fakadóan két-két különböző épületszerkezeti minőségben készült, az eredeti ház vályogból épült, valamint a hozzá tartozó sátoertő égetett agyagcseréppel lett lefedve. A később hozzáépült rész, pedig egy könnyűszerkezetes fa burkolatú, kőzetgyapot hőszigeteléssel ellátott toldalék, lapostetővel. Ebből az anyagbéli különbségből fakadóan, a tervek alapján, különböző U értékkel (hőátbocsátási tényezőkkel) számoltunk az adott felületet nézve. A vályogfalhoz tartozó U érték 0,19 W/m<sup>2</sup>K, a könnyűszerkezetű vázé 0,22 W/m<sup>2</sup>K, a cseréppel fedett tetőfelületnek szintén 0,22 W/m<sup>2</sup>K, a lapostetőnek pedig 0,27 W/m<sup>2</sup>K. Emellett megkülönböztettük az üveggel, valamint a földön fekvő padlóval fedett felületeket, az ehhez tartozó U érték a padló esetében 0,85 W/m<sup>2</sup>K. Az ablakokat nézve, tájolás szerint minden homlokzatokhoz más-más U érték tartozik. A déli, keleti, valamint a szintén déli oldalon fekvő, ferdetető elhelyezkedő ablakoknak, 1,282 W/m<sup>2</sup>K, míg az északi oldalon 2,1 W/m<sup>2</sup>K.

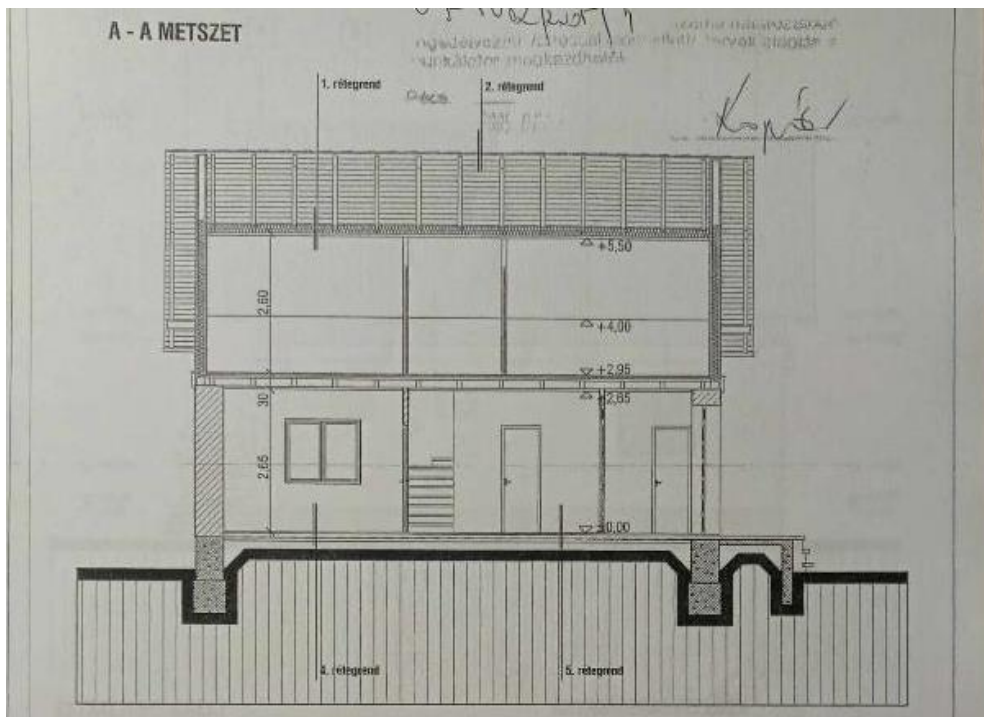
A házhoz nincs bekötve központi gáz, ezért a fűtést, valamint a víz melegítését egy Viadrus U22-es típusú vegyestüzelésű kazán szolgáltatja. A fűtéshez szükséges faanyagot az árpádtetői erdészettől vásároljuk.



3. ábra Viadrus U22-es típusú vegyestüzelésű kazán

A ház hat rétegrenddel rendelkezik. Az 1. tető rétegrendbe tartozik a padlás kiszellőztetett légtére, 15\*7,5 cm élére állított pallóváz, közte 15 cm kőzetgyapot hőszigetelés. Az egy réteg páraáteresztő PVC fólia felett egy lécváz, majd egy réteg 1,25 cm vastag gipszkarton burkolat helyezkedik el. A 2. rétegrend tartalmazza a téglavörös, égetett tetőcserépréteget, egy cserép, valamint ellenléceezést, egy réteg PVC tetőfóliát és a 15\*7,5 cm vastag szaruzatot. A 3. rétegrend megegyezik az 1. rétegrend felépítésével. A 4. réteg felülről lefele haladva: laminált

parketta, egy alátétfilc réteg, 6 cm úsztatott beton, 5 cm lépésálló hőszigetelés, 1 réteg talajnedvesség elleni szigetelés, 6 cm szerelőbeton, benne acélhálóval, valamint alatta 15 cm kavicsfeltöltés található. Az 5. rétegrend csak a legfelső kerámia lapburkolatban, valamint az alatta elhelyezkedő 1 réteg csemperagasztóban tér el a 4. rétegrendtől. Az utolsó, 6. rétegrend tartalmaz 1 réteg 1,25 cm-es gipszkarton burkolatot, 1 réteg párazáró PVC fóliát, egy lécvázat, 20\*7,5 cm élére állított gerendavázat, közte kőzetgyapot hőszigetelést, majd 5 cm vastag kiszellőztetett légrést, szintén 1 réteg párazáró fóliát, OSB burkolatot, tapadóhidat, valamint 1 réteg palazúzalékos vastaglemez vízszigetelést. Emellett az épület fa nyílászárókkal van ellátva. A kiszámolt adatok alapján megbecsültük a házak primer energiafogyasztását, ami 191,8 kWh/m<sup>2</sup>\*év. Az echoteam besorolása alapján az épület EE energiatanúsítványt kaphatna.

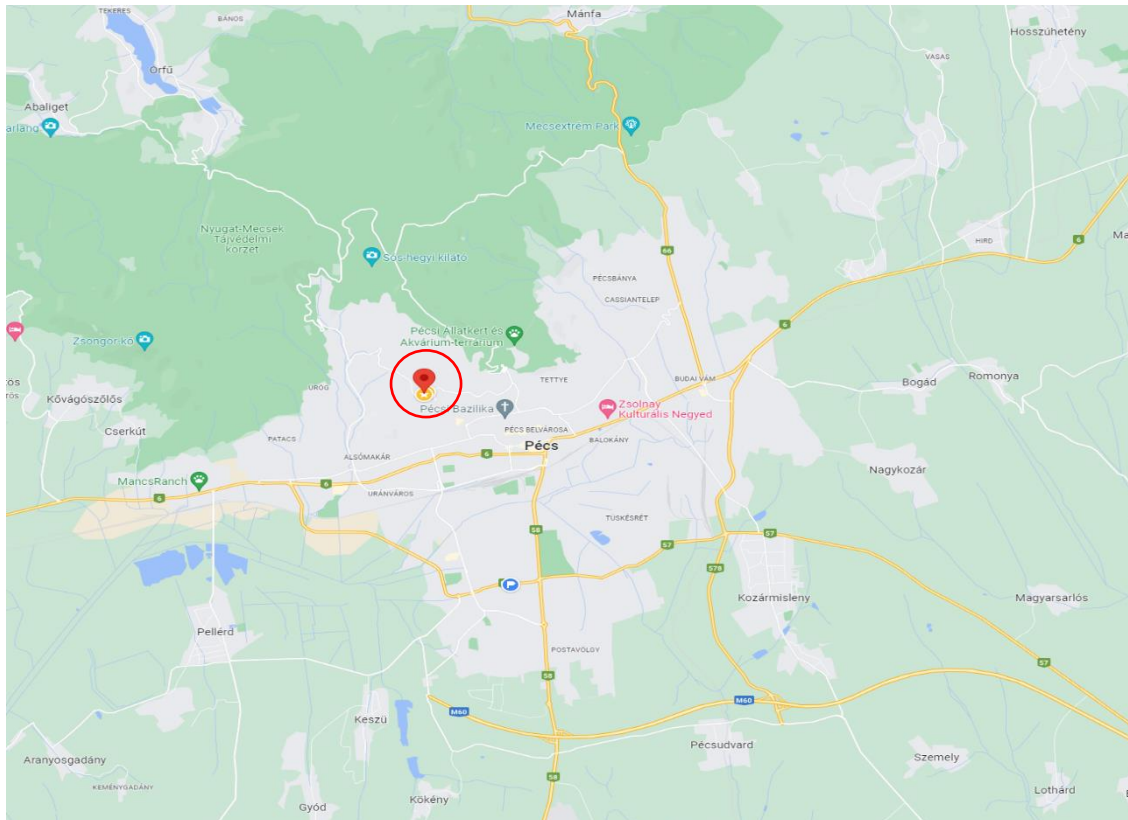


4. ábra A családi ház rétegrendjei



## 2.2. Modern ház

A modern családi ház Pécs egy gyorsan növekedő területén található 2 szintes ház, a Mecsekoldalon. A munkálatokat 2017-ben kezdték, 2019-ben fejezték be.



5. ábra A modern ház helyzete Pécsen

A ház modern stílusú lapos tetővel ellátott déli-délnyugati oldali hatalmas 15,3 m<sup>2</sup> -es ablakfelülettel rendelkező ház. A ház tájolása északról nyugat felé 30° -ban eltér a tökéletes észak-dél tájolástól. A fűtést egy gázkazán látja el padlófűtésen keresztül. Modern ház lévén a ház geometriája egyszerű, viszonylag kevés lehülő felületeket tartalmaz. Se pince, se padlás nem épült hozzá. Az alsó szinten egybeépített amerikai stílusú nappali, konyha és egy vendégszoba kapott helyet. A felső szinten található 3 hálószoba.



6. ábra A modern ház

A házon belül a fűtést egy Brötje Heizung PWHC típusú gázkazán látja el. Az egész földszinti részén és a felső szinten is padlófűtés található.

A modern ház hőszigetelése a közel nulla energiafogyasztású követelményszintnek megfelelő. A homlokzati falon  $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$  az U értéke, a lapostetőn  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ , míg az ablakoké  $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

A két ház szerkezetileg és anyaghasználat szempontjából is eltérő. Míg a klasszikus családi ház sátoztetővel és fa nyílászárókkal épült, addig a modern ház lapos tetővel és PVC nyílászáróval. A klasszikus ház teljes lehűlőfelülete  $259,65 \text{ m}^2$ , amiből az üveg  $16,54 \text{ m}^2$  (6,37% üveg). A modern ház a maga  $191,5 \text{ m}^2$ -es lehűlőfelületével, amiből  $24,7 \text{ m}^2$  ablakfelület, (12,9% ablakfelület) sokkal nagyobb napsugárzásból származó hőnyereséget enged hasznosulni. Számításaink során azt várjuk, hogy ezen adatok ismeretében megmutatkozzon a két ház fűtési igényének és hosszának a különbsége.

A modern ház esetében a megbecsült primer energiafogyasztás  $86,2 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{év}$ . Besorolás alapján a ház BB energiatanúsítványt kaphatna.



7. ábra Brötje Heizung PWHC típusú gázkazán

### 3. Az épületek hőszükséglete és kiszámítása

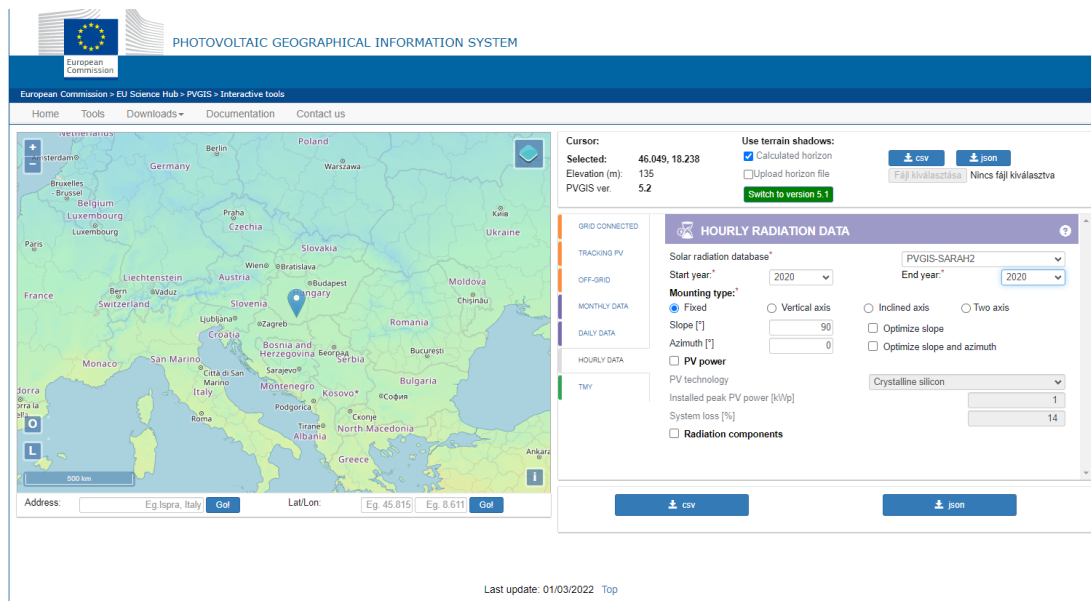
#### 3.1. A számítás módszertana

Számításainkat a házak különböző geometriájának a kiszámításával kezdtük. Ehhez a tervrajzok elemzését, illetve a valóságban végrehajtott pontos méréseket használunk. Ezeket tájolás szerint felbontottuk. Segítségünkre volt a Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) adatbázisa (4.), a Pécsen mért hőmérsékleti és napsugárzási értékek meghatározásához. A PVGIS honlapról letölthető a felhasználó által megadott földrajzi koordinátára a tipikus meteorológiai év adatsora, illetve az általunk definiált tájolású és dőlésszögű felületre számított napsugárzásintenzitás.

A nekünk szükséges sugárzási adatok meghatározásához megadtuk Pécsset, mint vizsgált területet. Az üveggel rendelkező homlokzati felületeknek, mivel itt számottevő a sugárzás



mértéke, pedig beállítottuk a pontos dőlésszögét és tájolását. Időintervallumnak a 2020-as évet választottuk, mivel az adatbázisban ezek az elérhető legfrissebb értékek, melynél órákra lebontva kértük le az adatokat. Az órás felbontás azért volt fontos, mivel a sugárzás gyorsan változik és ezáltal könnyen kompenzálhatja a fűtési hőszükségletet. Az így kapott adathalmazt az Excel segítségével felbontottuk, és megkaptuk a globális sugárzás mértékét  $W/m^2$ -ben.



8. ábra A PVGIS kezelőfelülete (4.)

A napsugárzás épületek energiamérlegében történő hasznosulása párhuzamba állítható, a mindennapokban is sokat emlegetett üvegházhatás jelenségével. Ahogy a bolygó atmoszférája csapdába ejti az infrasugarakat, a ház esetében az ablakok tartják bent a napból származó hőt, ezzel melegítve az épület belső tereit.

A PVGIS rendszere egy általa megadott óránkénti külső átlaghőmérséklettel számol, ezért a további számításainknál mi is ezeket az értékeket használtuk. Belső szobahőmérsékletnek mindkét ház esetében a  $20^{\circ}C$ -ot tekintettük.

Ezen adatok ismeretében képesek voltunk kiszámítani az épületek fűtési igényeit. A ablakfelületekre vett sugárzási mennyiségeket összeadtuk, és így megkaptuk az épületek összes hőnyereségét órákra lebontva. A különböző anyagból és technológiával készült fal-, tető-, ablak- és földön fekvő padlófelületeket összepárosítottuk, és megszoroztuk, a tervekben megadott, hozzájuk tartozó hőátbocsátási tényezőkkel. A kapott értékeket megszoroztuk a külső és belső hőmérsékletek különbségével, ezáltal meghatároztuk a házak, transzmissziós hőveszteségét. Az épület a csukott ablakok mellett beszivárgó külső levegő végett egy úgynevezett filtrációs hőveszteséggel is rendelkezik. Az összes hőveszteség ( $\Sigma Q_{veszteség}$ ),

valamint az összes hőnyereség ( $\Sigma Q_{nyereség}$ ) különbsége megadja azt a hőszükségletet ( $Q_{mérés}$ ), amit ki kell termelnünk a házak kifűtéséhez.

$$\dot{Q} = A * U * \Delta T$$

$$Q = (V_{ház} * n * \Delta T * \rho_{levegő} * c_{levegő})$$

Számításaink során kiszűrtük azokat az időpontokat amikor a külső hőmérséklet  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$  fölött volt, ugyanis az épületek fűtési határhőmérséklete Magyarországon  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## 4. Eredmények

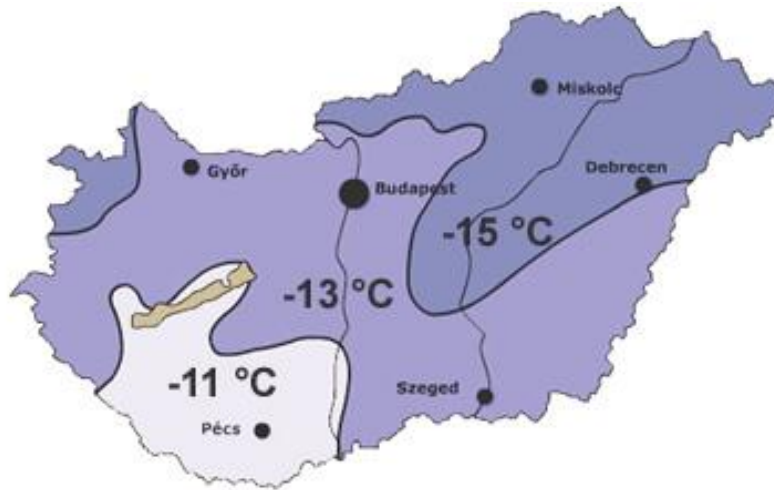
### 4.1. Különböző fűtési alternatívák összevetése

Munkánk során a háztartásokban megtalálható legáltalánosabb fűtési módszereket vizsgáltuk meg. Egy gázkazán, egy fatüzelésű kazánt, egy pelletkazánt, valamint egy hőszivattyút vetettünk össze, a két házra levetítve, hogy egy fűtési szezon alatt melyik alternatíva a leghatékonyabb, mind fűtési energiafogyasztás, és mind fűtési költség szempontjából.

#### 4.1.1. Klasszikus családi ház

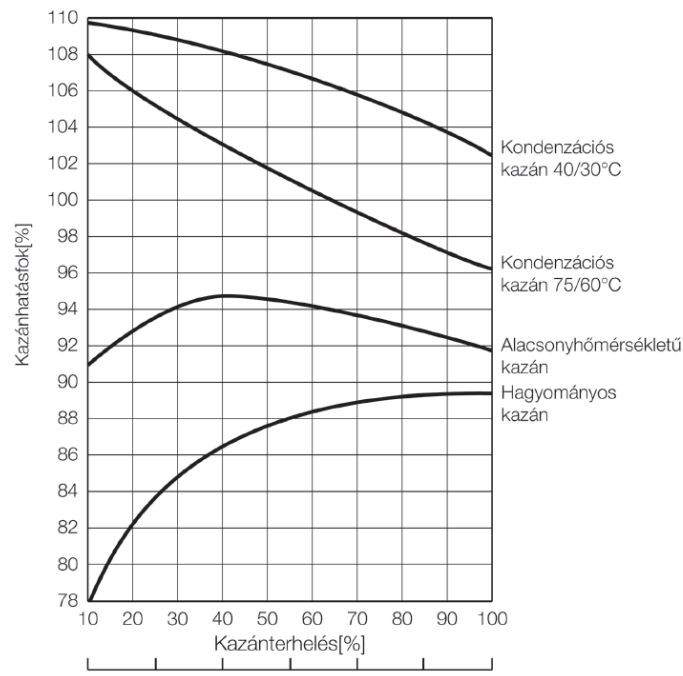
##### 4.1.1.1. Gázkazán

Mivel a ház alapvetően fatüzelésű kazánnal rendelkezik, ezért a vizsgált gázkazán teljesítményének a valóságnak megfelelő  $24\text{ kW}$ -t vettünk. Első lépésnek meghatároztuk a ház névleges hőigényét, ami megadja, hogy a házhoz beépített kazánnak mennyi maximális hőszükségletet kell tudnia kielégíteni. Magyarország három régióra van felosztva méretezési külső hőmérséklet szempontjából. Pécs ezek közül a legdélebben fekvő szekcióban található, ahol a lehető legalacsonyabb külső hőmérséklet  $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$  (9. ábra). A kész táblázatunkba ezt az adatot behelyettesítettük és a fent említett számítási módszer alapján megkaptuk a családi ház névleges hőigényét, ami  $9,409\text{ kW}$ .



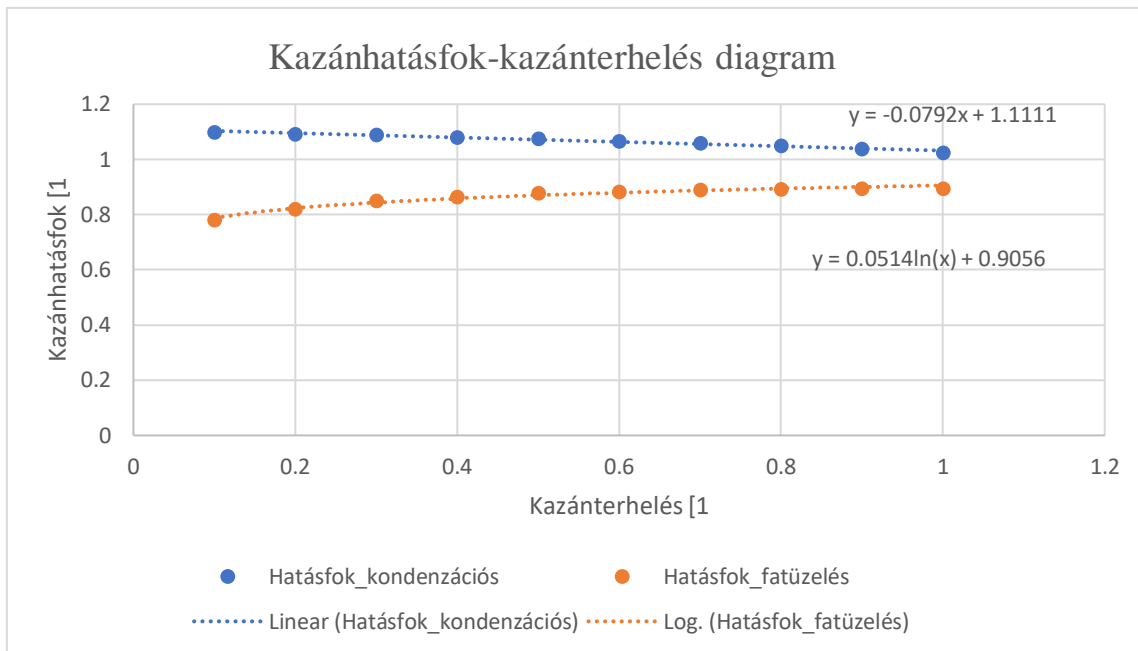
9. ábra Magyarország külső méretezési hőmérsékletei (1.)

Ezek után kiszámoltuk a kazánterhelést, minden fűtési órára lebontva. A  $Q_{\text{mérleg}}$ -et megszoroztuk a kazán kW-ban mért teljesítményével (24 kW). Majd a (10. ábra) diagram alapján meghatároztuk a különböző terhelésekhez tartozó kazánhatásfokokat. Kondenzációs kazán esetében a legfelső görbét vettük figyelembe tekintettel a felületfűtés alacsony hőmérsékletére. Fatüzelésű kazánhoz pedig a hagyományos kazán hatásfokgörbéjét, tekintve, hogy a fatüzelésű kazánok nem képesek kondenzációra.



10. ábra Kazánhatásfokok változása a kazánterhelés függvényében (2.)

A kapott adatokat az Excel segítségével felvittük egy pontdiagrammba (11. ábra), majd a pontokra illesztettünk egy trendvonalat. A kapott trendvonal egyenletéből meghatároztuk a függvényt, amit beillesztettünk a táblázatba és ezáltal a kazán hatásfokát megkaptuk órákra lebontva a terhelés függvényében. Így a fogyasztásban egy sokkal pontosabb végeredmény kapunk.



11. ábra Kondenzációs és fatüzelésű kazán hatásfokainak összevetése, a kazánterhelés függvényében

A  $Q_{\text{mérleg}}$ , valamint a kapott hatásfokértékek hányadosaként megkaptuk a kazánba, gázzal bevezetett energia ( $Q_{\text{bevezetett}}$ ) nagyságát. A  $Q_{\text{bevezetett}}$ , valamint a gáz fűtőértéke ( $9,44 \text{ kWh/m}^3$ ) hányadosa, pedig megmutatja, hogy hány köbméter gázt éget el a kazán óránként a ház kifűtéséhez. A gáz rezsicsökkentett köbméternyi egységárát az MVM adatbázisából határoztuk meg (5.), ami  $99,9 \text{ Ft/m}^3$ . Összeadva a felhasznált köbmétereket, kiszámítottuk, hogy a családi ház éves szinten  $1857 \text{ m}^3$  gázt égetne el. A rezsicsökkentett ár, viszont csak évi  $1500 \text{ m}^3$  felhasznált földgázig érvényes, ezért a ház esetében fennmaradó  $357 \text{ m}^3$ -t a versenypiaci áron kell számítani és befizetni, amely szintén az MVM adatai alapján (5.)  $767,2 \text{ Ft}$ . Ehhez az összeghez még hozzáadódik az MVM által meghatározott használati alapidő, ami évenként  $1446 \text{ Ft}$ . Az így kapott végösszeg  $425186 \text{ Ft}$ .

#### 4.1.1.2. *Fatüzelésű kazán*

Az épület egy Viadrus U22-es típusú vegyestüzelésű kazánnal rendelkezik, melynek teljesítménye 22 kW (10.). A kazánterhelést, szintén a 10. ábra alapján határoztuk meg majd a (11. ábra) diagrammon ábrázolva felvezettük a táblázatba a kazán hatásfokát a termelés függvényében. A fent említett módszer alapján kiszámoltuk a  $Q_{\text{bevezetett}}$  nagyságát. Leggyakrabban bükkfát szoktunk használni a fűtőanyagként, ezért számításainkba is ezzel dolgoztunk. A bükk fűtőértéke  $2046 \text{ kWh/m}^3$ , valamint az erdei köbméternyi egységára a Mecsekerdő Zrt. adatai alapján 38100 Ft (7.). Az erdészetek által használt erdei köbméter nagysága  $1*1*1,7 \text{ m}$ , ezért ezt a mértékegységet át kellett számolnunk az SI mértékegységrendszerben használt köbméterbe a további pontos számítások érdekében. Az így kapott köbméternyi ára a bükkfának 22098 Ft. A kapott adatokból kiszámítottuk az elhasznált fa mennyiségét és piaci árát, órákra, majd az egész évre tekintve. A ház egy év során  $10,25 \text{ m}^3$  fát használ el fűtésre, aminek költsége 226627 Ft.

#### 4.1.1.3. *Pellet kazán*

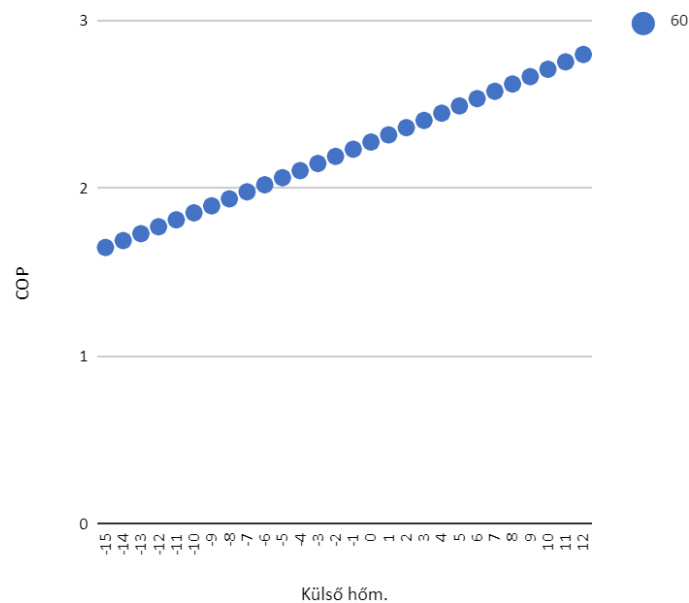
A pellet kazánt teljesítmény szempontjával azonos nagyságú, mint a fatüzelésű kazán, 22 kW. Ebben az esetben is a hagyományos kazánokhoz tartozó kazánterhelési értékeket vettük alapul (10. ábra), majd meghatároztuk a hatásfok értékeket, ennek függvényében. Ezt megszorozva a ház hőszükségletével, megkaptuk az óránkénti bevezetett energiát, majd az értékeket elosztottuk a pellet fűtőértékével, ami  $3000 \text{ kWh/m}^3$ . Így meghatároztuk, hogy hány köbméter fűtőanyagot éget el a kazán. Ebből kiszámítottuk, hogy az épület éves fűtőanyag használata  $6,99 \text{ m}^3$ . A Tüzelő Depó pelleteket forgalmazó cég árai alapján meghatároztuk a pellet egységárát (8.), ami  $55250 \text{ Ft/m}^3$ . Ezt megszorozva a felhasznált pelletmennyiséggel, megkaptuk, hogy az épület éves fűtésköltsége 386434 Ft.



#### 4.1.1.4. Hőszivattyú

A hőszivattyú esetén, mivel nem beszélhetünk kazánterhelésről, egy úgynevezett COP értékkel számoltunk. A COP egy teljesítménytényező, ami a hőszivattyú által kiadott hasznos fűtési teljesítmény és a bevezetett villamos teljesítmény hányadosa.

A következő diagrammon (12. ábra) látható függvényt bevezetve a táblázatunkba, megkaptuk a szükséges COP adatokat a külső hőmérséklet függvényében. Majd ebből a fenti képlet segítségével meghatároztuk a bevezetett villamosenergia nagyságát órákra lebontva.



12. ábra Hőszivattyú teljesítménytényezőjének alakulása a külső hőmérséklet függvényében (3.)

Az E.ON hivatalos adatai alapján (6.) a villamosenergia egységára 35,128 Ft/kWh. Ezt megszorozva a bevezetett villamosenergiával, kiszámoltuk az óránkénti, majd éves költséget. A kapott összeghez hozzáadódik az E.ON által kiszabott alapdíj, ami 1246 Ft/év. A hőszivattyúval való fűtés esetén a ház éves fűtési költsége 203914 Ft.

#### 4.1.2. Modern ház

##### 4.1.2.1. Gázkazán

A gázkazánnak a modern házban található Brötje Heizung PWHC 28 kW névleges teljesítménnyel rendelkező kazánt vettük (9.), ami bőven kielégíti a ház 6,352 kW maximális hőigényét. Ez a típus egy kondenzációs gázkazán mely az égés során keletkezett meleg levegőből képes kinyerni a vizgőzt és visszaforgatni a kazánban lévő víz melegítéséhez. Ennek köszönhetően a kazán névleges hatásfoka nagyobb lehet 100%-nál [1]. A fűtési igényt órákra lebontva számoltuk.

$$(Q_{\text{transzmissziós}} + Q_{\text{filtrációs}}) - Q_{\text{nyereség}} = Q_{\text{mérleg}}$$

Következő lépésben a kazán hatásfokához mérten (10. ábra), számoltuk ki a fűtéshez szükséges kazáneljesítmény óránkénti szükséges hőtermelését.

$$\frac{Q_{\text{mérleg}}}{\eta_{\text{kazán}}} = Q_{\text{bevezetett}}$$

Tudjuk hogy a gáz fűtőértéke  $H_{\text{földgáz}} = 9,44 \text{ kW/m}^3$ .

$$\frac{Q_{\text{bevezetett}}}{H_{\text{földgáz}}} = V_{\text{földgáz}}$$

A számítások során az MVM 2023. évi gáz ár adataival (5.), illetve rendelkezésre álló gázszámlákkal számoltunk.

A meghatározott fűtési igény alapján a modern ház 1218,7 m<sup>3</sup> gázt használ egy évben, ami 144954 forintnak felel meg szolgáltatói alapidjával együtt, a fűtési szezon pedig 3963 óra. Ezt a ház egyszerű geometriájának és korszerű nyílászáróinak, valamint a ház homlokzati felületének jelentős részét kitevő üvegfelületnek köszönheti.

#### 4.1.2.2. *Fatüzelésű kazán*

A modern ház esetében, a családi házban található Viadrus U22-es típusú vegyestüzelésű kazán specifikációival (10.), valamint fűtőanyagként szintén a bükkfával számoltunk. Az családi háznál használt számítási módszer alapján meghatároztuk az épület által használt éves famennyiséget, ami 4,39 m<sup>3</sup>. A bükkfa köbméternyi árával beszorozva (7.), az háztartás éves költsége fatüzelés esetén 97010 Ft.

#### 4.1.2.3. *Pellet kazán*

A számítások áttekinthetősége végett, ebben az esetben is azonos kazántípust használtuk mindkét háznál. A pellet egységára, fűtőértéke szintén megegyezik a családi háznál vett adatokkal. A pellet kazánál alkalmazott számítási módszert felhasználva, a kapott értékek alapján a modern ház éves fűtőanyagszükséglete 2,99 m<sup>3</sup>. Ezt megszorozva az egységárra, a teljes költségünk éves szinten 165197 Ft lenne.

#### 4.1.2.4. *Hőszivattyú*

A hőszivattyú fűtési teljesítményét befolyásolja a pillanatnyi COP értéke.

Ez megmutatja hány kWh villamosenergia felhasználása képes kielégíteni a fűtési igényeit a háznak, függ a külső hőmérséklettől. A COP értékek ismeretében (10. ábra) képesek voltunk kiszámítani mennyi villamos energiát használna.

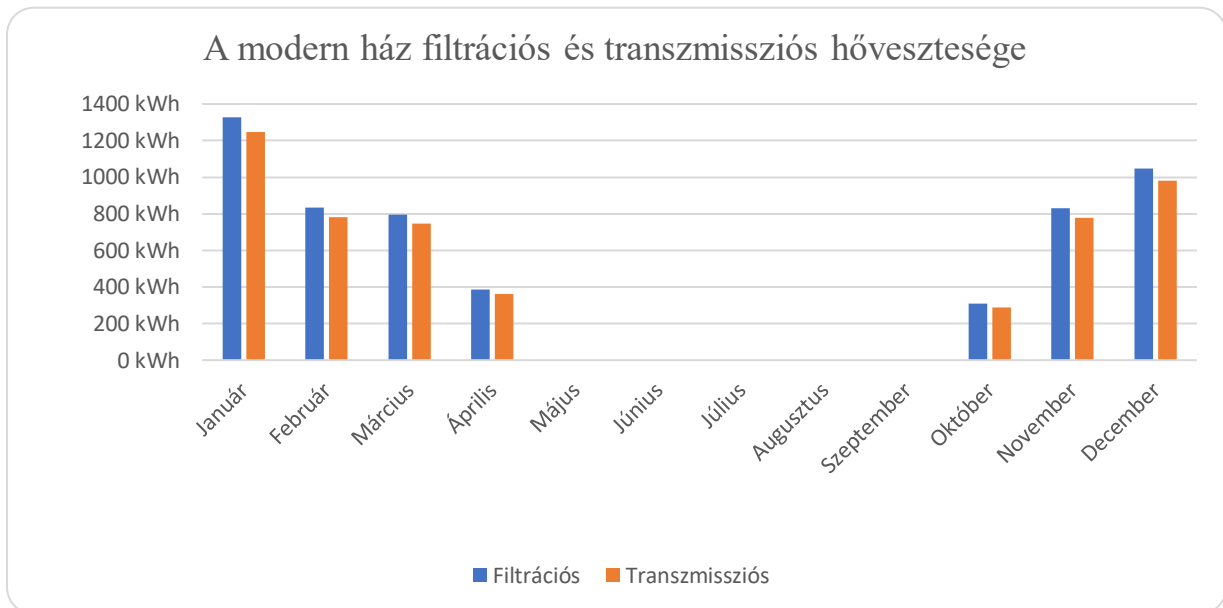
$$Q_{fűtési} = \frac{Q_{villamosenergia}}{COP}$$

Megkaptuk, hogy a modern ház hőszivattyúval való fűtéséhez 3236,27 kWh villamosenergiát igényelne. A villamosenergia árakat az E.ON hivatalos oldalán szereplő (6.), illetve villanyszámlák adatai alapján számítottuk, ami így a szolgáltatói alapdíjat is beleszámítva 115134 Ft lenne.

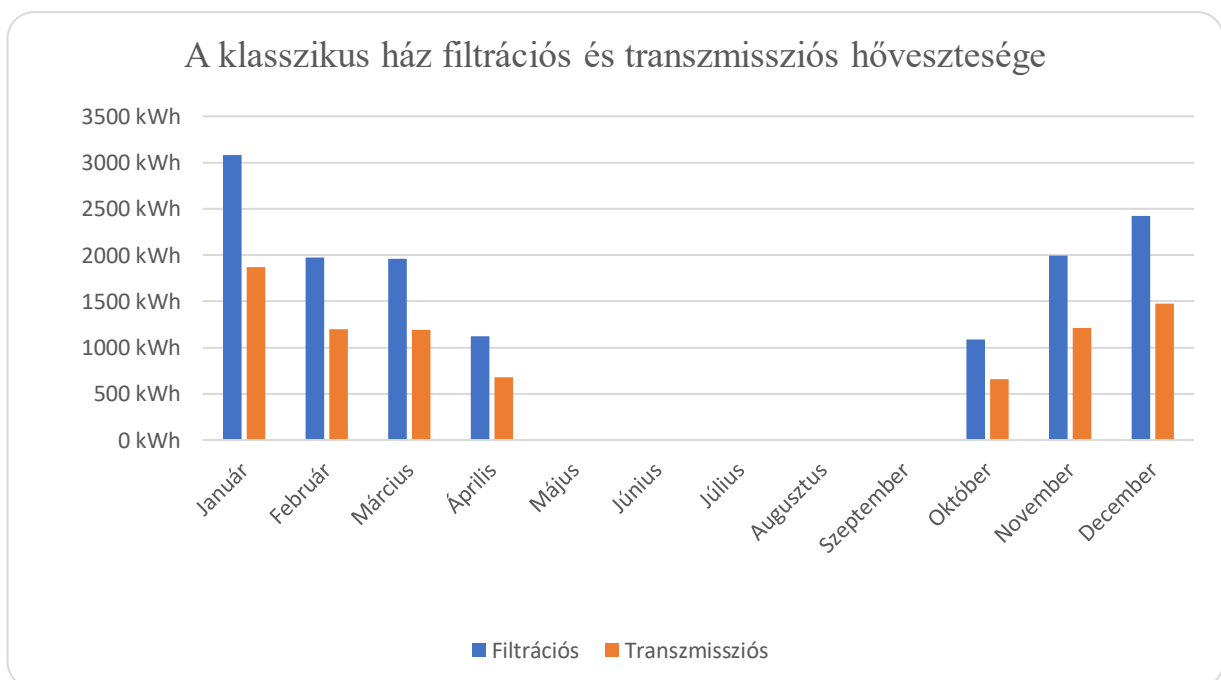
## 5. Eredmények kiértékelése

Az eredmények ábrázolása során, a májustól szeptemberig tartó időintervallumot nem vizsgáltuk, mivel akkor nem lép fel fűtési igény. A dolgozatban csak épületfűtéssel foglalkoztunk, használati melegvíztermeléssel nem.

### 5.1. *Hővesztések összevetése*



14. ábra A modern ház filtrációs és transzmissziós hővesztése

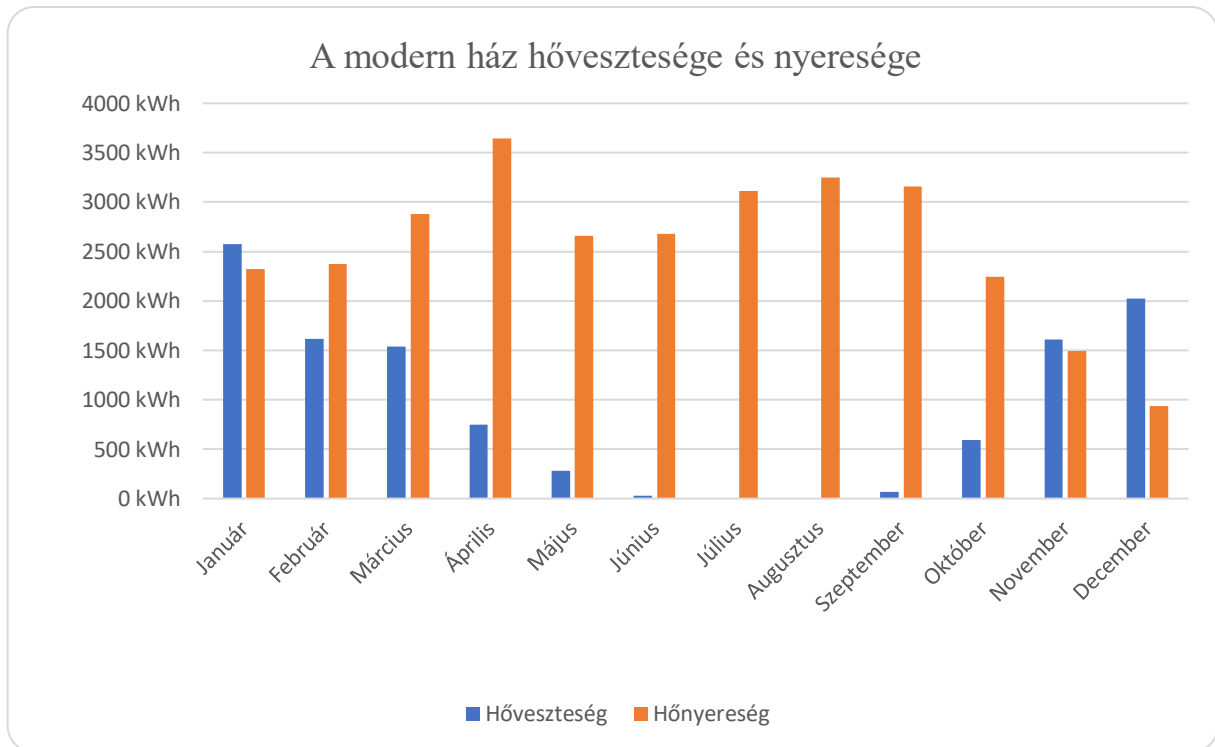


13. ábra A klasszikus házfiltrációs és transzmissziós hővesztése

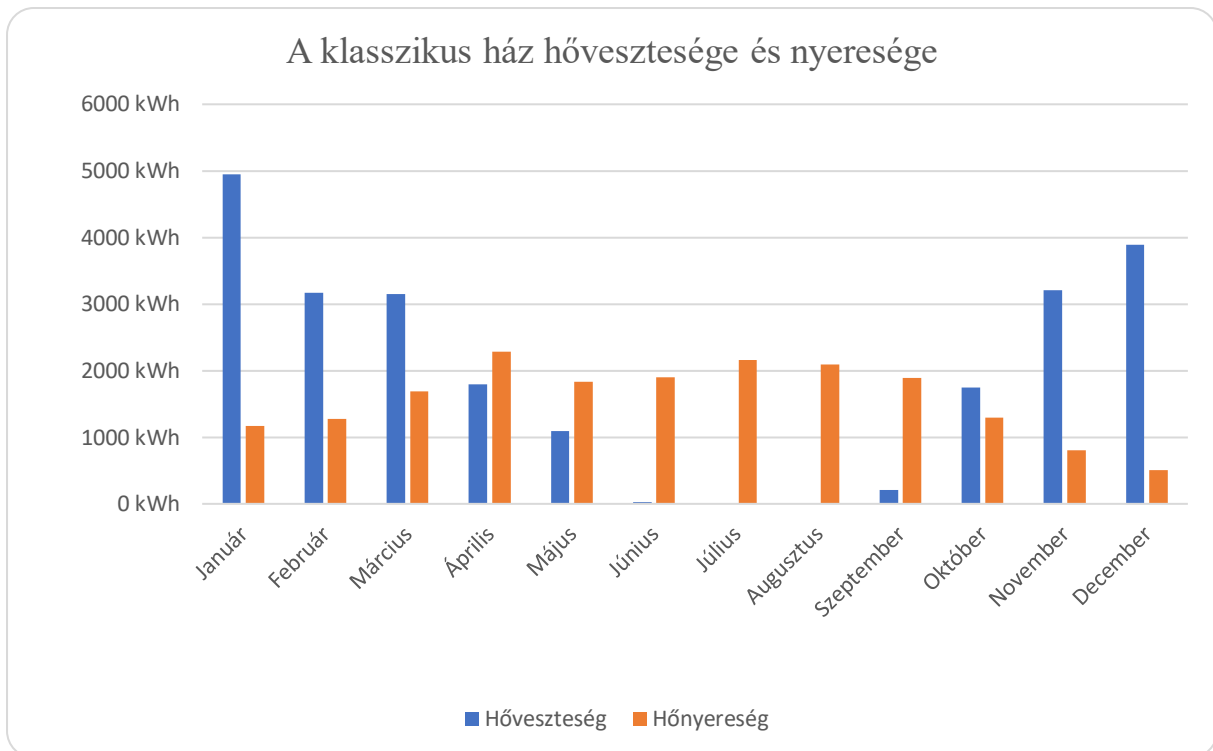
Megfigyelhető (13. ábra), hogy a hónapos lebontásba a filtrációból fakadó hőveszteség értéke mindig magasabb, mint a transzmissziós. A filtráció során 1 óra leforgása alatt a modern ház esetében a levegő 30%-a kicserélődik, ezáltal nagyobb mértékben befolyásolja a hőveszteség mértékét.

A klasszikus család ház esetén a filtrációs hőveszteségek még jelentősebb mértékben eltérnek a transzmisszióstól (14. ábra). A sokkal gyengébb fa nyílászárók végett az órás légcserre jelen esetben 60%-os, ami duplája a modern épületének. Ezáltal megnő a filtrációs hőveszteség, ami növeli a ház hőszükségletét is.

## 5.2. *Hőveszteség, hőnyereség összehasonlítása*



15. ábra A modern ház hővesztesége és nyeresége

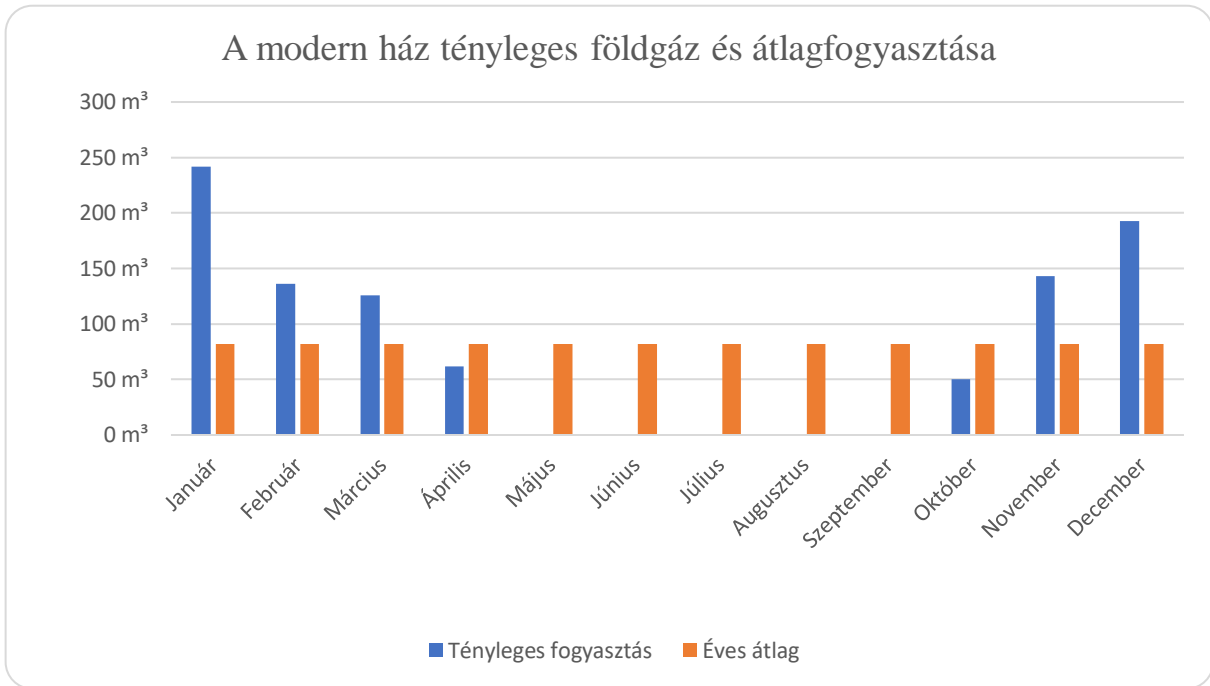


*16. ábra A klasszikus ház hővesztesége és nyeresége*

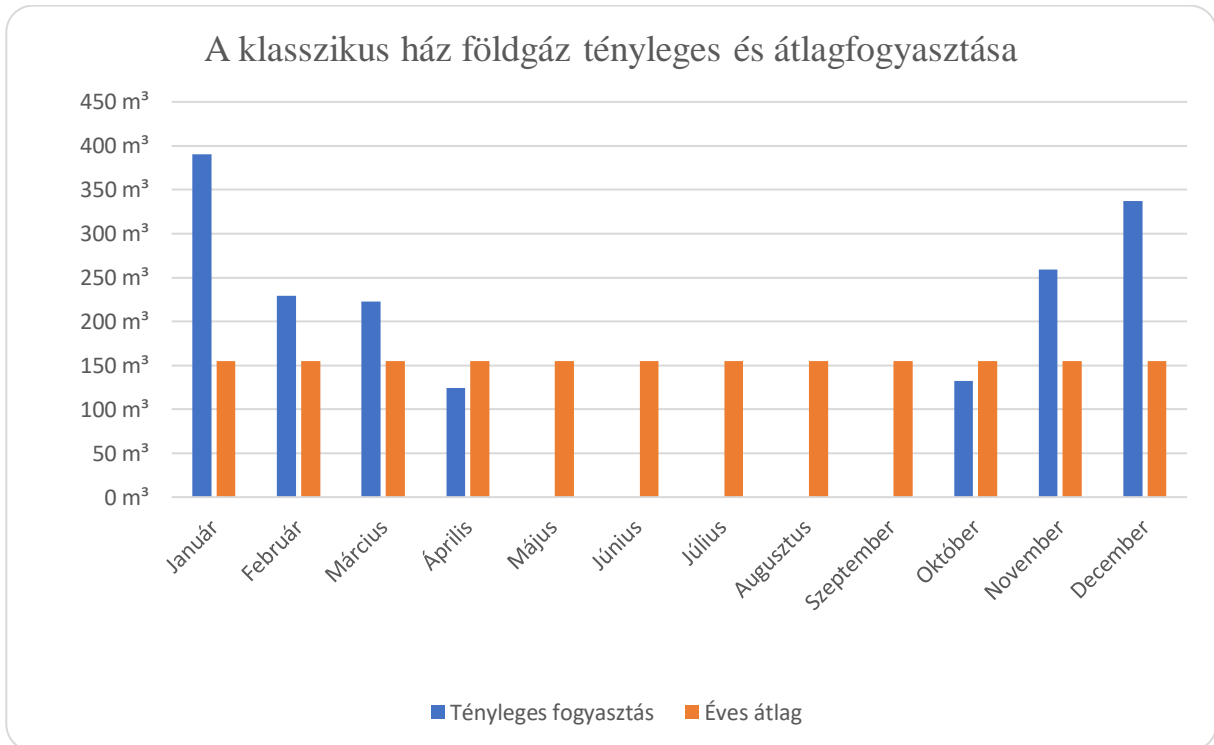
A klasszikus családi ház esetén (14. ábra), a hőveszteségek hónapos lebontásában megfigyelhető, hogy a téli, tavaszi, őszi hónapokban, az alacsony napsugárzás és külső hőmérséklet miatt kevés az ellensúlyozó hőnyereség.

Ebben az összehasonlításban tapasztalható a legszámottevőbb különbség a két ingatlan között. A klasszikus családi ház hővesztesége a januári hónapban duplája a modern házénak. Ez azzal magyarázható, hogy a modern ház sokkal fejlettebb és újabb energetikai technológiával épült. A minőségi nyílászárók és a felületek alacsonyabb hőátbocsátási tényezője miatt az épület jobban ellenáll a külső hőmérsékleti viszonyoknak. Emellett hőnyereség szempontjából is sokkal jövedelmezőbb a modern ház (15. ábra). A 24,7 m<sup>3</sup> üvegfelületnek köszönhetően a sugárzás által a hidegebb hónapokban is több energiát nyer az épület, amely kompenzálja hőveszteséget, így az összesített hőigényt is.

### 5.3. Hőtermelőik összevetése



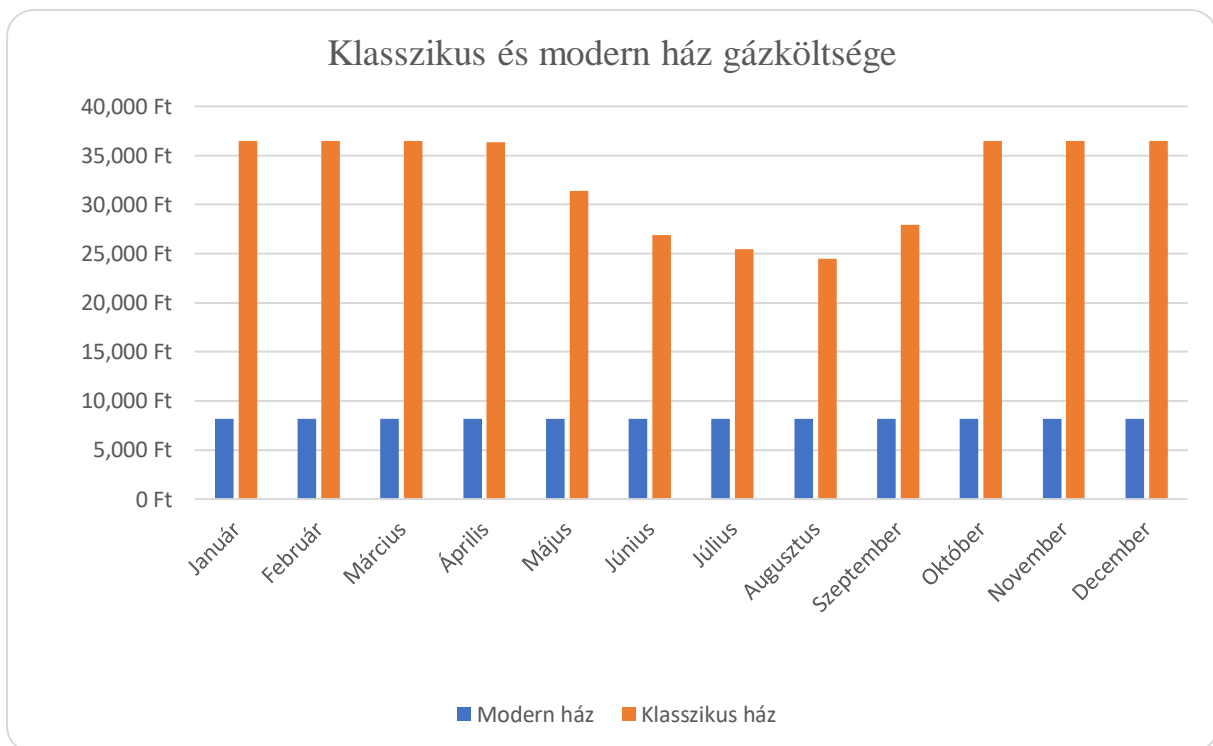
17. ábra A modern ház tényleges és átlag földgáz fogyasztása



18. ábra A klasszikus ház tényleges és átlag földgáz fogyasztása

A földgáz felhasználásának mértékét érdemes kétféle módszerrel vizsgálni. Az egyik a tényleges fogyasztás, ami valós felhasznált mennyiséget mutatja, a másik az éves átlagfogyasztás. Erre azért van szükség mert a gázszolgáltatók (jelen esetben az MVM) az átlagfogyasztás alapján állítják ki a gázszámlát. Ezt azért teszik, hogy a háztartásoknak ne kelljen a fűtési szezonban egyszerre kifizetni az elhasznált földgázmennyiséget, ehelyett a fűtési szezonon kívül fizessék ki az ebből származó differenciát, és előre könnyebben meghatározható csekkeket kelljen törleszteni.

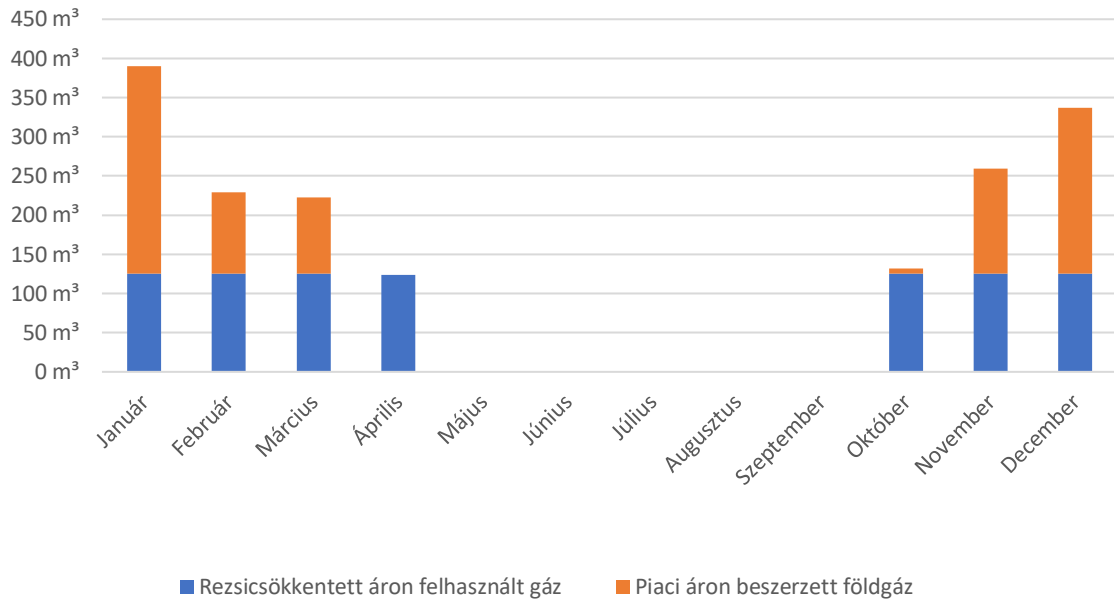
A két diagramm (17. ábra, 19. ábra) alapján hasonló értékeket kaptunk és jól látható az eltérés az oszlopok között. A hidegebb hónapokba, a külső hőmérséklettel csökkenésével fordított arányban, megnövekszik a ház hőszükséglete, tehát az elhasznált földgázmennyiség mértéke is.



19. ábra Klasszikus és modern ház gázköltsége



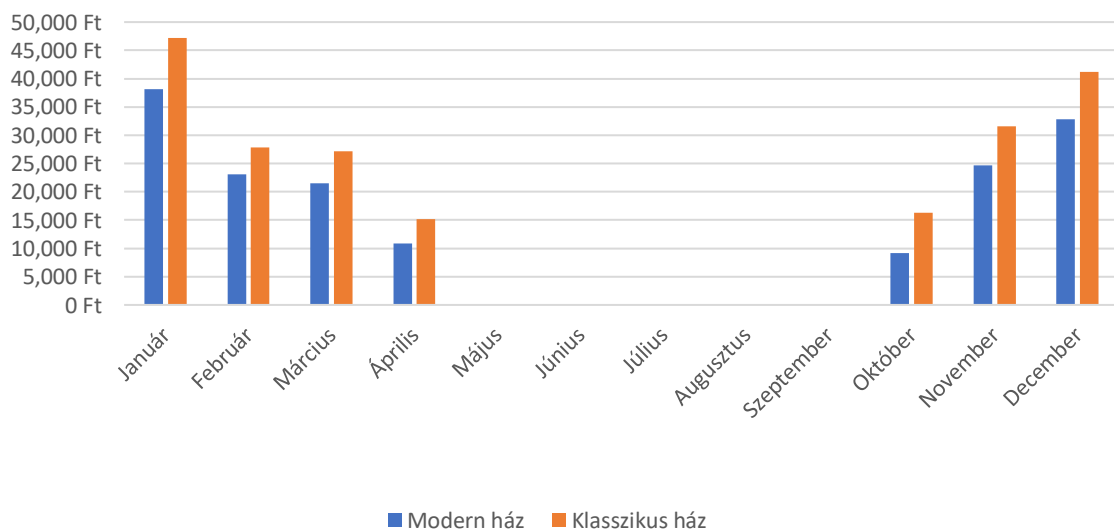
### A klasszikus ház rezsicsökkentett és piaci áron felhasznált gázmennyisége



20. ábra Klasszikus ház rezsicsökkentett és piaci áron felhasznált földgázmennyisége

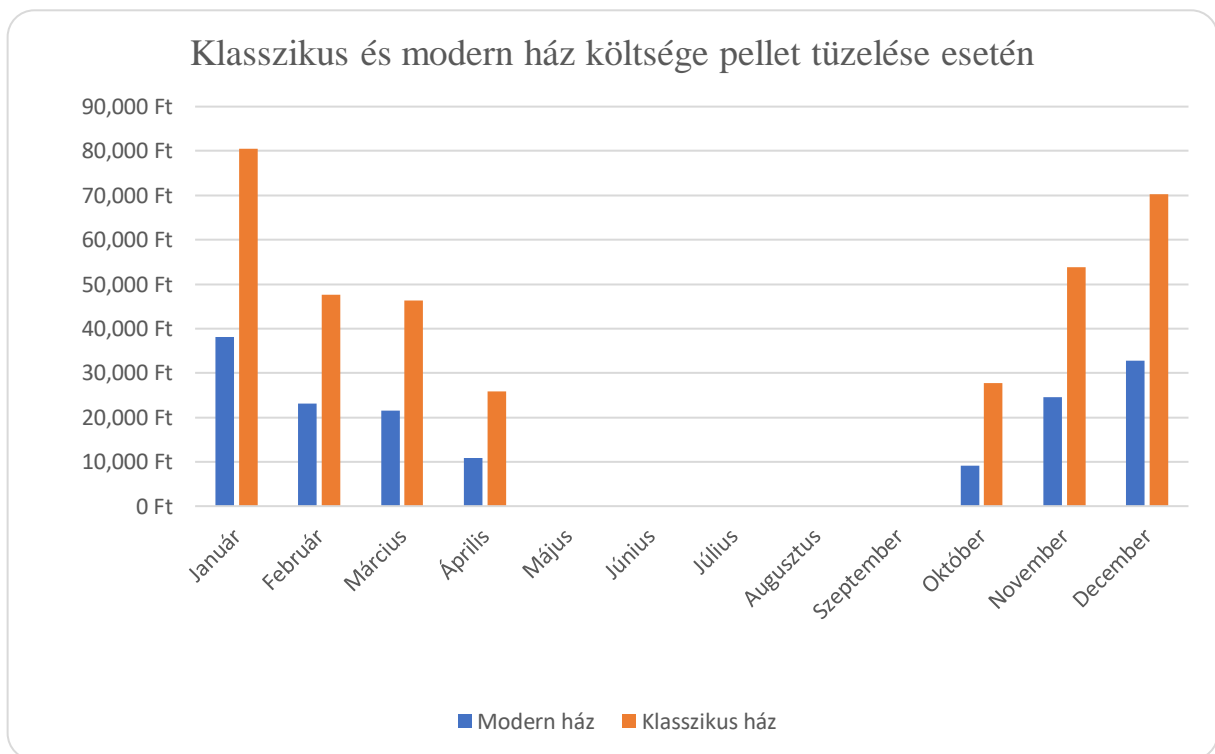
Bár a két ház között nagy a felhasznált földgázmennyiség különbség a klasszikus ház javára, a költségeket tekintve viszont még jelentősebb eltérést tapasztalunk. Ez abból fakad, hogy a 99,9 Ft/m<sup>3</sup> rezsicsökkentett egységár csak éves szinten 1500 m<sup>3</sup>-ig érvényes. Az épület éves felhasznált földgázmennyisége viszont 1857 m<sup>3</sup>. A fennmaradó 357 m<sup>3</sup>-t a piaci áron (737 Ft) kell megvásárolni, ami brutálisan megnöveli a végösszeget.

### Klasszikus és modern ház költsége fatüzelésű kazán esetén



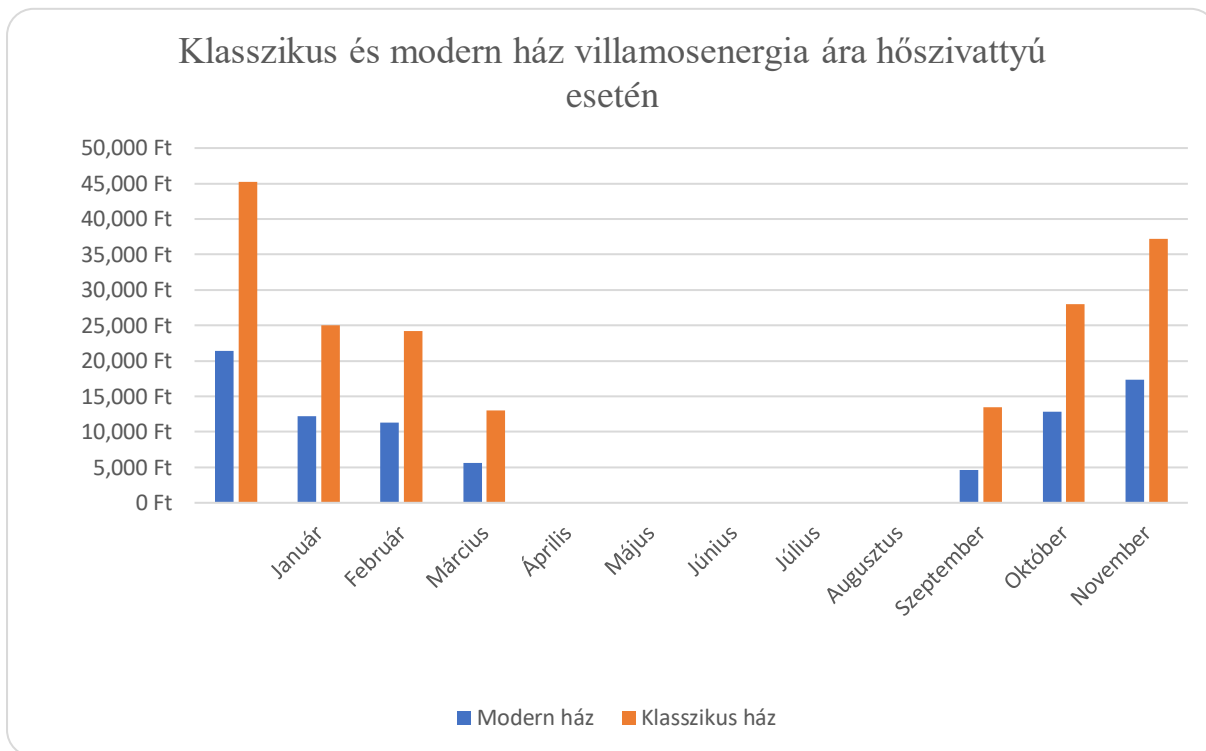
21. ábra Klasszikus és modern ház költsége fatüzelésű kazán esetén

A fátüzelésű kazánok kevésbé elterjedtebbek, mint a gázkazánok. Kényelmi szempontból nem a legelőnyösebb választás, mivel a faanyag szállítása, tárolása és feldolgozása rengeteg időt és munkát igényel, ami lekorlátozza, hogy melyik háztartásnak éri meg ez a tüzelési módszer. Plusz költség lehetne, ha a fát aprított formába vásároljuk, de jelen esetben ezt mind a háztartáson belül végezzük el. A modern ház esetében a fűtési költség arányos a gáz-fa kWh\*Ft/m<sup>3</sup> arányával, de a klasszikus háznál ugyanez már nem mondható el. Abban az esetben szerepet játszik a ház piaci áron beszerzett földgáz mennyisége.



22. ábra Klasszikus és modern ház költsége pellet tüzelés esetén

A pellettel való fűtés hazánkban nincs jelen olyan nagy mértékben, mint más országokban, ebből kifolyólag a pellet fűtőérték-ár aránya gyengébb, mint az előbb vizsgált fű. Bár a 3000 kWh/m<sup>3</sup>-es fűtőértéke magasabb, mint a fának (2046 kWh/m<sup>3</sup>), mégis anyagilag rosszabb fűtési költségeket produkál. Az épületek fűtési költségei itt is a geometriájukból és építőanyag használatukból adódnak.



23. ábra Klasszikus és modern ház villamosenergia költsége hőszivattyú esetén

A hőszivattyú működése merőben más, mint a vizsgált kazánoknak. Nem egy anyag elégetéséből származó hőenergiát hasznosítjuk, hanem a környezetből nyerjük ki ugyanazt plusz villamos energia befektetésével. Hogy mennyi villamosenergia szükséges a kívánt hőmérséklet eléréséhez, nagyban függ a külső hőmérséklettől. Ezért láthatjuk a diagramokon, hogy melegebb hónapokban arányaiban kevesebb energiabefektetést igényel a ház 20°C-ra való felfűtéséhez, mint akármelyik másik fűtési forma. Ha megvizsgáljuk hány forintba kerül a fűtés adott hónapokba, észrevehetjük, hogy fatüzelés esetén januárhoz képest februárban 40%-al kevesebbet fizetünk a klasszikus háznál, de ugyan ez az arány hőszivattyúnál 45%. Pontosan ezeket a számokat láthatjuk a modern házra, illetve a többi fűtőberendezésre levetítve.

## 6. A kutatómunka folytatása

Az épületek energetikai értékelése a jelen formában számos egyszerűsítést tartalmaz. Egy nagy fűtött teret tekintettünk beltérnek, illetve az épületek hőtároló tömegének hatását elhanyagoltuk. Ennek figyelembevétele Excel-es módszerrel nem lehetséges. A tranziens jelenségeket speciális épületenergetikai szoftverrel számítjuk. Jelen munka célja viszont az volt, hogy a gimnáziumi tanulmányaink során megszerzett fizikai/informatikai eszköztárunkkal értékeljük a családiházaink energiafelhasználását.

## 7. Felhasznált források

- (1.) <https://futesterv.hu/hoszukseklet-szamitas.php>
- (2.) Csoknyai István, Doholuczki Tibor: Több, mint hidraulika, Herz Armatúra Hungária Kft, Bécs, 2017
- (3.) <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544216315572>
- (4.) [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)
- (5.) <https://www.mvmnext.hu/foldgaz/Egyetem-es-Szolgalatas/Ugyintezes/Arak-dijszabasok/Aktualis-arak>
- (6.) <https://www.eon.hu/hu/lakossagi/aram/egyetem-es-szolgalato-arak.html>
- (7.) <https://mecsekerdo.hu/fenntarthato-gazdalkodas/tuzifa/>
- (8.) [https://tuzelodepo.hu/napraforgo-pellet/?gclid=CjwKCAjw7oeqBhBwEiwALyHLM3\\_srfSY2EgEIzse\\_P6-YsPvA9q7IP2plpWEtfJFVKro1IqFEeCvihoCjw8QAvD\\_BwE#kapcsolatfelvetel](https://tuzelodepo.hu/napraforgo-pellet/?gclid=CjwKCAjw7oeqBhBwEiwALyHLM3_srfSY2EgEIzse_P6-YsPvA9q7IP2plpWEtfJFVKro1IqFEeCvihoCjw8QAvD_BwE#kapcsolatfelvetel)
- (9.) <https://www.broetje.hu/termek-adatlap/1>
- (10.) [https://www.gepeszweb.hu/viadrus\\_u22\\_4\\_tagos\\_ontottvas\\_kazan\\_325](https://www.gepeszweb.hu/viadrus_u22_4_tagos_ontottvas_kazan_325)