



MISKOLCI EGYETEM
MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT
3515 MISKOLC Egyetemváros



Tüzelőanyag váltás hatása háztartásokban

Készítette:

Bratu Zoltán Ferenc

Konzulens:

Dr. Szemmelveisz Tamásné
egyetemi docens

Energia- és Minőségügyi Intézet
Tüzeléstani és Hőenergiái Intézeti Tanszék
2013.

Tartalom

1. BEVEZETÉS	3
2. FÖLDGÁZRÓL ÁLTALÁNOSÁGBAN.....	4
3. A FÖLDGÁZ MAGYARORSZÁGI HELYZETE	4
3.1 Hazai földgáztermelés	5
3.2 Az import alakulása.....	5
3.3 A hazai felhasználás alakulása.....	6
4. KERESLET CSÖKKENÉSÉNEK OKAI	7
4.1 A földgáz ára.....	7
4.2 Ellátásbiztonsági problémák	9
5. TÜZELŐANYAG VÁLTÁS LEHETŐSÉGEI	11
5.1 Földgáz helyettesítése szilárd tüzelőanyagokkal	11
5.1.1 Fás-szárú és fa alapú tüzelőanyagok.....	11
5.1.2 Szén és szén alapú tüzelőanyagok	15
5.2 Tüzelőberendezések	19
5.2.1 Pellettüzelő berendezés	19
5.2.2 Brikett tüzelőberendezések	20
5.2.3 Hasábfű és szén tüzelőberendezések.....	21
6. GAZDASÁGOSSÁGI VIZSGÁLATOK.....	22
6.1 Komfortosság.....	27
6.2 Szükséges beruházások	27
6.3 A beruházások megtérülési ideje	28
7. A TÜZELŐANYAG VÁLTÁS KÖRNYEZETI HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA.....	30
8. ÖSSZEGZÉS.....	38
9. IRODALOM	39

1. BEVEZETÉS

Az 1950-es évektől a 2000-es évek elejéig Magyarország földgázfelhasználása folyamatosan nőtt, ez idő alatt a szilárd és folyékony tüzelőanyagokat felváltotta a földgáz, mint energiahordozó. Ennek oka egyrészt a két olajválság, és a szigorodó környezetvédelmi előírások, másrészt a földgáz kedvező ára. Ez a növekvő tendencia folyamatos volt a 2000-es évek közepéig, ekkortól kezdve a földgáz felhasználása csökken, ami nagyrészt a földgáz növekvő árának illetve az importból fakadó ellátásbiztonsági problémáknak tudható be.

A növekvő árak hazánk lakosságát arra sarkalták, hogy a földgáz helyet alternatív más tüzelőanyagot keressenek, amivel olcsóbban tudják fűteni otthonaikat, és előállítani használati melegvíz szükségletüket. A lakosság választása elsődlegesen a szilárd tüzelőanyagokra esett köztük a szénre és a fára illetve az ezekből készült tömörítvényekre. Sok háztartás vásárolt új korszerű tüzelőberendezést, hogy csökkentsék a fűtési számlákat. Sajnos azonban a beruházások előtt sokan nem rendelkeztek kellő ismerettel a később várható egyéb kiadásokról, úgymint a beruházási költségekről. Emiatt nem számolták ki a beruházások várható megtérülését, csupán az olcsóbb tüzelőanyagot vették figyelembe.

A Tudományos Diákköri Dolgozatomban foglalkozok a tüzelőanyag váltás hatásaival. A következő fejezetekben elemzem, hogy milyen okokra vezethető vissza a földgáz felhasználás csökkenése. Részletesen vizsgálom a tüzelőanyag váltás műszaki és gazdasági hatásait. Laboratóriumi mérésekkel meghatározom a lehetőségként szóba jövő tüzelőanyagfajták legfontosabb tulajdonságait és az eredményeket elemzem, értékelem. Számba veszem a különböző tüzelőanyaghoz használható tüzelőberendezéseket és összehasonlítom azok műszaki paramétereit. Elemzem a tüzelőanyagok éves költségeit és a tüzelőberendezés beruházási költségeit illetve e kettő függvényében vizsgálom a beruházások megtérülési idejét.

A tüzelőanyag váltásnak nemcsak gazdasági hatása van, hanem környezeti is. Ezért nem mehetünk el szó nélkül a környezeti hatások mellett sem, mert a földgáz eltüzelése közben jórészt szén-dioxid és vízgőz keletkezik, de a szilárd tüzelőanyagok közül a szenek mindig tartalmaznak kenet, a lágyszárú biomasszában jelentős a klór és egyéb olyan összetevő (K, Na...), ami káros lehet a környezetre.

Arra keresem a választ a Tudományos Diákköri Dolgozatomban, hogy melyik a leginkább energia-, gazdaság-, és környezet hatékony megoldás a tüzelőanyag váltás kapcsán.

2. FÖLDGÁZRÓL ÁLTALÁNOSÁGBAN

A kőolaj mellett a második legjelentősebb energiaforrás napjainkban a földgáz. Ennek egyik oka, hogy a primer energiahordozók közül legelőnyösebben mert könnyen szállítható, és egyszerű előkészítési műveleteket igényel. A földgáz az egyetlen olyan energiahordozó, ami a termelőhelyen végzett előkészítő műveletek után, a fogyasztókhoz csővezetéseken és gázátadó állomásokon keresztül közvetlenül jut el [1].

A földgáz olyan ásványi termék, amely természetes eredetű szerves anyagok bomlásával keletkezett évmilliók során. Színtelen és szagtalan gáz halmazállapotú energiahordozó. A földgáz legnagyobb mértékben szénhidrogéneket tartalmaz, ezek közül a metán legalább 80-85 %, emellett még található benne egyéb szénhidrogén is, mint az etán, propán, bután és pentán is. A szénhidrogéneken kívül mindig van a földgázban széndioxid és nitrogén, melyek a földgáz nem éghető részét alkotják. Minél nagyobb ezen összetevők aránya annál kisebb a tüzelőanyag fűtőértéke [1,2].

A földgáz a keletkezése során, repedéseken keresztül nagykiterjedésű fedőközetekből álló mezőkbe vándorolt, amelyek megtalálhatók a szárazföldi és tengeri felszínek alatt egyaránt. A gázmezők mélysége eltérő, akad köztük olyan is, ami eléri az 5000 métert. A földgáz készletek egyharmada a kőolajjal együtt fordul elő, a fennmaradó nagyobb hányad pedig a kőolajtól függetlenül, ugyanolyan geológiai képződményekben megrekedve [1,2].

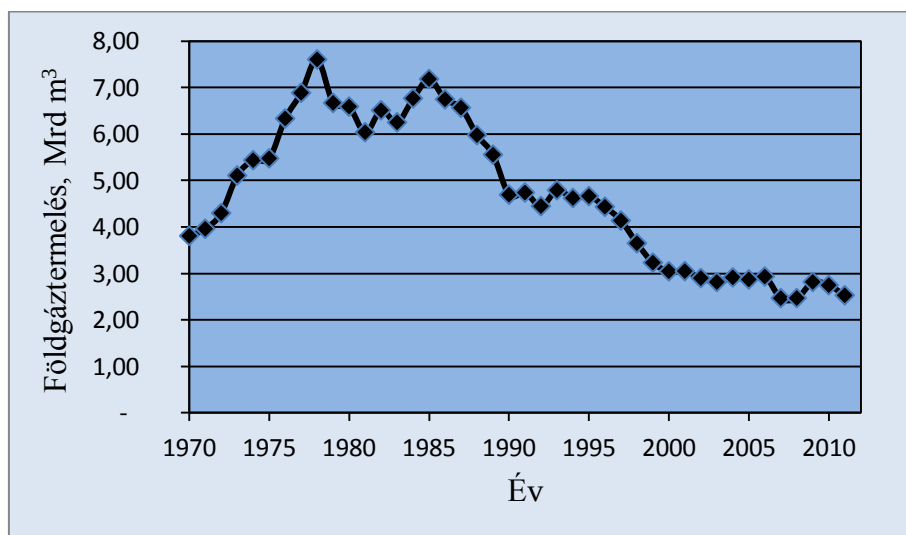
Egy fontos csoportosítási mód a földgázok feldolgozása szempontjából, hogy az összetételük alapján megkülönböztünk száraz és nedves gázokat. A száraznak a döntő hányada metán (80-99%) és etán (1-15%), ezek a komponensek atmoszférikus nyomáson gáz halmazállapotúak. Emellett a nedves gázok szobahőmérsékleten nyomással cseppfolyósítható komponenseket tartalmaznak. Ezen gázok összetétele a következő: az atmoszférikus nyomáson gáz halmazállapotúak a metán, etán, propán és a bután. A cseppfolyósak pedig a pentán, hexán, heptán és az oktán. A metán és a propán együttes aránya 60-80%, a propán 20-25%, míg a többi alkotó együttes aránya 5-15% [2].

3. A FÖLDGÁZ MAGYARORSZÁGI HELYZETE

A földgáz hazánk energiafelhasználásában a 1960-as években kezdte meg a térhódítását – ekkor kezdődött a hajdúszoboszlói földgázmező feltárása -, majd az 1980-as években vált meghatározó energiahordozóvá. A 90'-es évekig a szén és a kőolaj volt a domináns energiahordozó, majd ezt követően a földgáz szerepe jelentősen növekedett a villamos energia és a fűtésre szánt hő előállításában [1,3].

3.1 Hazai földgáztermelés

A hazai földgázkészletek folyamatosan apadnak. Magyarország földgáz készletét 120 Gm³ körülnek becslik a szakemberek. Ezek pliocénkori homokkőben találhatóak Algyő, Hajdúszoboszló, Szank térségében, metántartalmuk 89-96 %. Jelenleg több mint 200 helyen folyik földgáz kitermelés és kutatás, a lelőhelyek többsége a Dél-Alföldön, a Nyugat-Dunántúlon, és Kelet-Magyarországon található. A napjainkban az USA-ban kibontakozó palagáz-forradalom hatása az európai gázpiacra még bizonytalan. Az ott kifejlesztett technológiák hazai használata növelheti a földgázvagyonunkat, ám ennek esetleges kiaknázása még sok tisztázatlan kérdést vet fel. A földgázkitermelés az elmúlt években az 1990-es évekhez képest csaknem a felére esett vissza, napjainkban évente 2,5 Mrd nm³ a termelés. A 1. ábra mutatja 1970-től 2011-ig a földgáztermelés alakulását [1,3].

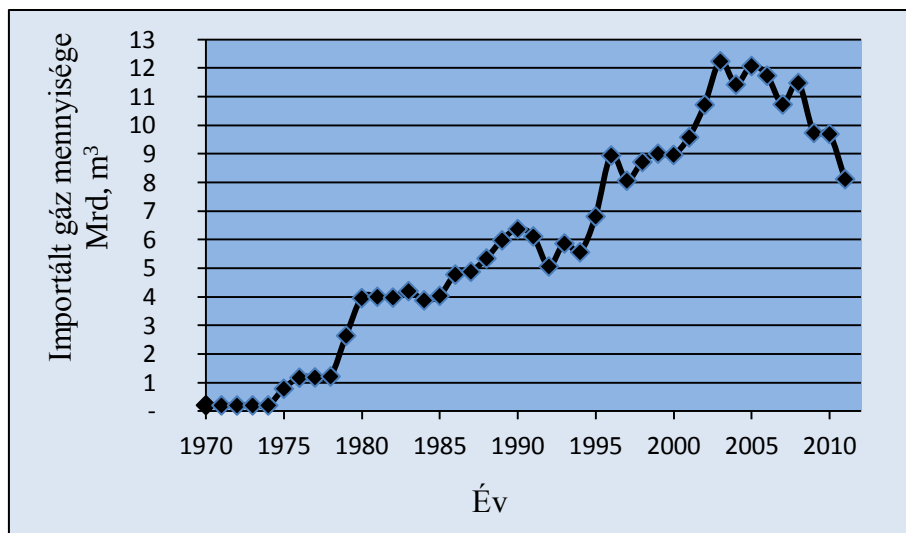


1. ábra: Magyarország földgáz termelésének alakulása 1970-től 2011-ig
(a diagram saját szerkesztés, forrás: [4,5])

A **1. ábra** jól mutatja, hogy az 1970-es évektől folyamatosan nőtt a hazai földgáztermelés, mígnem elérte az 1978-as maximális értéket (7,61 Mrd m³). A következő években enyhe csökkenés volt tapasztalható, majd ismét növekedésnek indult, mígnem elérte az 1985-ös szintet ahonnan folyamatos csökkenés. A diagramból kiderül, hogy a napjainkban körülbelül 2,5 Mrd m³ a termelés.

3.2 Az import alakulása

A felhasznált földgáz nagyobb hányadát importból fedezzük a kisebb részét pedig a hazai egyre csökkenő termelésből. A következő **2. ábra** az import hányadát mutatja 1970-től 2011-ig.



2. ábra: Az importált gáz mennyiségének alakulása 1970-től 2011-ig
(a diagram saját szerkesztés, forrás: [4,5])

A **2. ábrából** jól látható, hogy a 70-es évektől az import folyamatosan emelkedett, de 1975-től rohamos emelkedésnek indult – kisebb ingadozás mellett - 2003-ban érte el a maximumot (416,19PJ=12,08 Mrd m³), majd 2008-tól pedig folyamatosan csökken.

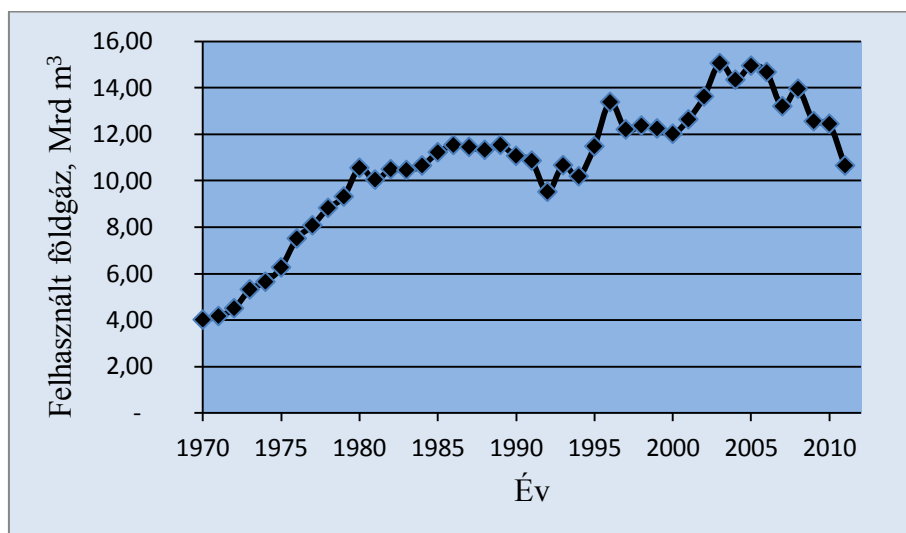
Mint már említettem a felhasznált földgáz nagyobb része importból származik, ez napjainkban több mint 80 %. Az import földgáz nagyobb része Ukrajnán át Oroszországból érkezik a Testvériség földgázvezetéken. Nyugat felől is tudunk földgázt importálni, ez Ausztrián keresztül a Baumgarten-Győr közötti un. HAG vezetéken. Elméletileg ezen a vezetéken keresztül norvég illetve holland mezőkről is importálhatnánk, de jelenleg ezen a vezetéken keresztül is orosz földgázt vásárolunk. Kelet felől (Beregdaróc) évente 5 Mrd m³ földgáz importálunk, míg nyugat felől körülbelül 4,4 Mrd földgáz érkezik hazánk területére [6,7].

3.3 A hazai felhasználás alakulása

Hazánkban az elmúlt évek statisztikái alapján 10-13 Mrd m³ földgázt kerül felhasználásra.

A legnagyobb földgázfelhasználó a lakosság, körülbelül a háztartások 90%-ának energiaellátását fedezi a földgáz, ez körülbelül 4-6 Mrd m³-t jelent. Emellett az ipari szektor számára is a legfontosabb energiaforrás, legfőképpen a villamos energia előállításában van kiemelt szerepe. A villamos energiatermelésre mintegy 3 Mrd m³ földgázt használnak fel az erőművek. Ezen kívül egyéb ipari fogyasztók is körülbelül 3 Mrd m³ földgáz használnak fel [1,3].

A földgázfogyasztásról elmondható, hogy jelentősen befolyásolja az időjárás illetve az évszak. Ennek bizonyítéka, hogy miközben egy nyári nap átlagos fogyasztása 20 Mm^3 körül alakul, addig a téli napi fogyasztás elérheti akár a $60\text{-}70 \text{ Mm}^3$. Ez az ingadozás a lakossági fogyasztóknak tulajdonítható, akik télen jóval több földgázt használnak fel fűtési célra és háztartási meleg víz előállításra. Az ipari fogyasztóknál ez jóval kiegyensúlyozottabb. Az előbbieknél az oka, hogy több mint 3,2 millió háztartás használ ma földgázt hazánkban fűtési célra [1,3].



3. ábra: Magyarország földgáz felhasználásának alakulását mutatja 1970-től 2011-ig
(a diagram saját szerkesztés, forrás: [5])

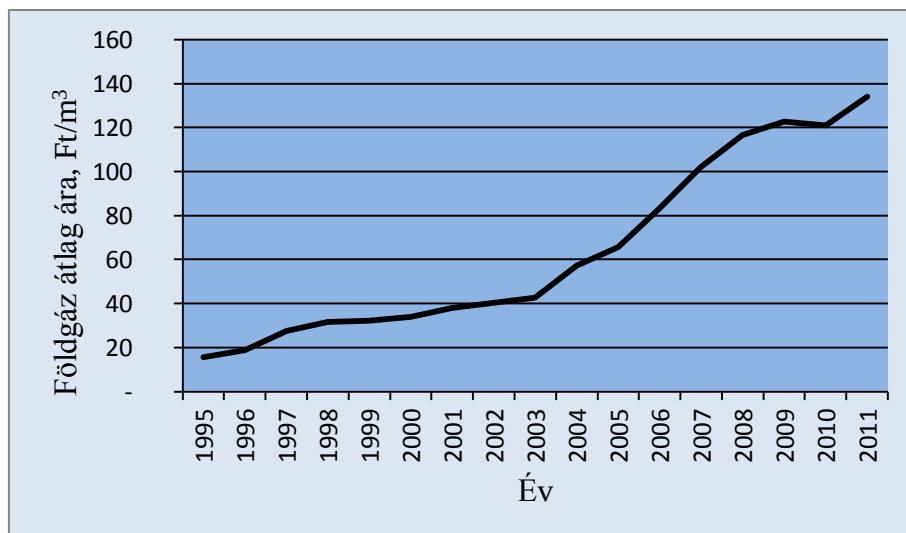
A **3. ábrából** látható, hogy a 1970-től folyamatosan emelkedett hazánk földgáz felhasználása, de a 80-as illetve a 90-es évek elején egy-egy visszaesést tapasztalhattuk. A csúcspontot a 2003-ban érte el ($15,06 \text{ Mrd m}^3$). 2008-tól folyamatos csökkenés tapasztalható.

4. KERESLET CSÖKKENÉSÉNEK OKAI

4.1 A földgáz ára

A földgáz az ára rugalmatlan termékek közé tartozik, ami azt jelenti, hogy az árnövekedés hatására a kereslet nem, vagy nem olyan mértékben fog csökkenni, mint az ár rugalmas termékek esetében [1].

A földgáz ára folyamatosan nőtt az elmúlt években, és további emelkedés várható a következő években is. A következő **4. ábra** szemlélteti a földgáz árának a növekedését.

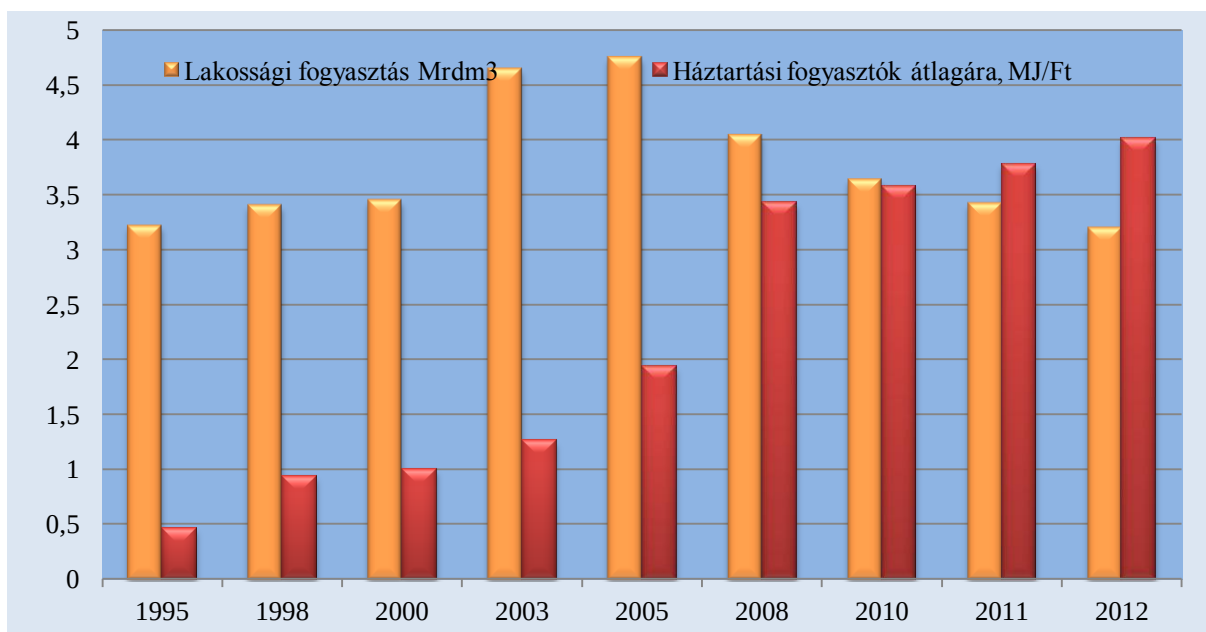


4. ábra: Háztartási fogyasztók földgáz átlagára

(a diagram saját szerkesztés, forrás: [5])

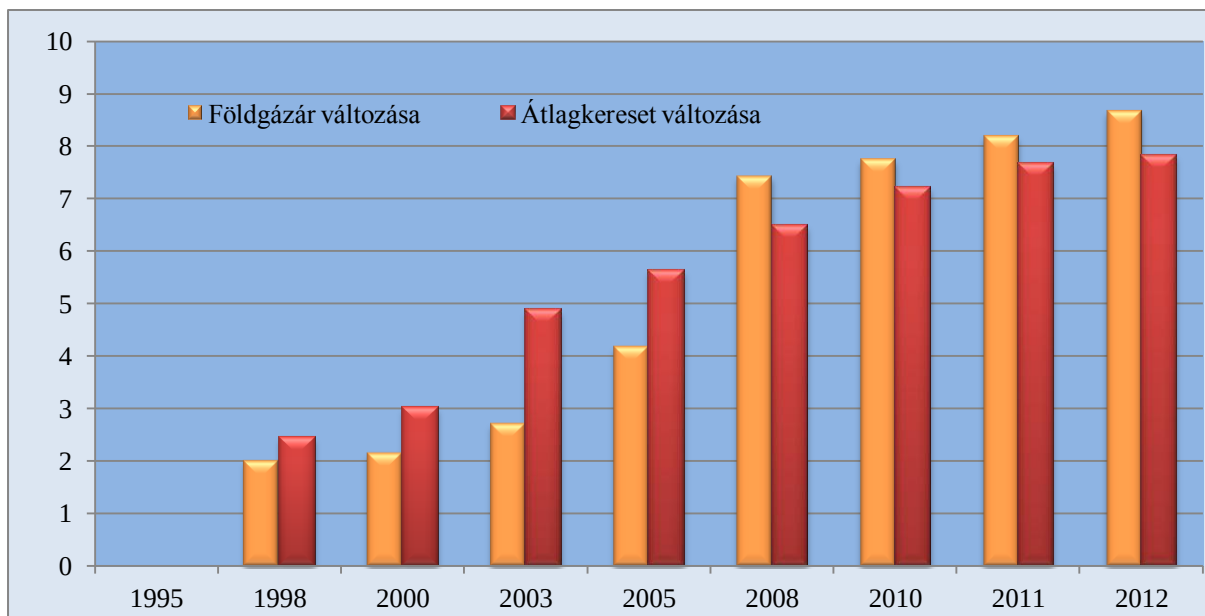
A **4. ábrából** látható, hogy 2003-ig majdnem lineárisan emelkedett a földgáz ára, majd ettől az évtől kezdve rohamos emelkedésnek indult. 2010-ben tapasztalható volt egy enyhe csökkenés, de ezután ismét növekedő tendenciát mutat.

A földgáz kereslet csökkenését jelentősen befolyásolja a gáz ár folyamatos emelkedése ezt az **5. ábra** szemlélteti.



5. ábra: A háztartások gázfogyasztása, a földgáz ára [8]

Az **5. ábrán** látható, hogy 1995-től a gáz ára folyamatosan emelkedett, közel 8 szorosára. Ennek eredményeként a lakossági fogyasztás 2008-tól folyamatosan csökkent és az elkövetkező években is folyamatos csökkenés várható.



6. ábra: A nettó keresetek és a földgáz árak alakulás [8]

Az **5. ábrán** látható volt, hogy a lakossági földgáz fogyasztás 2008-tól jelentősen csökkent. A **6. ábra** pedig ennek az okát szemlélteti, hiszen látható, hogy az átlagkereset változás 2008-ig mindig nagyobb volt, mint a földgáz ár változása, de ekkor fordulópont következett és a földgázár változása nagyobb lett, mint az átlagkereset változása, aminek a következménye természetesen a földgáz fogyasztás csökkenése.

4.2 Ellátásbiztonsági problémák

Az ellátásbiztonság több tényezőből tevődik össze, az importfüggőség, a beszerzési forrás, a hazai tároló kapacitás, illetve a rendszer sebezhetősége is befolyásolja.

Az ország földgáz felhasználása 10-13 milliárd m³ évente és ennek több mint 80%-át importból tudjuk fedezni. Tehát az ország földgáz ellátottsága nagyban függ a külföldi földgáztermelőktől. Ezért kijelenthető, hogy az ország importfüggő. A nagy importfüggőség, az ellátásbiztonság rovására megy.

Az általános importfüggőség mellett fontos az, hogy az importot honnan tudja beszerezni hazánk. Az ideális esett az lenne, ha hazánk diverzifikáltan, több forrásból tudná megvásárolni a szükséges földgáz mennyiséget. Ez hazánk földgázimportjára nem igaz. Az előző fejezetben is említettem, hogy az importált földgáz nagyobb része kb. 60%-a Ukrajna felől Oroszországból érkezik a Testvériség vezetéken. A fennmaradó rész pedig a HAG vezetéken keresztül érkezik, de ez is orosz eredetű földgáz. Látható, hogy gyakorlatilag egyetlen forrásból szerezzük be az import földgázt, ami erősen növeli a kockázatokat. Mindenképpen fontos megemlíteni, hogy Magyarország erősen érdekelt abban, hogy nemzetközi földgázszállító rendszerek, mint a Nabucco és a Déli-áramlat földgáz vezetékek

megépüljenek, amelyek Közép-Ázsiából és a Közel-Keletről érkező földgázt szállíthatnak hazánknak illetve több európai országnak [1,3,6,7].

Az ellátásbiztonság következő tényezője a hazai földgáztároló kapacitás. Magyarország az ellátásbiztonság fokozása érdekében megtette a szükséges intézkedéseket. A 2006. évi XXVI. törvény előírja, hogy az ország tárolókapacitását bővíteni kell 2010-ig, illetve a biztonsági tartalékokat olyan tárolóban kell elhelyezni, amelynek kitárolási kapacitása 20 Mm³/nap legalább 45 napon keresztül. A Magyar Szénhidrogén Készletező Szövetség felügyelete alatt a MOL Nyrt., mint beruházó és üzemeltető 2007-től megkezdte a biztonsági készlet tárolására alkalmas infrastruktúrát és berendezéseket kialakítani. A kivitelező az algyői gázmező részét képező Szőreg-I. telepen új kétfunkciós (termelő-besajtoló) kutakat alakított ki. A biztonsági földgáztárolás mellett ki kell emelni a kereskedelmi földgáztárolást, amellyel szemben támasztott hazai ellátásbiztonsági követelmény, hogy az országos napi csúcsgény több mint felét a már meglévő kereskedelmi tárolókból tudja a rendszer biztosítani [6,7].

Az elmúlt évek tapasztalatai rámutattak a földgáz rendszer sebezhetőségére. Az orosz-ukrán gázvita és a mögötte húzódó politikai küzdelmek a hazánk területére keletről érkező földgáz import folyamatosságát veszélyeztették, illetve sértették. Oroszország azzal, hogy elzárja a „gázcsapokat”, míg Ukrajna azzal, hogy a tranzit gázszállítást egyoldalúan csökkenti, vagy időlegesen megszünteti. Ez fenyegetettséget jelent a hazai ellátás biztonsága szempontjából.

Tehát a kereslet csökkenésének első és legfontosabb oka, hogy a földgáz európai ára folyamatosan növekszik, - és mint láthattuk a 4. ábrán - 2003 után rohamos emelkedésnek indult. Az előbbieken is látható volt, hogy több olyan probléma merült fel, ami veszélyezteti a lakosság földgáz ellátását.

Az egyre dráguló gáz a lakosság egy része számára megfizethetlenné vált. Emellett a különböző ellátásbiztonsági problémák miatt a fogyasztók közül egyre többen próbálnak valamilyen alternatív megoldást találni arra, hogy a földgáz helyett egyéb tüzelőanyaggal fűtsék otthonaikat.

5. TÜZELŐANYAG VÁLTÁS LEHETŐSÉGEI

Az előző fejezetben összefoglaltam a földgáz iránti kereslet csökkenésének okait és említettem, hogy a lakosság valamilyen más megoldást próbál keresni. A lakosság célja, hogy a földgáz felhasználást csökkentse vagy teljesen megszüntesse, így csökkentve a fűtési költségeket. Ebben a fejezetben összefoglalom, hogy milyen lehetőségek vannak a lakosság előtt, illetve azt vizsgálom, hogy az átlag magyar családnak milyen lehetőségei lehetnek.

A földgáz helyettesítésére több lehetőség kínálkozik, egyik a fosszilis energiahordozók a másik a megújuló energiák. A fosszilis tüzelőanyagoknál leginkább a szén és ebből készült különböző tömörítvények jöhetnek szóba. A megújuló energiák közül a biomassza tüzelőanyagok, napkollektorok illetve a geotermikus energia által működtetett berendezések közül választhat a lakosság.

Egy átlag magyar család nem igazán engedheti meg magának, hogy több millió forintért építsen ki egy geotermikus energia által működtethető berendezést (hőszivattyú, talajszonda, talaj kollektor). A napkollektor sem előnyös, mert a teljes hőigényt nem tudja kiváltani, mivel a napkollektor a nap hőenergiáját hasznosítja és a téli időszakban pedig sokkal kevesebb energiát tud megtermelni, mint nyáron. Éppen akkor, amikor a legnagyobb szükség lenne rá, nem fedezi a szükségleteinket. Tehát a megfelelő megoldások a különböző biomassza tüzelőanyagok illetve a szén és ebből készült tömörítvények lehetnek. A következő fejezetben a bennük rejlő lehetőségeket elemzem.

5.1 Földgáz helyettesítése szilárd tüzelőanyagokkal

Már említettem, hogy leginkább biomasszát és szenet alkalmaznak a földgáz kiváltáskor, mivel manapság ezek a legjobban megtérülő illetve árban a legversenyképesebb energiahordozók. Leginkább a közvetlen eltüzelését választják a felhasználók, ekkor az eredeti vagy gyengén előkészített állapotban történik a felhasználásuk. Ez a legegyszerűbb és az energiamérleg szempontjából a legkedvezőbb változata a biomassza energetikai hasznosításának. Emellett azonban egyre gyakrabban használnak fel az alapanyagból előállított valamilyen préselt, tömörített tüzelőanyagot, tehát a brikettet illetve a pelletet.

5.1.1 Fás-szárú és fa alapú tüzelőanyagok

Ide négyféle tüzelőanyag sorolható a brikett, a pellet, a tűzifa illetve az apríték, ez utóbbi azonban nem jellemző a lakossági felhasználásban. Ebben a fejezetben a három használt tüzelőanyagnak a tulajdonságait fogom bemutatni.

5.1.1.1 A brikett

A brikettet mindig valamilyen hulladékból vagy aprítékból állítják elő, ez lehet biomassza, ami magába foglalja a mezőgazdasági illetve az erdészeti hulladékokat is [9].

A biomasszából előállított brikett nagy fűtőértékkel rendelkezik kb. 16-18,5 MJ/kg, emellett a nedvességtartalma alacsony, ami 8-14 %-ot jelent, ha az alapanyag nedvessége nem megfelelő, akkor előtte szárítják, hogy a gyártásnak megfelelő legyen. A késztermék nedvességtartalmát a magyar szabvány határozza meg, a gyártás végén ezért gyakorta újbóli szárításnak vetik alá, hogy a nedvességtartalma megfelelő legyen a készterméknek. A brikett



7. ábra: Brikett tüzelőanyag [11]

égetés utáni szilárd maradéka kicsi. A késztermék nagy energiasűrűséggel rendelkezik kb. 22-24 MJ/dm³, ennek is köszönhető a magasabb fűtőérték [9,10].

A brikett (7. ábra) 20-100 cm² keresztmetszetű, hossza 200-350 mm, az átmérője 50-100 mm. A lakossági igényeket kielégítő darabos, jól kezelhető és tárolható tüzelőanyag [9,10].

A brikett előnye a tűzifához képest abban rejlik, hogy ezeknek alacsonyabb a nedvességtartalma, míg a hasábfának pedig nagyon nagy intervallumok között változhat. A lakossági igényeknek azért is nagyon megfelelő, mert központi fűtésű kazánokat és egyszerű kis hőteljesítményű berendezéseket egyaránt lehet vele üzemeltetni, tehát ugyanazok a tüzelőberendezések használhatók, amelyek a hasábfá tüzelésekor. Tehát semmilyen különleges berendezést nem igényel. Azonban egyik hátránya, hogy a tüzelőanyag méretei miatt nehezen automatizálható [9,10].

Az 2. táblázatban a különböző alapanyagú brikett fizikai és tüzeléstechnikai paraméterei láthatók.

2. táblázat: Biomassza alapú brikett tulajdonosságai

Tüzelőanyag	Nedvességtartalom [m/m %]	Elemi összetétel [m/m %]				Hamutartalom [m/m %]	Fűtőérték [MJ/kg]
		C	H	N	S		
Nyír brikett	7,45	47,43	6,81	0,7	0	1,16	17,702
Fenyő brikett	7,86	48,06	6,79	0,77	0	1,45	17,798
Akác brikett	7,52	46,2	6,76	0,85	0	1,52	16,369
Tölgy brikett	8,67	46,21	6,5	0,5	0	1,56	16,427
Nyár brikett	8,14	46,52	6,61	0,45	0	1,78	17,662

A **2. táblázat**ból látható, hogy a fenyő, nyír és a nyárfából készült briketteknek a legjobb a fűtőértékük. Mindegyik brikettfajtának a hamutartalma kicsi, 2% alatt van, de a nyírfából készült brikettnak a legkisebb (1,16 m/m %). A nedvességtartalmuk 7-8%, a tölgy alapúnak a legmagasabb, míg a nyírnek a legalacsonyabb. A karbon tartalom szempontjából a fenyő, míg hidrogén tartalom szempontjából pedig a nyírfa alapú brikett a legjobb. Kenet nem tartalmaznak.

5.1.1.2 A pellet

A pelletálás a brikettgyártás egyik speciális változata. Az előző fejezetben olvasható, hogy a brikett igen kedvező tulajdonságokkal rendelkezik, mint tüzelőanyag. Viszont nagy hátránya, hogy a tüztérbe való adagolás nem automatizálható. Erre a célra sokkal jobban megfelel a kisméretű (5-12 mm átmérőjű és 10-50 mm hosszú) pellet, mert csigas vagy cellás adagolóval igen pontosan juttatható a tüztérbe. Ezért kis hő teljesítményű tüzelőberendezések is jó hatásfokkal üzemeltethetők vele, ezért a fűtés komfortsága a gázalapú hőtermeléssel egyenértékű [9,12,13,14].

A pellet olyan biomassza alapú tüzelőanyag, energetikai tömörítvény, amely fás vagy lágyszárú növényekből, erdészeti, faipari, mezőgazdasági melléktermékekből préseléssel, sajtolással előállított henger alakú granulátum. A fizikai és tüzeléstechnikai tulajdonságai igen jók [9,12,15,16].

A pellet gyártása során nem használnak fel kötőanyagot, hanem a fában illetve a lágyszárú növényekben lévő lignin - ami egy természetes kötőanyag – látja el a kötőanyag szerepét és tartja össze a szemcséket. A pellet szempontjából fontos tulajdonság a gyártásnál felhasznált alapanyag nedvességtartalma, mivel ha meghaladja a 10% körüli értéket akkor nem lesz megfelelő az alapanyag, ezért gyártás előtt szárítani kell a szabvány szerint megkövetelt nedvességtartalomig. [13,14,17,18]

A pelletnek két fajtája ismert. A jobb tüzeléstechnikai tulajdonságokkal rendelkező, de drágább fapellet (**8. ábra**), amit faipari illetve erdészeti melléktermékekből, hulladékokból állítanak elő. A másik fajta pellet az ún. agripellet (**9. ábra**), aminek a tüzeléstechnikai paraméterei kicsivel rosszabbak, mint a fapelletnek, viszont ebből kifolyólag olcsóbb is. Az agripelletet, mint a neve is mutatja mezőgazdasági melléktermékekből, hulladékokból állítják elő. A két fajta pellet fizikai és tüzeléstechnikai jellemzőit a **3. táblázat** szemlélteti.



8. ábra: Fapellet [16]



9. ábra: Agripellet [16]

3. táblázat: A pellet fajták fizikai és tüzeléstechnikai jellemzői

Tüzelőanyag	Nedvességtartalom [m/m %]	Elemi összetétel [m/m %]				Hamutartalom [m/m %]	Fűtőérték [MJ/kg]
		C	H	N	S		
Fa pellet	7,08	48,2	5,76	0,31	0	0,38	16,982
Agri pellet	7,41	40,4	4,91	1,71	0	4,44	15,88

A **3. táblázat**ból jól látható, hogy a mind a fa alapú mind az agripellet kis nedvességtartalommal rendelkezik. A fűtőértéke a fa alapú pelletnek magasabb, a hamutartalma pedig a fapelletnek alacsonyabb, mint az agripelletnek, ez az alapanyagának köszönhető, hiszen a lágyszárú növények sokkal nagyobb szervesetlen anyagtartalommal rendelkeznek. A hamutartalom szabványban előírt érték, tehát ezt a gyártónak garantálnia kell, hogy nem haladja meg, ez az érték fa pelletnél 1%. Az elemi összetétel is igazolja, hogy jobb a fa pellet minősége, mert látható, hogy mind a karbon mind a hidrogén tartalma nagyobb.

5.1.1.3 A tűzifa

A pellet és a brikett olyan tüzelőanyag, aminek az energiasűrűsége nagy, és nagy feldolgozottságú, tehát az alapanyagból valamilyen technológiai folyamattal állítják elő tüzelőanyagot, viszont ezzel a tüzelőanyag költségeit növelik. Ezért ha a földgáztüzelés biomasszával történő kiváltásáról esik szó, akkor feltétlenül meg kell említeni, a tűzifával való tüzelést. Mivel ez a legolcsóbb. Hiszen a kitermelés után akár azonnal a fogyasztókhoz juttatható, gyakorlatilag a daraboláson kívül semmilyen munkálatokat nem kell rajta végezni, ezért rendelkezik ez a fajta tüzelőanyag kis költséggel. Ám ez a komfortosság rovására mehet.

A tűzifa nagy hátránya az, hogy kitermelés után a fa közel 70% nedvességtartalommal rendelkezik értelemszerűen így nem lehet eltüzelni a berendezésben, mivel a nedvességtartalom nagymértékben csökkenti a fűtőértéket. Ezért a kitermelt fát mindig szárítani kell, ez úgy történik a leggyakrabban, hogy ősszel és télen kitermelt fát a következő

fűtési szezonban értékesítik, vagy a kitermelt fát rögtön tovább adják a fogyasztóknak, de ilyenkor a fogyasztó fogja otthon szárítani. A tüzelésre alkalmas tűzifa nedvességtartalma 15-20% körül alakul. Az ennél a nedvességtartalomnál a különböző tűzifák fűtőértéke 14-18 kJ/kg körül változik. A hamutartalma pedig jellemzően 1-2% között alakul.

4. táblázat: Különböző fafélések tüzeléstechnikai jellemzői

Tüzelőanyag	Nedvességtartalom [m/m %]	Elemi összetétel [m/m %]				Hamutartalom [m/m %]	Fűtőérték [MJ/kg]
		C	H	N	S		
Nyír hasáb	9,87	46,15	6,68	0,38	0	0,7	16,523
Fenyő hasáb	9,56	47,31	6,81	0,21	0	0,68	16,61
Akác hasáb	9,27	45,16	6,56	0,67	0	1,84	15,564
Tölgy hasáb	11,00	44,32	6,5	0,42	0	1,19	15,519
Nyár hasáb	10,68	45,2	6,58	0,29	0	1,41	16,082

A **4. táblázat**ból látható, hogy a legnagyobb fűtőértékkel a fenyő és a nyír rendelkezik. A hamutartalom szempontjából ugyancsak a fenyő és a nyír a legjobb, ezeknek 1% alatti, míg az akácnak majdnem 2%. Viszont az akácnak a legkisebb a nedvességtartalma, a tölgynek pedig a legnagyobb. Az elemi összetétel szempontjából is a fenyő a legjobb, mert mind a karbon mind a hidrogén tartalma nagyobb, mint a többinek.

5.1.2 Szén és szén alapú tüzelőanyagok

A világon előforduló összes fosszilis energiahordozó közül a szén fordul elő a legnagyobb mennyiségben, emellett a világ fosszilis készletének 70%-a szén. A világ villamosenergia termelésének egyharmadát szén alapon állítják elő [2].

A szeneket koruk alapján lehet osztályozni. Tehát minél fiatalabbak annál rosszabb minőségűek. A legrosszabb minőségűnek számítanak a lignitek, amelyeknek a fűtőértékük 10 MJ/kg alatt van. Ennek a szerkezete erősen fás, magas nedvességtartalommal rendelkezik. Magyarországon a hegységek lábánál találhatók a nagyobb lelőhelyei (Mátra-Visonta, Bükk-Bükkábrány, Bakony-Várpalota), ezek kb. 10 millió éves telepek [2].

A lignitnél jobb minőségű a barnaszén, ezeknek a fűtőértéke 17-20 MJ/kg között változik. Korukat és minőségüket tekintve sokfélék. Magyarországon is találhatók barnaszén telepek: Ajka, Dorog, Tatabánya, Oroszlány, Balinka, Dudari, Berente, Lyukóbánya, Edelény, de ezek a telepeken már nem folyik termelés [2].

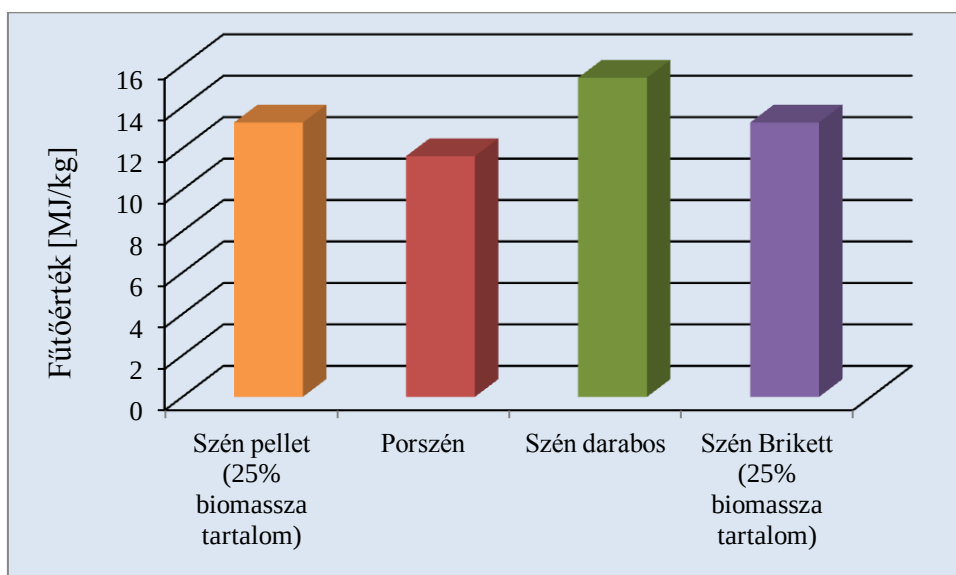
A legértékesebb szénfajták a feketeszenek, aminek a fűtőértéke 17-33 MJ/kg között változik. Magyarországon, Pécsen és Komló melletti lelőhelyeken találhatók feketeszen telepek. A feketeszen egyik változata az antracit, ami a legjobb minőségű szénnek számít [2].

A szén nedvességtartalma annál nagyobb, minél fiatalabb a szén. A szén hamutartalma tág határok között változik (5-40% m/m), amelyeket előkészítő műveletekkel csökkenteni lehet. Az **5. táblázat** különböző szén alapú tüzelőanyag fizikai és tüzeléstechnikai jellemzőit szemlélteti.

5. táblázat: A különböző szén és szén alapú tüzelőanyagok tüzeléstechnikai paraméterei

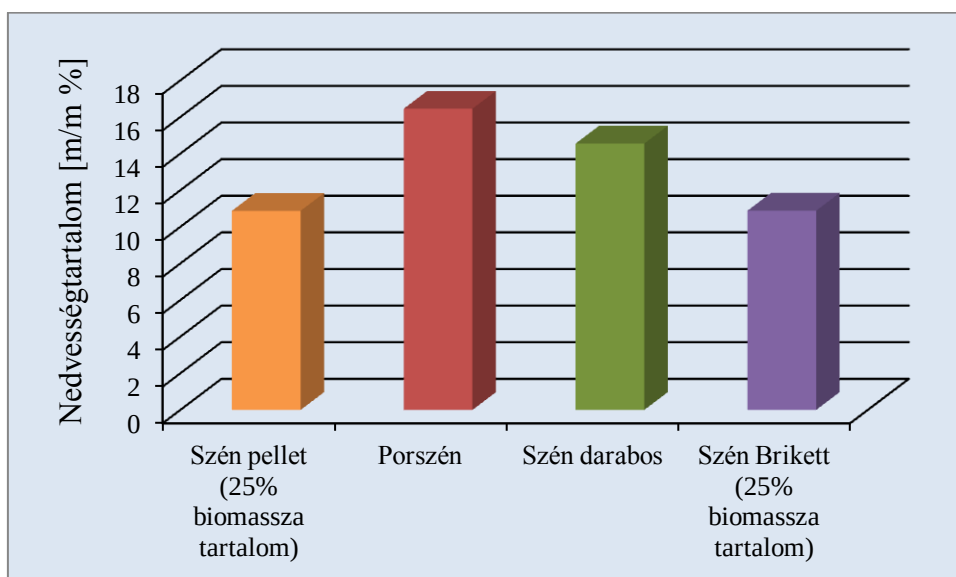
Tüzelőanyag	Nedvességtartalom [m/m %]	Elemi összetétel [m/m %]				Hamutartalom [m/m %]	Fűtőérték [MJ/kg]
		C	H	N	S		
Szén brikett (25% biomassza tartalom)	10,92	35,63	3,44	0,51	4,09	33,27	13,133
Szén pellet (25% biomassza tartalom)	10,88	35,69	3,48	0,51	4,07	33,13	13,247
Porszén	16,45	32,07	3,36	0,5	4,15	32,61	11,621
Darabos szén	14,55	41,59	3,91	0,52	5,21	24,38	15,405

A **5. táblázat** az általam vizsgált szénfélések tüzeléstechnikai és fizikai paramétereit szemlélteti. A darabos szén előkészítés nélküli szenet jelent, ez a bányából egyenesen a fogyasztóhoz kerül, semmiféle szárításnak nem vetik alá, csak egy frakcionáló berendezésen halad keresztül, ami a port és kisebb darabokat választja le. A táblázatban szereplő porszén az előbb említett technológia után visszamaradt maradék. A szén brikettet és pelletet pedig a porszénből tömörítéssel állítják elő 25% biomassza hozzáadásával.



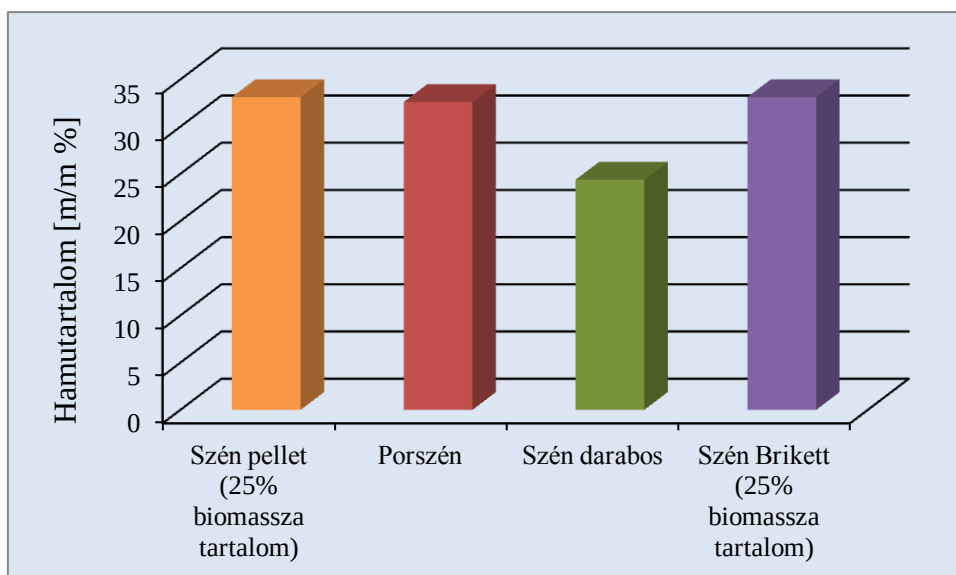
10. ábra: A szénfélések fűtőértékei

A **10. ábrán** jól látható, hogy a darabos szén rendelkezik a legnagyobb fűtőértékkel, míg a legkisebbel pedig a porszén, a brikettnék és a pelletnek pedig megegyező a fűtőértéke mivel ugyanabból az alapanyagból készül, csak a méreteiben van különbség.



11. ábra: A szénfűtőanyagok nedvességtartalma

A **11. ábra** szemlélteti a vizsgált szénminták nedvességtartalmait, az ábra jól mutatja hogy a porszén rendelkeik a legnagyobb nedvességtartalommal, míg a brikett és a pellet a legkisebbel, ez az előállítás közbeni szárításnak tudható be.



12. ábra: A szénfűtőanyagok hamutartalma

A **12. ábra** jól szemlélteti, hogy a darabos szénnek legkisebb a hamutartalma, a brikett, pellet és a porszén hamutartalma pedig megközelítőleg azonos, ez annak tudható be, hogy ugyanabból az alapanyagból állítják elő.



13. ábra: Szén és biomassza alapanyagú pellet

A **13. ábrán** az általam vizsgált a szén és biomassza alapanyagból sajtolással készült tüzelőanyag látható.



14. ábra: Porszén

A **14. ábrán** az általam vizsgált szénpor látható.



15. ábra: Darabos szén

A **15. ábrán** az általam vizsgált darabos szén látható.

5.2 Tüzelőberendezések

5.2.1 Pellettüzelő berendezés

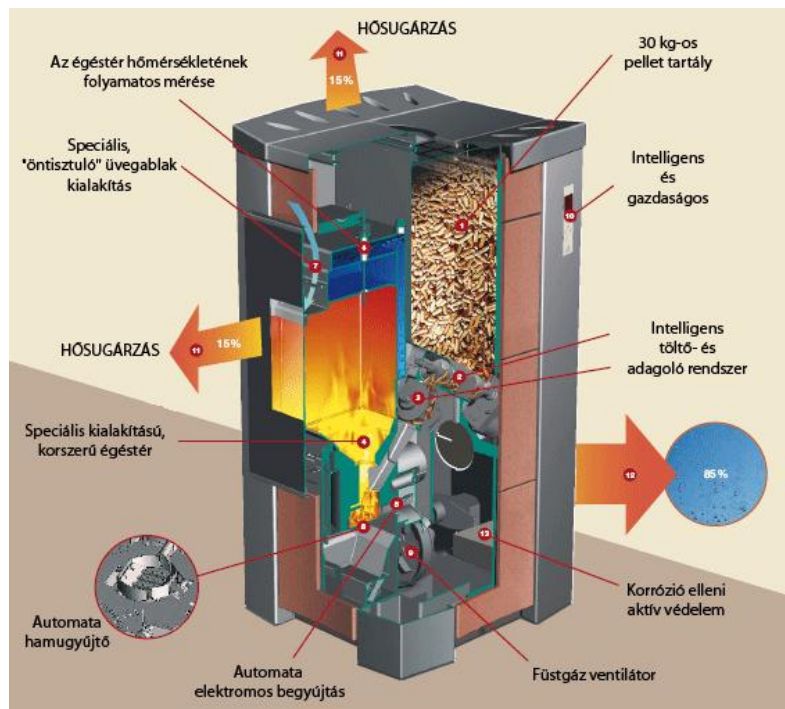
A pellet tüzelésről elmondható, hogy szinte minden teljesítménytartományban lehetséges, mégis döntően a kisebb teljesítmény-igények esetén alkalmazzák. Ennek oka, hogy nagyobb teljesítmények esetén nem indokolt ilyen nagy feldolgozottsággal rendelkező anyagot alkalmazni. A pellettüzelést legnagyobb mértékben családi házak és közintézmények hőellátására használják [19].

A pellet, brikett vagy hasábfá tüzelő berendezések tüzelési technológiája alapvetően nem különbözik egymástól, csak a felhasznált alapanyagban különbözik illetve az eltérés inkább abból adódik, hogy a működtetése milyen mértékben automatizálható. Elmondható, hogy a hasábfával illetve a brikettel működő berendezések nem igazán automatizálhatóak, főleg háztartási körülmények között. A legnagyobb fokú automatizálás a kis teljesítményű pellet tüzelésű kazánoknál érhető el, tehát a háztartási körülmények között kiválóan alkalmas a földgáz kiváltására mivel, ugyan azt a komfortot biztosítja, mint a földgáztüzelésű berendezések [19].

Ezeknél a berendezéseknél a tüzelőanyag adagolása automatikus, a kazán melletti pellettárolóból a tüzerbe. Az adagolásnak többféle megoldása ismert lehet: csigás, éklétrás, körlapátos, pneumatikus, kaparóléces és szalagos szárítós [19].

A pellettüzelésű berendezéseket (**16. ábra**) az alábbiak szerint csoportosíthatjuk:

- Pellettüzelő kandallók, kályhák vízteres, vagy konvekciós kialakítással, elsősorban helyi fűtésre.
- Félautomata pellettüzelők, melyek központi fűtésre kötve is használhatók, általában naponta tölthető tartállyal.
- Automata pellettüzelők, melyek nagy kapacitású tüzelőanyag-tárolóval kombináltak, folyamatos adagolás mellett, nagy komfortfokozattal.
- Speciális pelletégők, a hagyományos fűtőberendezésekre szerelve [19].



16. ábra: Vízköpenyes pellet kandalló [20]

5.2.2 Brikett tüzelőberendezések

Kizárólag brikett tüzelésre tervezett berendezés nem létezik, hiszen az összes hasábfatüzelésre alkalmas berendezés alkalmas lesz brikett tüzelésre, esetleges kizáró ok a méretből adódhatna, de szinte ezt is kizárható, hiszen a brikettgyártó cégek a terméket olyan méretűre gyártják, hogy az megfelelő legyen. A briketről is elmondható, hogy inkább a kisebb teljesítményű berendezésekben alkalmazzák, hiszen a fűtőművekben nem gazdaságos ilyen feldolgozottságú alapanyagot alkalmazni. Tehát brikettet, mint tüzelőanyagot kizárólag a háztartások esetleg kisebb közintézmények alkalmazzák [19].

A háztartási berendezéseknél fontos szempont a komfort, tehát az, hogy mennyire automatizálható a rendszer. A fogyasztónál fontos, hogy naponta mennyiszer kell a berendezésbe adagolni a tüzelőanyagot illetve, hogy mennyi hamu keletkezik és ezt milyen időközönként kell üríteni. Mint már említettem a pellettüzelés nagymértékben

automatizálható, ezzel ellentétben a brikett-tüzelés nem igazán automatizálható elsősorban a méreteiből fakadóan. Tehát az mondhatjuk, hogy egy brikett-tüzelő kazán annyira tud komfortos lenni, mint egy fatüzelésű kazán [19].

Mégis a brikett mellett szól az, hogy jobbak a tüzeléstechnikai jellemzői a hasábfáénál. Emellett a brikett sokkal nagyon energiasűrűségű tüzelőanyag, ami kisebb tárolóhelyet igényel.

A fabrikett tüzelésre alkalmas készülékek között tehát megtaláljuk a különböző vízteres, légfűtési kandallókat és kályhákat, valamint a különböző méretű és típusú fatüzelésű kazánokat.

5.2.3 Hasábfá és szén tüzelőberendezések

A hasábfá- és széntüzelést nem csak háztartásokban alkalmazzák, hanem fűtőművekben is. Ez azért lehetséges, mert a hasábfá és a szén gyengén előkészített tüzelőanyag, ezért kisebb a tüzelőanyag költsége. A kereskedelmi forgalomban lévő fa- és vegyes tüzelésű kazánok, kandallók és kályhák közül bármelyik alkalmas hasábfá és szén- illetve szénkészítmény tüzelésre. A **17. ábrán** látható kandalló nem rendelkezik víztérrel ezért nem alkalmas központi fűtésre csak egy-két helyiség kifűtésére megfelelő. Egy ilyen akkor jó választás, ha a ház csak egy részében akarjuk kiváltani a földgázfűtést. Ezek általában 6-16 kW teljesítmény között vásárolhatók. Hatásfoka 75-80% között van. Ezek a fajta tüzelőberendezések a legolcsóbbak akár 40000 forinttól vásárolhatók már.



17 ábra: Víztér nélküli kandalló [8].

A **18. ábrán** látható vegyes tüzelésű kazán már több százezer forintba kerülhet, de az ilyen típusú egységek már központi fűtésre is alkalmasak. Ezek általában 12 kW teljesítmény felett vásárolhatóak, a hatásfoka 80-88% között van. A faelgázosító kazán rendelkezik a legjobb hatásfokkal, közel 90% vagy annál nagyobb. Egy korszerű faelgázosító kazán látható a **19. ábrán**. Ezeket csak kizárólag hasábfával lehet üzemeltetni és fontos kiemelni, hogy ennél a berendezésnél követelmény a jó és azonos minőségű tüzelőanyag. Ezek a tüzelőberendezések már 300 ezer forint feletti árkategóriába tartoznak. Az ilyen kazánok két tüztérrel rendelkeznek, az egyikben történik a tüzelőanyag „égése”, elgázosítása a másikban pedig a keletkező gázok elégetése, emiatt lesz nagyobb a berendezés hatásfoka. Az elgázosítás a

környezetre is kevésbé káros, mert az égés tökéletesebb és kevesebb szennyezőanyagot bocsát ki a légkörbe.



18. ábra: Vízteres vegyestüzelésű kazán [22]



19. ábra: Faelgázosító kazán [20]

6. GAZDASÁGOSSÁGI VIZSGÁLATOK

A bio- és fosszilis tüzelőanyagok értékelésének fontos eleme a gazdaságossági értékelés, tehát jelen esetben az, hogy megéri-e a földgáztüzelést kiváltani más bio- illetve fosszilis tüzelőanyaggal. E fejezett feladata az, hogy meghatározzam a különböző fűtési lehetőségek tüzelőanyag költségeit, illetve költségek csökkentési lehetőségeit. Meghatározásra kerül, hogy mennyit lehet megtakarítani, ha a meglévő földgáztüzelést kiváltjuk a már említett tüzelőanyagokkal. A földgázzal való váltás természetesen tüzelőberendezés cserét is jelent, éppen ezért a beruházási költségeket is figyelembe kell venni ahhoz, hogy meg tudjuk határozni, hogy mennyi idő alatt térül meg a befektetés. Kijelenthetjük, hogy a vásárlói döntéseket az üzemeltetési költségek mellett jelentősen befolyásolja a szükséges beruházás mértéke valamint az egyes berendezések automatizáltságának foka [11,21].

Az egyes fűtési megoldásokat összehasonlító vizsgálatok során az épület fűtéséhez szükséges energia mennyiségből kiindulva, a felhasznált tüzelőanyagok fűtőértékeinek és árainak figyelembevételével számítottam az éves fűtőanyag költségeket.

Egy-egy épület fűtéséhez szükséges energia mennyisége és költségei a külső (környezeti) hőmérséklettől az épület hőtani tulajdonságaitól, a fűtési hőmérséklettől, a fűtőberendezés típusától és hatásfokától, valamint a tüzelőanyag minőségétől és árától függenek [11].

A továbbiakban a vizsgálatokhoz egy átlagos méretű családi házat választok, ami 100 m²-es és erre számolom a fűtési költségeket. Egy 100 m²-es, jól szigetelt családi ház éves

fűtési energia felhasználása átlagos időjárási körülmények között ($100 \times 180 \text{ kWh/m}^2$) 64 800 MJ. Ugyanez egy szigeteletlen 100 m^2 -es családi házra nézve ($100 \times 280 \text{ kWh/m}^2$) 100 800 MJ [11].

Az éves fűtési energia szükségletet tehát a fent leírt feltételekből határoztam meg. Számítottam az éves tüzelőanyag fogyasztást az alábbi képlettel:

$$\text{Éves tüzelőanyag fogyasztás [kg/év]} = \frac{\text{Éves fűtési energia szükséglet [MJ/év]}}{\text{Földgáz fűtőértéke [MJ/kg]}}$$

A fenti képletben látható, hogy a földgáz fűtőértékét nem MJ/m^3 -ben adtam meg, hanem MJ/kg -ban ennek ok, hogy így össze lehet hasonlítani a további számításoknál kapott értéket a szilárd tüzelőanyagok értékeivel. Tehát a földgáz fűtőértéke 44 MJ/kg , amit a következő összefüggés ad meg:

$$\frac{\text{Földgáz fűtőértéke [MJ/m}^3\text{]}}{\text{Földgáz sűrűsége [kg/m}^3\text{]}} = \frac{34 \text{ [MJ/m}^3\text{]}}{0,78 \text{ [kg/m}^3\text{]}} = 44 \text{ [MJ/kg]}$$

A **6. táblázat** szemlélteti a földgáz fűtés éves fűtési költségeit különböző alapterületű házak esetében.

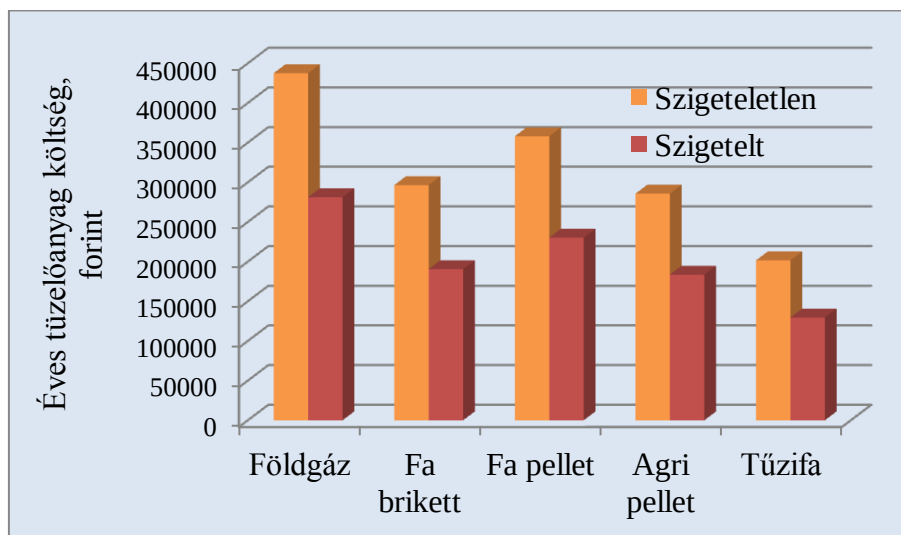
6. táblázat: Földgáz fűtés éves költségeinek alakulása különböző alapterületű, szigetelésű házak esetében

Ház alapterülete [m ²]	Ház típusa	Éves fűtési energia szükséglet [MJ/év]	Éves tüzelőanyag fogyasztás [kg/év]	Egységár [HUF/kg]	Bruttó fizetendő [HUF]
80	szigeteletlen	80 640	1 833	191	350 051
	szigetelt	51 840	1 178	191	225 033
100	szigeteletlen	100 800	2 291	191	437 564
	szigetelt	64 800	1 473	191	281 291
150	szigeteletlen	151 200	3 436	191	656 345
	szigetelt	97 200	2 209	191	421 936
200	szigeteletlen	201 600	4 582	191	875 127
	szigetelt	129 600	2 945	191	562 582

A **6. táblázat**ból látható, hogy szigetelés esetén a tüzelőanyag szükségletet ~35%-al tudjuk csökkenteni.

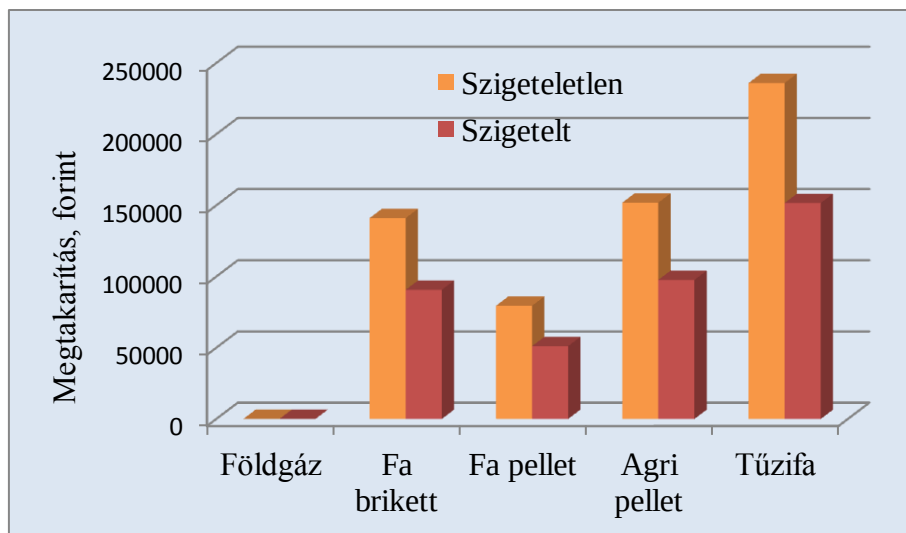
7. táblázat: Különböző biomassza tüzelőanyagok éves költségei 100 m²-es, szigetetlen és szigetelt családi ház esetében

	Ház típusa	Földgáz	Fa brikett	Fa pellet	Agri pellet	Tűzifa
Éves fűtési energia szükséglet [MJ/év]	Szigetetlen	100 800	100 800	100 800	100 800	100 800
	Szigetelt	64 800	64 800	64 800	64 800	64 800
Fűtőérték [MJ/kg]		44,00	17,00	16,89	15,88	16,00
Egységár [HUF/kg]		191	50	60	45	32
Éves tüzelőanyag szükséglet [kg]	Szigetetlen	2 291	5 929	5 968	6 348	6 300
	Szigetelt	1 473	3 812	3 837	4 081	4 050
Éves tüzelőanyag költség [HUF/év]	Szigetetlen	437 564	296 471	358 082	285 642	201 600
	Szigetelt	281 291	190 588	230 195	183 627	129 600
Megtakarítás a földgázhoz viszonyítva [HUF/év]	Szigetetlen	0	141 093	79 482	151 921	235 964
	Szigetelt	0	90 703	51 096	97 664	151 691



20. ábra: A tüzelőanyagok éves költségei

A 7. táblázatban 20. ábrán látható, hogy az éves tüzelőanyag költség a földgáznak a legnagyobb, míg a tűzifának a legkevesebb. A biomasszák közül a fa pelletnek a legnagyobb, míg az agri pelletnek és a fa brikettnak pedig közel megegyező

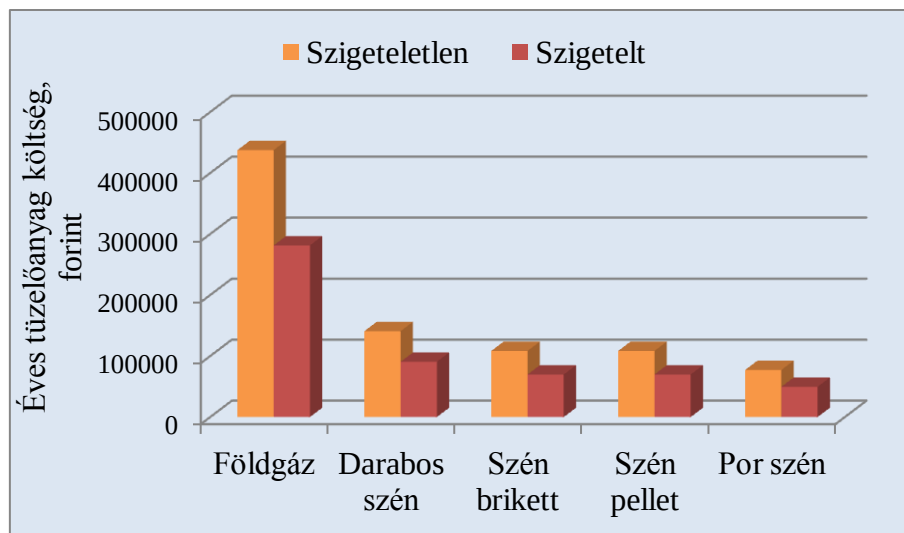


21. ábra: A tüzelőanyag váltással megtakarítható bio-tüzelőanyag költség

A **7. táblázat** és a **21. ábra** szemlélteti, hogy a tűzifa a leginkább gazdaságos tüzelőanyag a földgáz kiváltás céljából, mivel ezzel a tüzelőanyaggal 235 964 HUF-ot tudunk megtakarítani egy 100 m²-es szigeteletlen családi háznál. Ezzel ellentétben a fa alapú brikettal ugyan ilyen típusú és alapterületű háznál csak 141 093 HUF-ot tudunk megtakarítani, viszont a fa alapú pellettel csak 51 096 HUF-ot. A rosszabb minőségű agri pellettel 97 664 HUF-ot tudunk megtakarítani. Ez elsősorban az agri pellet 25%-al kisebb árának tudható be.

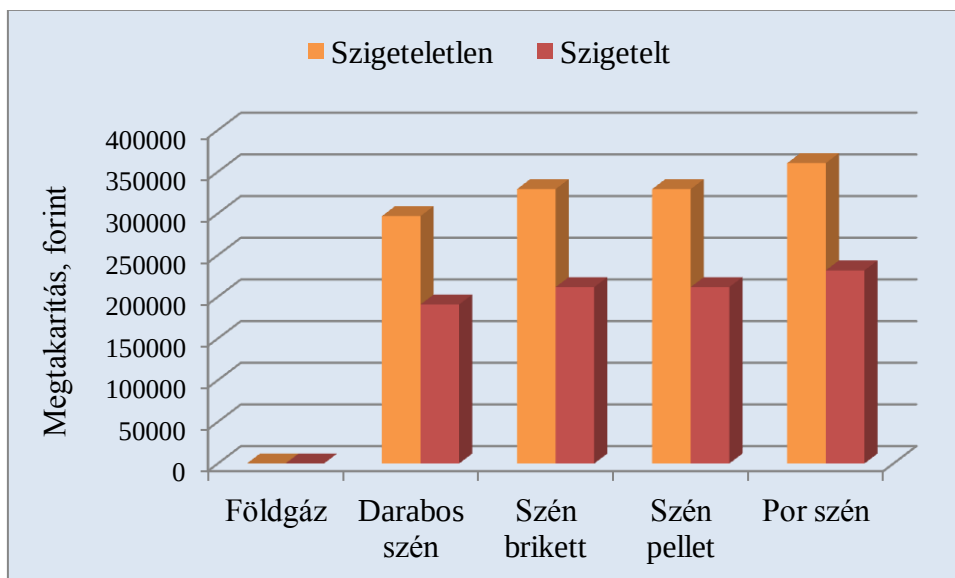
8. táblázat: Különböző fosszilis tüzelőanyagok éves költségei 100 m²-es, szigeteletlen és szigetelt családi ház esetében

	Ház típusa	Földgáz	Darabos szén	Szén brikett	Szén pellet	Por szén
Éves fűtési energia szükséglet [MJ/év]	Szigeteletlen	100 800	100 800	100 800	100 800	100 800
	Szigetelt	64 800	64 800	64 800	64 800	64 800
Fűtőérték [MJ/kg]		44	15,40	13,00	13,00	11,62
Egységár [HUF/kg]		191	21,50	13,97	13,97	8,89
Éves tüzelőanyag szükséglet [kg]	Szigeteletlen	2 291	6 545	7 754	7 754	8 675
	Szigetelt	1 473	4 208	4 985	4 985	5 577
Éves tüzelőanyag költség [HUF/év]	Szigeteletlen	437 564	140 727	108 321	108 321	77 118
	Szigetelt	281 291	90 468	69 635	69 635	49 576
Megtakarítás a földgázhoz viszonyítva [HUF/év]	Szigeteletlen	0	296 836	329 242	329 242	360 446
	Szigetelt	0	190 823	211 656	211 656	231 715



22. ábra: A tüzelőanyagok éves költségei

A **8. táblázat** és a **22. ábra** mutatja, hogy a földgáznak a legnagyobb az éves tüzelőanyag költsége. A különböző szén alapú tüzelőanyagok közül a szénpornak a legkisebb, míg a darabos szénnek pedig a legnagyobb az éves tüzelőanyag költsége, de látható, hogy sokkal kisebb a különböző szenek éves tüzelőanyag költsége, mint a földgáz éves tüzelőanyag költsége.



23. ábra: A tüzelőanyag váltással megtakarítható szén-tüzelőanyag költség

Az **8. táblázat** és a **23. ábra** mutatja a különböző fosszilis tüzelőanyagokra számított éves költségeket illetve, hogy a földgáz felhasználáshoz képest milyen megtakarítás érhető el. Ennél a vizsgálatnál egy környékbeli bányában bányászott szén és ezekből készült tömörítvényeket vizsgáltam. Jól látható, hogy a legnagyobb megtakarítás a porszén tüzelésével érhető el, ez 360 446 HUF, de ez csak erre a célra kifejlesztett egyedi porszén

tüzelésű kazánban tüzelhető el. A szén pellettel és a szén brikettel 329 242 HUF megtakarítás érhető el, az előkészítetlen darabos szénnel pedig a legkevesebb 296 836 HUF.

6.1 Komfortosság

A különböző tüzelőanyaggal működő berendezéseknek eltérő komfortossága van. A komfortosság nevezhető ún. kényelmi faktornak, ami a tüzelőanyag megrendelés, utánajárás, szállítás, a tüzelőanyag ellátás és a felhasználással járó tényezőkből tevődik össze [11].

Ebben a fejezetben a különböző tüzelőanyagokkal való fűtés komfortosságát vizsgálom. A vizsgálataim során a földgázhoz viszonyítok, ami ezek közül a legnagyobb kényelmi faktorral rendelkezik, hiszen a földgázt a háztartások csővezetéken kapják és a kazánban vagy konvektorban égetjük el, amivel annyi a dolgunk, hogy bekapcsoljuk és beállítjuk a megfelelő fokozatra, hőmérsékletre.

Tehát ha a földgáztüzelést jelöljük a nagyon magas kategóriának, akkor ehhez viszonyítva besorolhatjuk a többi tüzelőanyaggal való fűtés komfortosságát. A pellettüzelés az automatizálhatósága miatt magas, közel azonos kényelmi faktorral rendelkezik, mint a földgáztüzelés, a kisebb eltérés a tüzelőanyag beszerzéséből ered. A brikett és a hasábfá sokkal alacsonyabb komfortossággal rendelkezik, mert itt a tüzelőanyag beszerzés mellett még a tárolás illetve az automatizálhatóság hiánya is csökkenti a kényelmi faktort [11,21].

6.2 Szükséges beruházások

Ha a hőenergia termelést, földgáz helyett más tüzelőanyaggal akarjuk kiváltani, akkor ez minden esetben tüzelőberendezés cserével is fog járni. Ezért a gazdaságossági vizsgálatoknál ezt is figyelembe kell venni. Hiszen ezek a beruházások jelentős költséggel járnak, és jelentősen befolyásolják az egyes fűtési megoldások közötti választást [11,21].

Az egyes fűtés megoldások esetén felmerülő beruházások költségeit három csoportba osztottam. Ezek az:

- Alacsony költségű (~200 ezer HUF alatti megoldások): ebbe a csoportba tartoznak azok a berendezések, amelyek egy-egy helyiség fűtésére szolgálnak: pl.: kandallók, kályhák. Ezeknél a tüzelőberendezéseknél tüzelőanyag lehet a fahasáb, brikett és akár pellet is [11].
- Közepes költségű (200 ezer és 1 millió HUF között): ebbe a csoportba tartoznak a nagyobb teljesítményű kazánok, amelyekkel már nemcsak egy helyiséget lehet kifűteni, hanem egy egész családi házat. Ezeknél a berendezéseknél a tüzelőanyag lehet hasábfá, brikett illetve pellet is [11].

- Magas költségű (500 ezer és 2 millió HUF között): ebbe a csoportba tartoznak azok a tüzelőberendezések, amelyek az előző csoporthoz hasonlóan egy egész családi ház fűtésére megfelelőek, de már komolyabb technológiával rendelkeznek, automatizált és jobb hatásfokkal működtethetők. Pl.: az automata pelletkazánok, elgázosítási technológiával működő kazánok, ezekhez a berendezésekhez, ha automatizált, akkor esetlegesen hozzátartoznak egyéb kiegészítők (puffer, tároló) [11,21].

6.3 A beruházások megtérülési ideje

A fenti besorolásból megállapítható, hogy a földgáztüzelésű berendezések lecserélése más tüzelőberendezésre jelentős beruházási költséggel jár, éppen ezért fontos számolni a megtérülési idejükkal, mielőtt tüzelőberendezést váltunk. Ezért a következő táblázat azt mutatja be, hogy különböző fűtési megoldásoknak milyen megtérülési idejük van.

9. táblázat: Egyes fűtési megoldások megtérülési ideje egy 100 m²-es szigetetlen családi ház esetén.

Fűtési mód	Pelletkazán (25 kW)		Faelgázosító kazán (25 kW)		Gázkazán (20 kW)
Tüzelőanyag	Agri pellet	Fa pellet	Hasábfű	Brikett	Földgáz
Beruházási költség [HUF]	800 000	800 000	500 000		200 000
Berendezés hatásfoka [%]	82	82	86	86	89
Éves tüzelőanyag szükséglet [kg]	7 741	7 278	6 894	6 894	2574
Éves tüzelőanyag kiadás [HUF]	348 366	436 683	220 614	344 709	491664
Éves megtakarítás földgázhoz képest [HUF]	143298	54 981	271 050	146 955	0
Megtérülési idő [év]	5,6	14,6	1,8	3,4	0

A 9. táblázat szemlélteti, hogy ha a meglévő földgáz üzemű tüzelőberendezést fa pellettel üzemeltetett pelletkazánra szeretnénk lecserélni, akkor ez a beruházás ~15 év múlva fog megtérülni a számunkra, ami a lakosági beruházások megtérülésének határértéke feletti érték. Az agri pellet tüzelésű kazán megtérülési ideje ~6 év, ami a lakosági beruházások megtérülésének határértéke körüli érték. Az is látható, hogy ha faelgázosító kazánra cseréljük le a meglévő gázkazánt akkor brikettal üzemeltetve ~4, míg tűzifával pedig ~2 év alatt térül meg a beruházás. valószínű hogy, napjainkban ez a jó döntés! Fontos tudni, hogy ezek csak a

berendezések megtérülési ideje, a járulékos költségek miatt a beruházások megtérülési ideje növekedhet.

10. táblázat: Egyes fűtési megoldások megtérülési ideje egy 100 m²-es szigetetlen családi ház esetén.

Fűtési mód	Vegyes tüzelésű kazán (25 kW)				Gázkazán (20 kW)
Tüzelőanyag	Hasábfű	Brikett	Szén pellet, brikett	Darabos szén	Földgáz
Beruházási költség [HUF]	300 000	300 000	300 000	300 000	200 000
Berendezés hatásfoka [%]	85	85	85	85	89
Éves tüzelőanyag szükséglet [kg]	6 975	6 975	9 121	7 700	2574
Éves tüzelőanyag kiadás [HUF]	223 209	348 765	127 696	169400	491664
Éves megtakarítás földgázhoz képest [HUF]	268 455	142 899	363 968	322 264	0
Megtérülési idő [év]	1,1	2,1	0,8	0,9	0,0

A 10. táblázatból, jól látható, hogy a meglévő földgáz üzemű tüzelőberendezés cseréje esetén a leginkább megtérülő beruházás, ha egyszerű vegyes tüzelésű kazánt vásárolunk és ezt valamilyen szénféléssel üzemeltetjük, mert ebben az esetben a megtérülési idő 1 év vagy az alatt van. Ha a vegyes tüzelésű kazánt tűzifával üzemeltetjük, akkor ~1, míg brikettal üzemeltetve ~2 év alatt térül meg a beruházás. Ennek a fűtési módnak előnye még, hogy nem igényel jó előkészítésű tüzelőanyagot, ezért ezek a kazánok akár mezőgazdasági hulladékokkal is üzemeltethetők (kukoricaszár-, csutka, gyümölcsfanyesedék stb.), és ezt a lakosság gyakran alkalmazza is. Fontos tudni, hogy ezek csak a berendezések megtérülési ideje, a járulékos költségek miatt a beruházások megtérülési ideje növekedhet.

7. A TÜZELŐANYAG VÁLTÁS KÖRNYEZETI HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

A sokak számára drága földgázalapú hőellátás olcsóbb, lehetőleg megújuló energiahordozóval (elsősorban biomasszával) való kiváltási lehetőségeinek feltárásakor több probléma is adódhat. A feladat első közelítésben egyszerűnek tűnhet, mondhatjuk, hogy vegyük elő a 15-20 éve félretett kályhákat, kazánokat és tüzeljünk mostantól fával (jobb esetben, rosszabb esetben bármivel, amit elégethetőnek vélünk). Ezt a módszert manapság nagyon sok háztartásban – település mérettől függetlenül – választják, a kérdés csak az, hogy energiahatékonysági és környezetvédelmi szempontokat is mérlegelve jó- és elfogadható-e ez a megoldás? Ennek kapcsán elég emlékeztetni a városokat a fűtési szezonban oly gyakran veszélyeztető határértékeket meghaladó légszennyezésre, amelyet a szilárd tüzelőanyagú tüzelőberendezések füstgázai és a járművek kipufogógázai együtt okoznak.

A földgáz kiváltására alkalmas megoldások kutatásánál, tehát messzemenően figyelembe kell venni az energiahatékonysági- és környezetvédelmi követelményeket, és emellett a szűkös anyagiakkal bíró lakosság számára megfizethető alternatívákat kell ajánlani.

A tüzelőanyagok a környezetett gáznemű és szilárd anyagokkal szennyezik. Ezek a szennyezők a füstgázzal kerülnek a levegőben.

A tüzelőanyagok égetésekor keletkező füstgázok összetétele és mennyisége alapvetően a tüzelőanyag összetételétől, az égéshez szükséges levegő mennyiségétől a tüzelés módjától illetve a tüztér jellemzőitől függ [22].

A szilárd tüzelőanyagok és a földgáz nagyjából karbonból és hidrogénből állnak illetve a tüzelés szempontjából ezek a leginkább lényeges összetevők, de található bennünk kén, nitrogén illetve oxigén is. Ezen kívül még a szilárd tüzelőanyagok tartalmaznak szilárd nem éghető szervesetlen ásványi anyagokat, ami ugyancsak a levegőbe kikerülve szennyezi a környezetet. A gáznemű és szilárd tüzelőanyagok égésük során légszennyező anyagokat bocsátanak ki ezek közül a legfontosabbak a kén-oxidok, nitrogén-oxidok, szén-oxidok, por és korom [22,23,24].

A szén az oxigénnel alkotott vegyületei a szén-dioxid (CO_2) és a szén-monoxid (CO). A szén-monoxid rendkívül mérgező gáz, még kis mértékben huzamosabb időn át való belégzése is halálos mérgezést okozhat. A vérben a vörös vérszerek (hemoglobin) képződését gátolja. A szén-dioxid nem tekinthető légszennyező anyagnak, de a földet körülvevő légtér hőmérsékletét befolyásolja. A Föld időegység alatt ugyanannyi hőt sugároz ki, mint amennyit a Naptól kap. Ez a fajta kisugárzás hosszú hullámú infravörös sugarak alakjában történik, amelyet a Föld felső légkörében lévő gázok, mint a szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid, freon és az ózon abszorbeálják és felmelegedést – úgynevezett üvegházhatást – idéznek elő. Az

üvegházhatás lehetővé teszi, a földi életet, mert megfelelő hőmérsékletet biztosít az élőlények számára, de a szén-dioxid mennyiségének a növekedése a föld felszínének átlagos hőmérsékletét növeli. Tehát a szén-dioxidot nem tekintik szennyezőanyagnak, de a túlzott kibocsátása veszélyes a számunkra [22].

A nitrogén az oxigénnel alkotott vegyületei a levegőben NO és NO₂ keverék formájában van jelen, amit NO_x-nek szokás nevezni. Az NO_x kibocsátás szempontjából az égési folyamatok a meghatározóak. A fejlett ipari országokban az NO_x kibocsátás 40%-a a közlekedésből, míg az 50%-a a háztartási és ipari tüzelőberendezésekből és erőművekből származik. Az NO_x-ek toxikus légszennyező anyagok elsősorban tüdő és légúti megbetegedéseket idéznek elő, de a nitrogén-oxidok jelentősen hozzájárulnak a savas esők kialakulásához is [22].

A tüzelőanyagban lévő kén a füstgázzal a légkörbe kerül ahol leginkább a kén-dioxid és kén-trioxid formában van jelen. A kén-dioxid önmagában is mérgező anyag. Az élőlények szervezetére rendkívül veszélyes elsősorban légzési nehézségeket okoz, illetve a nyálkahártya gyulladás egyik fő okozója. A növényzetre is káros hatással van, mivel a leveleken lévő nedvességtartalom reakcióba lép a levegőben lévő kén-dioxiddal, és végeredményben gátolja a CO₂ asszimilációját, tehát magát a fotoszintézist. Ezen kívül az épületekre is káros hatással van, mert az építőipari kötőanyagokkal reakcióba lép. A kén-trioxid legkárosabb hatása, hogy a fémfelületeket korrodálja [22].

A vízgőz önmagában nem mérgező anyag természetesen, de a légkörben lévő vízgőz felelős a légköri sugárzások elnyelésért, a sugárzások körülbelül 65-70% nyeli el, különösen az infravörös tartományban, és mint a szén-dioxid esetében itt is a levegő felmelegedésével jár az elnyelődés. Tehát megállapítható, hogy a levegőbe jutó túlzott vízgőz tartalom a globális felmelegedés egyik legnagyobb előidézője [24].

A továbbiakban a tüzelőanyag elemi összetételéből kiindulva elvégzett égésméleti számításaim eredményeit mutatom be. A vizsgálat során a tüzelőanyagok tökéletes égését feltételezem.

A számításokhoz felhasznált reakció egyenletek:

- $C + O_2 \rightarrow CO_2$
- $S + O_2 \rightarrow SO_2$
- $2H + 0,5O_2 \rightarrow H_2O$
- $2N \rightarrow N_2$
- $H_2O \rightarrow H_2O$

A számításaimnál az alábbi összefüggéseket használtam:

Biomassza és szén tüzelőanyag esetén:

A továbbiakban a tüzelőanyag elemi összetételéből kiindulva elvégzett égésméleti számításaim eredményeit mutatom be. A vizsgálat során a tüzelőanyagok tökéletes égését feltételeztem, ezért csak a füstgáz CO_2' , SO_2' , $\text{H}_2\text{O}'$, N_2' és O_2' mennyiségét tudom meghatározni, de a gyakorlatban az égés tökéletlen és ezért nem csak ezekből az összetevőkből áll, hanem számos más gáz és szilárd szennyezőanyagokból, mint például CO , NO_x , SO_3 , por korom stb.. Tehát a számítások eredményei nem adnak teljes felvilágosítást, de jó útmutatást adnak arra vonatkozóan, hogy tüzelőanyag váltás esetén melyik tüzelőanyagnak a milyen környezetre gyakorolt hatása.

A számításokhoz felhasznált reakció egyenletek:

- $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2'$
- $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2'$
- $2\text{H} + 0,5\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}'$
- $2\text{N} \rightarrow \text{N}_2'$
- $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}'$

A számításaimnál az alábbi összefüggéseket használtam:

- Biomassza és szén tüzelőanyag esetén:

Először az égéshez szükséges oxigén mennyiségét kell meghatározni a reakcióegyenletek szerint:

$$V_{\text{O}_2} = \frac{1,86 \cdot \text{C} + 5,6 \cdot \text{H} + 0,7 \cdot \text{S} - 0,7 \cdot \text{O}_x}{100} \text{ [m}^3\text{/kg]}$$

ahol: C: a tüzelőanyag karbon tartalma [% m/m]

H: a tüzelőanyag hidrogén tartalma [% m/m]

S: a tüzelőanyag kén tartalma [% m/m]

O_x : a tüzelőanyag oxigén tartalma [% m/m]

Egy kg tüzelőanyag eltüzelése esetén a füstgázban lévő szén-dioxid tartalom.

$$V_{\text{CO}_2'} = \frac{1,86 \cdot \text{C}}{100} \text{ [m}^3\text{/kg]}$$

ahol: C: a tüzelőanyag karbon tartalma [% m/m]

1,86: a reakció egyenletből származtatható együttható, ami 1 kg karbon elégetése esetén keletkező szén-dioxid mennyiség [% m³/m³]

Egy kg tüzelőanyag eltüzelése esetén a füstgázban lévő kén-dioxid tartalom.

$$V_{SO_2}' = \frac{0,7 \cdot S}{100} \text{ [m}^3/\text{kg]}$$

ahol: S: a tüzelőanyag kén tartalma [% m/m]

0,7: a reakció egyenletből származtatható együttható, ami 1 kg kén elégetése esetén keletkező kén-dioxid mennyiség [% m³/m³]

Egy kg tüzelőanyag eltüzelése esetén a füstgázban lévő vízgőz tartalom.

$$V_{H_2O}' = \frac{1,24 \cdot H_2O + 11,2 \cdot H}{100} \text{ [m}^3/\text{kg]}$$

ahol: H: a tüzelőanyag hidrogén tartalma [% m/m]

H₂O: a tüzelőanyag nedvességtartalma [% m/m]

1,24: a reakció egyenletből származtatható együttható, ami megmutatja, hogy a tüzelőanyag eltüzelése esetén a benne lévő vízből mennyi vízgőz keletkezik [% m³/m³]

11,2: a reakció egyenletből származtatható együttható, ami 1 kg hidrogén égése esetén keletkező vízgőz mennyiség [% m³/m³]

Egy kg tüzelőanyag eltüzelése esetén a füstgázban lévő nitrogén tartalom.

$$V_{N_2}' = \frac{0,8 \cdot N_2}{100} + \frac{79}{21} \cdot n \cdot VO_2 \text{ [m}^3/\text{kg]}$$

ahol: N₂: a tüzelőanyag nitrogén tartalma [% m/m]

0,8: a reakció egyenletből származtatható együttható, ami megmutatja, hogy a tüzelőanyag eltüzelése esetén a benne lévő nitrogénből mennyi nitrogén gáz keletkezik [% m³/m³]

79/21: a levegő nitrogén tartalma.

n: légfelesleg tényező, biomassza esetén 1,2 szén esetén pedig 1,6

V_{O₂}: Az égéshez szükséges oxigén mennyisége [% m³/m³]

Egy kg tüzelőanyag eltüzelése esetén a füstgázban lévő oxigén tartalom.

$$V_{O_2}' = (n-1) \cdot VO_2 \text{ [m}^3/\text{kg]}$$

ahol: n: légfelesleg tényező

V_{O₂}: Az égéshez szükséges oxigén mennyisége.

- Földgáz tüzelőanyag esetén:

Először az égéshez szükséges oxigén mennyiségét kell meghatározni.

$$V_{O_2} = \frac{2 \cdot CH_4\% + 3,5 \cdot C_2H_6\% + 5 \cdot C_3H_8\% + 6,5 \cdot C_4H_{10}\%}{100} \text{ [m}^3/\text{m}^3]$$

ahol: CH₄, C₂H₆, ...: a földgáz szénhidrogén összetétele [v/v %]

Egy m₃ földgáz eltüzelése esetén a füstgázban lévő szén-dioxid tartalom.

$$V_{CO_2}' = \frac{CH_4\% + 2 \cdot C_2H_6\% + 3 \cdot C_3H_8\% + 4 \cdot C_4H_{10}\% + CO_2}{100} \quad [m^3/m^3]$$

ahol: $CH_4, C_2H_6, \dots$: a földgáz szénhidrogén összetétele [% m/m]

CO_2 : A földgáz szén-dioxid tartalma [% v/v]

Egy m^3 földgáz eltüzelése esetén a füstgázban lévő vízgőz tartalom.

$$V_{H_2O}' = \frac{2 \cdot CH_4\% + 3 \cdot C_2H_6\% + 4 \cdot C_3H_8\% + 5 \cdot C_4H_{10}\%}{100} \quad [m^3/m^3]$$

ahol: $CH_4, C_2H_6, \dots$: a földgáz szénhidrogén összetétele [% v/v]

Egy m^3 földgáz eltüzelése esetén a füstgázban lévő nitrogén tartalom.

$$V_{N_2}' = \frac{N_2}{100} + \frac{79}{21} \cdot n \cdot V_{O_2} \quad [m^3/m^3]$$

ahol: N_2 : a földgáz nitrogén tartalma [% v/v]

79/21: a levegő nitrogén/oxigén aránya,

n: légfelesleg tényező, 1,05

V_{O_2} : Az égéshez szükséges oxigén mennyisége m^3/m^3 .

Egy m^3 földgáz eltüzelése esetén a füstgázban lévő oxigén tartalom.

$$V_{O_2}' = (n-1) \cdot V_{O_2} \quad [m^3/m^3]$$

ahol: n: légfelesleg tényező

V_{O_2} : Az égéshez szükséges oxigén mennyisége.

A számításaim eredményei a **12. táblázat**ban látható. Ezeknél a számításoknál a földgáz eredményeit nem m^3/m^3 -ben adtam meg, hanem m^3/kg -ban, a mértékegység átváltás a megfelelő összehasonlíthatóság érdekében történt. Ezeket az eredményeket a **11. táblázat**ban közöltem.

11. táblázat: Az égésméleti számítások által kapott eredmények és azok átváltva az általam továbbiakban használt mértékegységben.

Tüzelőanyag	Füstgáz összetétel				
	V_{CO_2}'	V_{SO_2}'	V_{H_2O}'	V_{N_2}'	V_{O_2}'
Földgáz [m^3/m^3]	1,1592	0,000	2,2817	9,0687	0,1147
Földgáz [m^3/kg]	1,4862	0,000	2,9253	11,6265	0,1471

12. táblázat: A különböző tüzelőanyagok tökéletes elégetéséből származó füstgáz összetétele.

Tüzelőanyag	Füstgáz összetétel [m ³ /kg]				
	V _{CO2'}	V _{H2O'}	V _{N2'}	V _{O2'}	V _{SO2'}
Nyír hasáb	0,8584	0,8705	5,0914	0,2937	0
Fenyő hasáb	0,8800	0,8813	5,1236	0,3040	0
Akác hasáb	0,8400	0,8497	5,1909	0,2856	0
Tölgy hasáb	0,8244	0,8644	4,8957	0,2797	0
Nyár hasáb	0,8407	0,8694	4,9186	0,2875	0
Nyír brikett	0,8822	0,8551	5,4916	0,3025	0
Fenyő brikett	0,8939	0,8579	5,6467	0,3086	0
Akác brikett	0,8593	0,8504	5,4621	0,2933	0
Tölgy brikett	0,8595	0,8355	5,1320	0,2903	0
Nyár brikett	0,8653	0,8413	5,1523	0,2940	0
Fa pellet	0,8965	0,7329	4,8998	0,2854	0
Agri pellet	0,7514	0,6418	4,9796	0,2215	0
Szén pellet (25% biomassza tartalom)	0,6638	0,5279	5,2322	0,6080	0,02849
Porszén	0,5965	0,5853	4,8403	0,5711	0,02905
Szén darabos	0,7736	0,6227	6,1950	0,5594	0,03647
Szén brikett (25% biomassza tartalom)	0,6638	0,5279	5,2324	0,5750	0,02849
Földgáz	1,48617	2,9253	11,6265	0,1471	0

A számításokat a következő légfelesleg tényezőkkel végeztem. Földgáz esetén 1,05, biomasszák esetében 1,2, illetve szenek esetében pedig 1,6. A 11. táblázatban szereplő eredmények 1 kg tüzelőanyag eltüzelése esetén a légtérbe távozó különböző füstgáz komponensek értékei. Ezek az eredmények nem hordoznak önmagukban megfelelő információt a számunkra, mivel ezek csak fajlagos eredmények, de a további számítások céljából fontosak.

A továbbiakban egy 100 m²-es szigetetlen családi ház éves kibocsátás alakulását fogom vizsgálni különböző biomassza, szén és földgáz tüzelés esetében, ezeknek a számításoknak az eredményeit a **13. táblázat**ban közöltem. A számítást az alábbi képlet alapján végeztem el.

$$V_{\text{éves fsg komponens}'} = V_{\text{fsg komponens}'} * m_{\text{éves}}$$

ahol: $V_{\text{éves fsg komponens}'}$: éves szennyezőanyag kibocsátás adott komponensekre lebontva (CO₂, H₂O, SO₂, N₂, O₂) [kg]

$V_{\text{fsg komponens}'}$: szennyezőanyag kibocsátás egy kilogramm tüzelőanyag eltüzelése esetén, adott komponensekre lebontva (CO₂, H₂O, SO₂, N₂, O₂) [m³/kg]

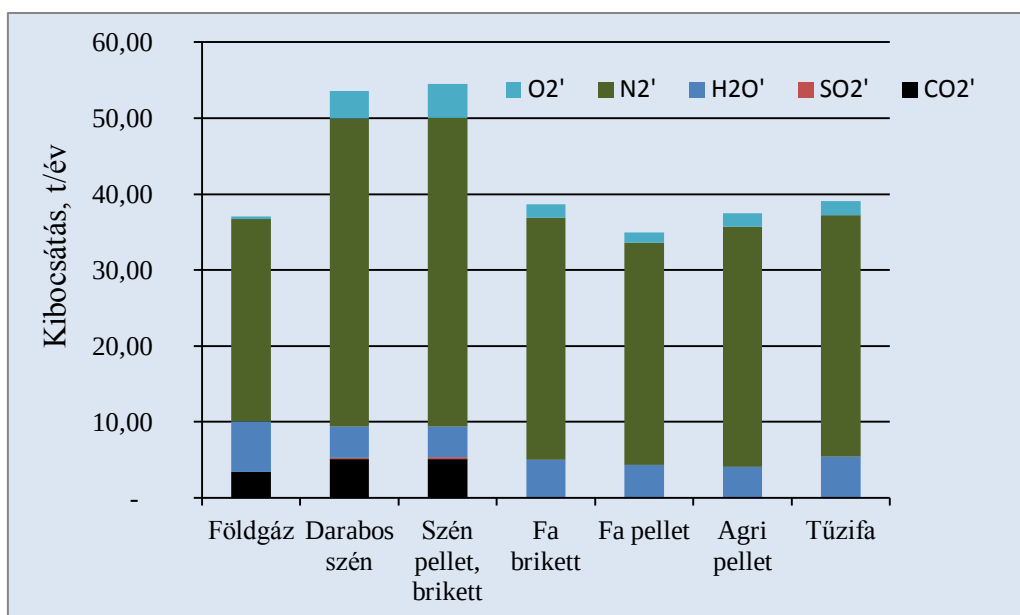
$m_{\text{éves}}$: éves tüzelőanyag szükséglet [kg]

13. táblázat: Egy 100 m²-es szigetetlen családi ház éves kibocsátása különböző tüzelőanyagok esetében

Tüzelőanyagok		Földgáz	Darabos szén	Szén pellet, brikett	Fa brikett	Fa pellet	Agri pellet	Tűzifa
Éves tüzelőanyag szükséglet [kg]		2 291	6 545	7 754	5 929	5 968	6 348	6 300
Éves kibocsátási értékek [t/év]	CO ₂ '	3,40	5,06	5,15	5,17	5,35	4,77	5,35
	CO ₂ ' ¹	3,40	5,06	5,15	0,00	0,00	0,00	0,00
	SO ₂ '	0,00	0,24	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00
	H ₂ O'	6,70	4,08	3,27	5,03	4,37	4,07	5,46
	N ₂ '	26,64	40,55	50,75	31,88	29,24	31,61	31,78
	O ₂ '	0,34	3,66	6,74	1,77	1,32	1,81	1,83

A 13. táblázatból látható, hogy a földgáznak a legkisebb a szén-dioxid kibocsátása, ha nem vesszük figyelembe, hogy a biomasszák CO₂ semlegesek. A földgáz eltüzelése esetén több mint 3 t CO₂ távozik évente, széntüzeléssel pedig 5 t. Látható, hogy a földgáz füstgázaival távozik évente a legtöbb vízgőz, a legkevesebb pedig a szén és az agri pellet füstgázaival. Szembetűnő, hogy a kibocsátott gáznemű anyagok legnagyobb része a nitrogén. A szén füstgázaival évente több mint 40 illetve 50 t, a földgázéval 26 t, míg a biomasszák füstgázaival pedig több mint 30 t nitrogén gáz távozik a levegőbe, ez a légfeleslegnek köszönhető. Tehát azt a következtetést lehet levonni, hogy a földgáz helyettesítése szénnel környezeti szempontból nem megfelelő megoldás, de a különböző biomasszák alkalmazása csökkentheti a szén-dioxid – ha CO₂ semlegesnek tekintjük - és a vízgőz emissziót, tehát a biomassza tüzelése környezetvédelmi szempontból is jó megoldás.

¹ A széndioxid éves kibocsátási értékei, ha elfogadjuk, hogy a biomassza szén-dioxid semleges.



24. ábra: Egy 100 m²-es szigetetlen családi ház éves kibocsátása különböző tüzelőanyagok esetében

A 13. táblázat és a 24. ábra szemlélteti, hogy a két fajta szén tüzelőanyagnak az éves kibocsátása a legnagyobb, a fapelletnek pedig a legkisebb. A fa brikettnak, az agripelletnek, a tűzifának és a földgáznak közel megegyező az éves kibocsátása. A biomasszák bocsátanak ki szén-dioxidot, de nem számítjuk bele a kibocsátásba, a már említett okok miatt. A szén hátránya, hogy kén-dioxid is távozik a füstgázzal. Az is látható, hogy a füstgázok legnagyobb hányada nitrogén, ami a légfeleslegnek tudható be.

8. ÖSSZEGZÉS

A dolgozatom eredményei azt bizonyítják, hogy a több fajta lehetőség kínálkozik, ha a háztartásban meglévő földgáztüzelést akarjuk helyettesíteni szilárd tüzeléssel. Mielőtt döntést hoznánk a beruházásról mindenképpen fontos dolgokat kell megvizsgálnunk. Egyik lényeges szempont, mint láthattuk a tüzelőanyag kiválasztása, mivel majd ehhez kell a megfelelő tüzelőberendezést vásárolni. Itt nyilván az egyik legfontosabb szempont az ár, az elemzésből látható, hogy a biomassza alapú tüzelőanyagok közül a tűzifa a legolcsóbb, a különböző tömörítvények ennél mindig drágábbak. A tüzelésre szóbajöhető szénfélések közül pedig éppen a tömörítvények a legkedvezőbbek.

A másik szempont volt a tüzelőberendezés és tüzelőanyag függvényében a beruházás megtérülési ideje. Itt az volt a megállapítható, hogy legrövidebb idő alatt nyilván az egyszerű műszaki háttérű és olcsó vegyes tüzelés kazánok térülnek meg. Különböző szénfajtákkal üzemeltetve akár a beruházásunk már egy év múltán megtérül. A vegyes tüzelésű kazánok tűzifával üzemeltetve is jó megoldásnak kínálkozik, de az olcsóság a komfortosság rovására megy, a gyakori tüzelőanyag adagolás, hamuzás stb. A komfortosságot növelhetjük a faelgázosító kazánokkal, ám ennek a beruházási költsége nagyobb és sokkal jobb és állandó minőségű tüzelőanyagot igényel, de ez a fajta beruházás is jó megoldásnak bizonyult. Látható, hogy a különböző pellet kazánok nem jelentenek igazi alternatívát ma még, mert a beruházási költsége is nagy, illetve a tüzelőanyag költsége is, így természetesen nem fog megtérülni a befektetett pénz, de kijelenthető, hogy a földgáztüzeléssel a komfortosság szempontjából a leginkább a pellettüzelésű kazánok tudnak versenyre kelni.

Környezeti hatás vizsgálatnál látható volt, hogy a biomassza eredetű tüzelőanyagok jó megoldást jelentenek, mivel a földgázhoz képest a kibocsátás jelentősen mérsékelhető és a biomasszának fontos jellemzője, hogy ezek CO_2 semlegesek ez azt jelenti, hogy a tüzelése során csak annyi CO_2 -t bocsát ki amennyit a növény a növekedése során megköt. Mint látható volt a szénfajták is jelentősen növelik a kibocsátást és nagy hátránya, hogy a szenek jelentős mértékben tartalmazznak kén-t, ami a levegőbe kén-dioxid és kén-trioxid formájába kerül, korrodálja a berendezést illetve jelentős környezeti problémákat okoz. Ezért nem feltétlenül a legjobb megoldás a szenek alkalmazása.

Az általam elvégzett vizsgálatok eredményei iránymutatást adnak ezekhez a döntésekhez, ám ez a téma még rengeteg vizsgálatot követel. Ami nem csak elméleti számításokat foglalja magába, hanem konkrét berendezések tesztelését is.

9. IRODALOM

- [1] Bizsók Krisztina, Az Európai Unió földgázellátásának jövőképe, Budapest, 2009, p. 74.
- [2] Szemmelveiszné dr. Hodvagner Katalin, Energiahordozók, Miskolc, 1998, p. 255.
- [3] Rónai Tímea, A magyar gázszállító rendszer aspektusai, Miskolci Egyetem, 2010, p.27.
- [4] http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statistical-review/statistical_review_of_world_energy_2013.pdf
- [5] Magyar Energetikai Hivatal, Vezetékes energiahordozók statisztikai évkönyve 2011, Budapest, 2012, p. 162.
- [6] <http://energiapedia.hu/honnan-jon-a-foldgaz>
- [7] <http://www.mol.hu/gazkerdes/szallitas.html>
- [8] Szemmelveisz Tamásné, Települések fenntartható hőellátása, avagy lehetőségek a „földgázon túl” előadás, Miskolc, 2013, p. 25.
- [9] Bai Attila Lakner Zoltán Marosvölgyi Béla Nabrádi András, A biomassza felhasználása, Szaktudás Kiadó Ház, 2002, p. 228.
- [10] http://www.mgiri.org/publications/Energy_Technology.pdf
- [11] Németh Kornél, Dendromassza-hasznosításon alapuló decentralizált hőenergiatermelés komplex elemzése, Pannon Egyetem, 2010, p. 151.
- [12] Arifa Sultana, Amit Kumar, Ranking of biomass pellets by integration of economic, environmental and technical factors, University of Albert, 2012, p. 12.
- [13] http://www.biodimensions.net/West_Kentucky_Agricultural_Biomass_Pellet_Report_-_Final_Version__02_27_12_.pdf
- [14] <http://pubs.cas.psu.edu/freepubs/pdfs/uc203.pdf>
- [15] Papp Viktória Marosvölgyi Béla, A biomassza-bázisú pellet, mint energiahordozó előállításának és hasznosításának energetikai kérdései, Magyar Energetika szaklap, 2012. 2 szám, p. 12-14.
- [16] Papp Viktória Marosvölgyi Béla, A pellet mint megújuló energiahordozó előállítása, hasznosítása és energetikai értékelése, Energiagazdálkodás szaklap, 2012. 2 szám, p. 18-20.
- [17] Mádainé Üveges Valéria, Fás szárú biomassza fűtési célra történő felhasználásának lehetőségei, Miskolci Egyetem, 2012 2 szám, p. 18.
- [18] S. Mani S. Sokhansanj X. Bi A. Turhollow Economicsof producing fuel pellets from biomass, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006, p. 6.

- [19] Kazai Zsolt, A Mezőgazdasági, erdőgazdálkodási és a feldolgozóiparból származó biomassza melléktermékek energetikai felhasználásának lehetőségei, Esztergom, 2010, p.64.
- [20] www.klimairoda.hu/karbonpiac/download/kiadvanyok/Alternativ%20energiatermel%C3%A9s%20a%20gyakorlatban.pdf
- [21] Sziranyiné Herman Petra, Egy hazai családi ház kivitelezésénél használható környezetbarát technológiai lehetőségek és megtérülésük vizsgálata, Eötvös Lóránd Tudomány Egyetem, 2012, p. 63.
- [22] Szűcs István, Woperáné Serédi Ágnes, Levegőtisztítás, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2001, p. 263
- [23] Hutkainé Göndör Zsuzsanna, Koós Tamás, Szűcs István, Faalapú biomassza energiacélú hasznosításának globális és helyi levegőkörnyezeti hatásai, Anyagmérnöki Tudományok, 2013, p. 137-146.
- [24] http://epa.oszk.hu/00000/00028/00041/pdf/musze_EPA00028_2010_49_29-35.pdf