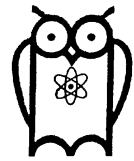




MISKOLCI EGYETEM
MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT
3515 MISKOLC Egyetemváros



Földgáz tüzelés faaprítékkal történő helyettesítésének vizsgálata távfűtésben

Készítette:

Révész Márk
Mátyus Péter

III. éves Anyagmérnök BSc hallgató

Konzulens:

Boros Éva
Dr. Szűcs István

Energia és Minőségügyi Intézet
Tüzeléstani és Hőenergia Intézeti Tanszék

2011. november

Tartalom

1	Bevezetés.....	3
2	Biomasszák hőfejlesztési célú felhasználása.....	4
3	Megújuló energiahordozók Európában és hazánkban.....	7
	3.1. Megújuló energiahordozók az Európai Unióban.....	7
	3.2. Magyarország megújuló energiapolitikája	9
4	A vizsgált városrész távhő ellátási rendszere	13
	4.1. A kazánház havonkénti hőforgalma	15
	4.2. A Diósgyőri városrész távhő szolgáltatásának földgázzal faaprítékre történő átállításának indokai, lehetőségei	19
	4.3. Műszaki javaslat a hőenergia termelés faapríték alapú megoldására	21
	4.3.1. Az aprítéktüzelésű kazánok kiválasztásának szempontjai	21
	4.3.2. A Diósgyőri lakótelepre javasolt apríték tüzelésű berendezés fontosabb jellemzői.....	22
	4.4. Az apríték tüzelés eredményeként várható tüzelőanyag költségmegtakarítás.....	25
	4.5. A faapríték tüzeléstechnikai számításai.....	26
	4.5.1. Az apríték égési levegő igénye és fajlagos füstgázmennyisége	26
	4.5.2. Az elméleti égési hőmérséklet meghatározása	33
	4.6. A nettó szén-dioxid kibocsátás csökkenés az apríték tüzelés eredményeképpen.....	34
5.	Összefoglalás.....	37

1 BEVEZETÉS

Az utóbbi évtizedek globális környezeti, gazdasági, kereskedelmi és politikai változása azt követelik, hogy ahol csak lehet a földgázt más, - a felhasználás helyéhez közel rendelkezésre álló megújuló - energiahordozókkal helyettesítsük. Az egyre dráguló földgáztüzelésről más alternatív energiahordozóra átállás indokainak egy része közismert, más részüket csak az energetikával hivatásszerűen foglalkozó szakemberek ismerik kellő mélységig.

A földgáz a fosszilis energiahordozók közül a legközkedveltebb, mert a legkényelmesebben használható mind ipari, mind kommunális célú hőfejlesztésre. Egészen különleges feladatok biztonságos megoldására lehet egyedi égőket tervezni, gyártani és üzemeltetni, kiválóan alkalmas a technológiák által megkövetelt optimális lángjellemzők létrehozására.

Szakirodalmi források, valamint hazánk és az Európai Unió energiapolitikájának tanulmányozása alapján áttekintettük a megújuló energiahordozók, ezen belül a biomasszák európai és hazai felhasználásának kérdéskörét.

A földgáz helyett megújuló energiahordozókból történő hőenergia termelés volumenének növelése komoly műszaki, gazdasági, társadalmi kihívást jelent. A gazdaságos megoldások kidolgozása érdekében jól megalapozott kutatások és a konkrét gyakorlati feltételeket és követelményeket figyelembe vevő fejlesztések szükségesek. Ebben a feladatkörben az energiahordozók ára és a környezet terhelés mellett a legnagyobb figyelmet a felhasználók biztonságos kiszolgálására kell fordítani.

Dolgozatunkban az utóbbi hét év adatainak elemzésével megvizsgáltuk egy közel 3 300 lakásos lakótelep - eddig földgáztüzelésű melegvíz kazánokra alapozott - távfűtési rendszerének a havonta jellemző hőfelhasználási mutatóit. Ezekből arra a következtetésre jutottunk, hogy a fűtési és a használati melegvíz termelés hőigényének jelentős része földgáz helyett faapríték tüzeléssel is biztosítható. Amit hulladékfából építkezési mezőgazdasági folyamatok melléktermékeként, vagy helyben termesztett energia növényekből állítanak elő [1]. A téli maximális és a nyári minimális hőigény figyelembe vételével meghatároztuk az újonnan beépítendő faapríték tüzelésű kazán kimenő teljesítményét.

A faapríték legfontosabb tüzeléstechnikai jellemzői és a hőigények alapján előzetes számításokkal meghatároztuk az eltüzelendő faapríték tömegáramának értékeit. A tüzelőanyagok hőegyenértékére vonatkozó árának különbségéből meghatároztuk annak a

költségmegtakarításnak a havonta és az éves szinten várható értékét, amelyet a földgáznak faapríték tüzelésre való átváltása eredményez.

2 BIOMASSZÁK HŐFEJLESZTÉSI CÉLÚ FELHASZNÁLÁSA

A földgáztüzelésről más alternatív, megújuló energiahordozóra, pl. faapríték tüzelésre átállítás indokainak egy része közismert, más részüket csak az energetikával hivatásszerűen foglalkozó szakemberek ismerik kellő mélységig.

A földgáz a fosszilis energiahordozók közül a legközkedveltebb, mert a legkényelmesebben használható mind ipari, mind kommunális hőfejlesztésre. A több évtizedes kutató fejlesztő tevékenységek eredményeképpen nagyon megbízható, nagy sorozatban gazdaságosan gyártható és üzemeltethető égőket fejlesztettek ki, és katalógusból kiválasztható módon forgalmazzák a gyártó cégek. A transzport folyamatok alkalmazásával egészen különleges célra lehet egyedi égőket tervezni és gyártani.

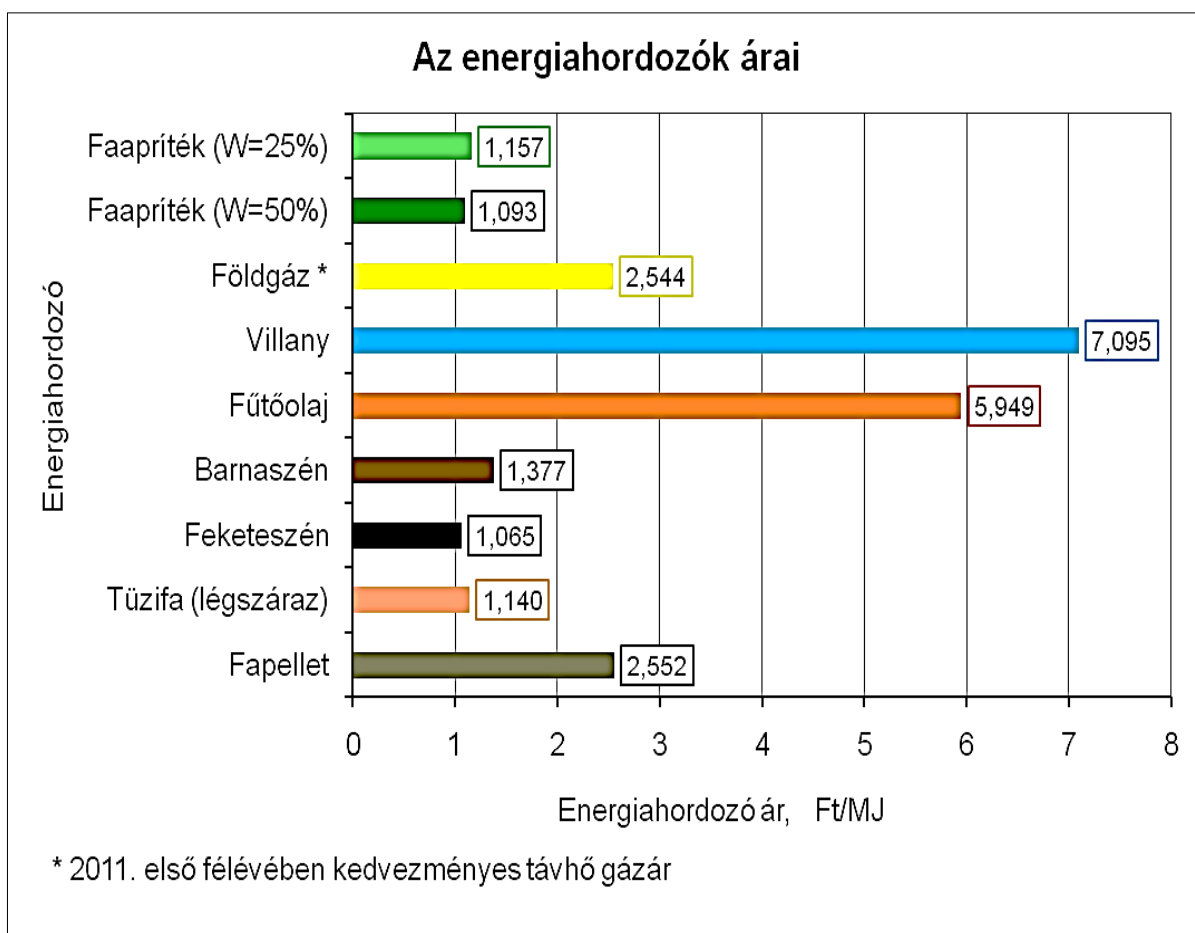
Különösen nagy előnye, hogy az elégetett földgáz térfogatáramának változtatásával a berendezések hőmérséklete széles intervallumban jól szabályozható. Emellett kiválóan alkalmas a technológiák által megkövetelt optimális lángjellemzők – lánghossz, szélesség, hőmérséklet-, koncentráció-, és sebességmező - létrehozására. A fosszilis energiahordozók közül a legtisztább, mind az elégetés körülményei, mind a környezetterhelés szempontjából. Éppen a fenti előnyei tették lehetővé, hogy hazánkban is – a fejlett ipari országokhoz hasonlóan – hosszú évtizedeken keresztül hazánkban is ezen alapult a távhőszolgáltatás.

Az utóbbi évtizedek globális környezeti, gazdasági és politikai változásai azt követelik, hogy ahol csak lehet földgáz helyett más, alternatív, megújuló energiahordozókkal helyettesítsük.

A földgáz felhasználás csökkentésének főbb okai a következők:

- hazánk földgáztermelése évről évre folyamatosan csökken, a szükséges mennyiség döntő részét importból, főleg orosz relációból szerezzük be;
- a földgáz ára a nemzetközi energiapiacra az átlagosnál gyorsabban növekszik, az import ellentételezése egyre nagyobb terhet ró a nemzetgazdaságra;

- a földgáz döntő része politikailag instabil forrásokból származik, így az importáló országok felé nemcsak gazdasági, hanem politikai nyomás gyakorlására is használható (ne feledkezzünk meg a rendszeresen jelentkező orosz ukrán gázvita hazánk gázellátásának biztonságára kifejtett hatásáról!);
- fűtőgázból nagy mennyiséget csak különleges körülmények között, pl. kimerült gázmezők üregeiben lehetséges tárolni;
- gázból a felhasználás helyén maximum néhány órára elegendő tartalék tárolható csak, miközben a tartalék képzése nagy térfogatú, nagy nyomású, drága berendezéseket igényel;
- a fosszilis energiahordozók karbon komponensei a közismert üvegházhatást kifejtő szén-dioxiddá égnek el;
- a klímakutatók tudományos tényekkel támasztják alá azt a feltételezést, amely szerint a globális felmelegedés egyik fő oka a fosszilis tüzelőanyagok égéséből légkörbe jutó szén-dioxid;
- 2011. július 1-től országosan megszüntették a gázmotorokkal előállított villamos áram kötelező átvételét (KÁT), a gazdaságtalanná vált gázmotorokat leállították, így nem éri meg az éves lakótelepi hőigény közel felét kitevő olcsó, „Vásárolt” melegvizet ebből beszerezni;
- A földgáz szállítása több ezer kilométeres csővezetéken keresztül történik, a rendszer meghibásodása komoly ellátási nehézségeket okozhat különösen akkor, amikor a fűtési szezonban éppen a legnagyobb szükség van a folyamatos biztosítására;
- biomasszák elégetése globálisan „szén-dioxid semleges”, elvileg 0 szén-dioxid kibocsátást okoz, mert nem a Föld mélyéből kerül az atmoszférába a CO₂, hanem, az a karbon jut ismét vissza a levegőbe, amit a növények életük során az asszimiláció folyamataival a levegőből vontak ki;
- hazánkat nemzetközi egyezmények kötelezik a szén-dioxid kibocsátás csökkentésére.

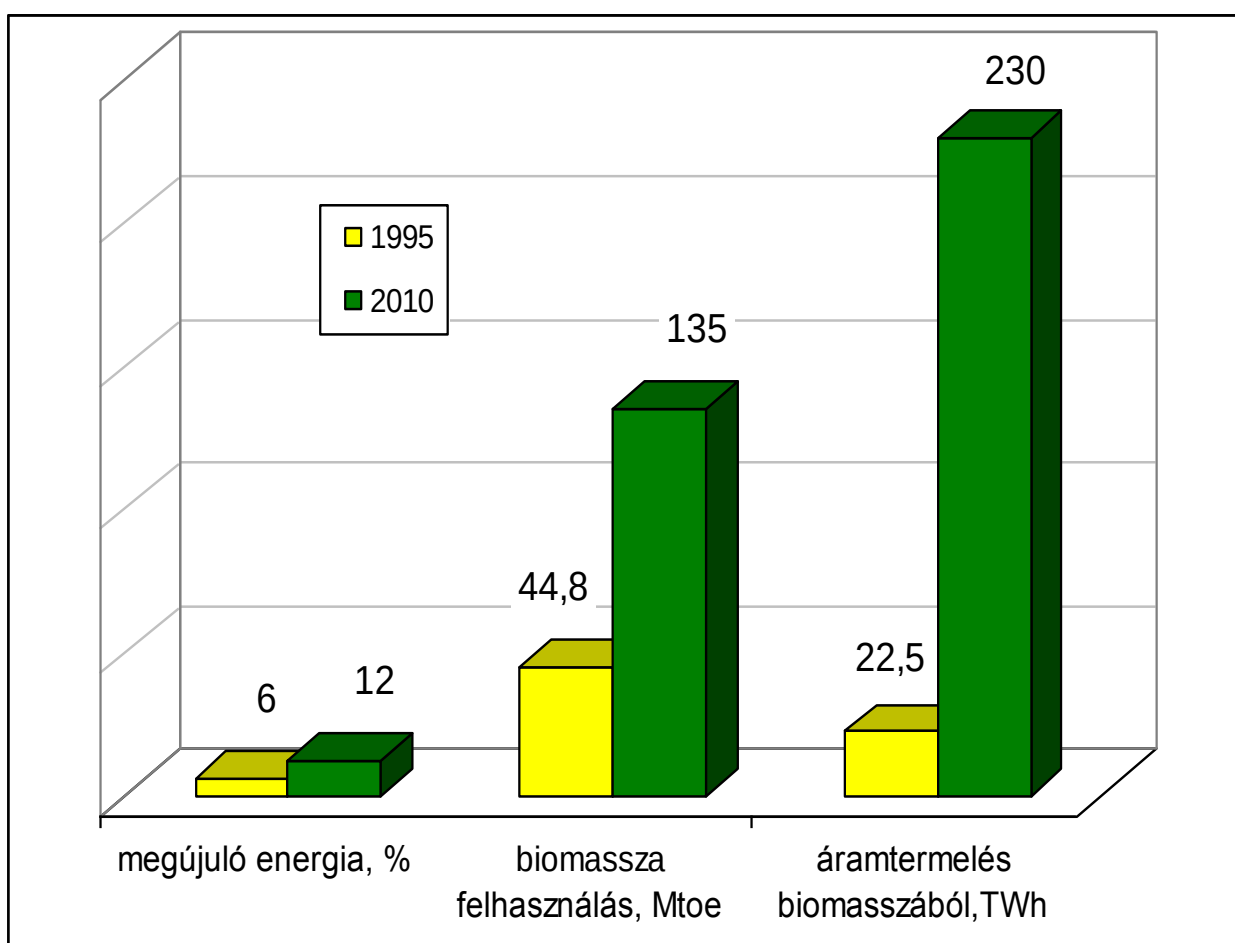


1. ábra Távfűtési energiahordozó árak 2011 első félévében

3 MEGÚJULÓ ENERGIAHORDOZÓK EURÓPÁBAN ÉS HAZÁNKBAN

3.1. Megújuló energiahordozók az Európai Unióban

Az EU Bizottság által 1997. novemberében kiadott „A jövő energiaforrásai – a megújuló energiahordozók” c. „Fehér könyv”-ben kitűzte tagállamai számára az energetikában elérendő célokat (**2. ábra**) [2].



2. ábra Energiafelhasználási célkitűzések az EU „Fehér Könyv” –ben [2]

Megjegyz.: Mtoe –a millió tonna olaj egyenérték

A megújuló energiahordozók részarányának növelése csak piaci alapokon nem oldható meg, ezért az EU támogatási lehetőségeket biztosít a megújuló energiaforrások elterjedésének segítése érdekében.

A megújuló energiahordozókból történő energiatermelés volumenének növelése is komoly műszaki, gazdasági kihívást jelent, megalapozott kutatások, fejlesztések szükségesek a biztonságos és gazdaságos megoldások kidolgozása érdekében [3, 4, 5].

1. táblázat. A megújuló energiahordozók részaránya EU 15-ben és Magyarországon, %

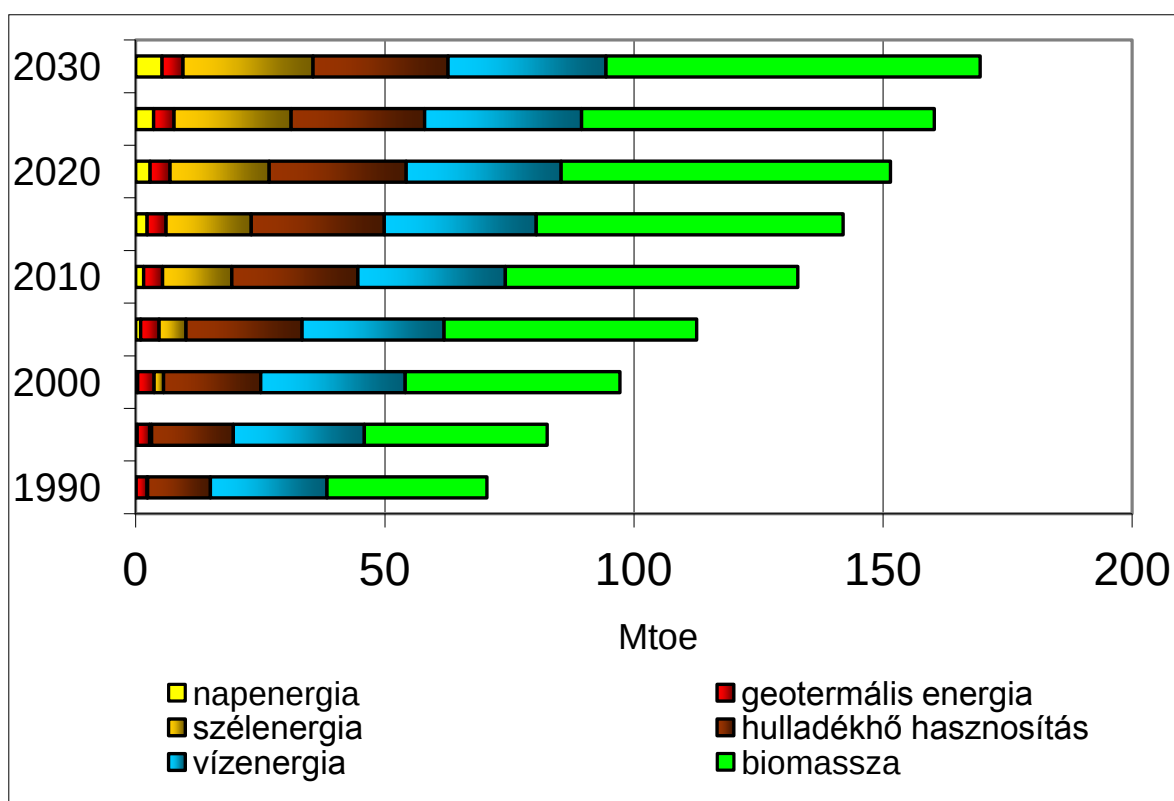
Ország	%	Ország	%
Svédország	25,4	Olaszország	5,5
Ausztria	24,3	Írország	2,0
Finnország	21,3	Németország	1,8
Portugália	15,7	Hollandia	1,4
Dánia	7,3	Luxemburg	1,4
Görögország	7,3	Belgium	1,0
Franciaország	7,1	Egyesült Királyság	0,7
Spanyolország	5,7		
EU átlag	5,3	Magyarország	4,5

Az **1. táblázat** adatait elemezve megállapíthatjuk, hogy az egyes tagállamok helyzete nagy különbségeket mutat. A megújuló hasznosításában élenjáró országok (Svédország, Ausztria, Finnország) melynek kihasználtsági foka Európában közel van a lehetőségek határához) és biomassza potenciáljuknak köszönhetik előnyös helyzetüket. A fejlődés elsősorban, a támogatásoknak köszönhető. Mindezt figyelembe véve, gyakorlatilag egy lehetőség, a biomassza minél szélesebb körű energetikai hasznosítása segíthet a kitűzött célok elérésében. A 25 tagállamú Európai Unió megújuló energiafelhasználásának alakulását a 3. ábra mutatja. Az Európai Unióban a biomassza energiatermelő potenciálja a legjelentősebb, ezért annak felhasználása növekedni fog.

Számos tényező nehezíti a megújuló energiaforrásokra való áttérést, többek között a beruházási költségei magasnak tűnnek. Az externális költségek beépítése, azaz a "szennyező fizess" elv alkalmazása piaci érdekeket sértene, és a versenyképesség csökkenésével járna,

ezért a megújuló energiák alkalmazására való ösztönzés jelenleg kormányzati, illetve hatósági segítséggel érhető el. De muszáj növelni a faapríték energiatermelésre való hasznosítását is ha Európa el akarja érni a 2020-ra tervezett megújuló energiaforrásokkal szemben támasztott céljait [6].

Az Európai Unió kidolgozta az "Intelligens Energia Európáért" című programot, amely támogatásokat nyújtott (SAVE, ALTENER, STEER, COOPENER) az energiahatékonyság növelésének és a megújuló energiahordozók alkalmazásának érdekében [7, 8, 9, 10, 11].



3. ábra Az EU-25 megújuló-energia felhasználásának alakulása a középtávon [12]

3.2. Magyarország megújuló energiapolitikája

A megújuló energiaforrások hasznosításának szükségességét hazánkban számos kényszerítő tényező indokolja:

- Csökkenthető a hazai fosszilis tüzelőanyagok felhasználásának mértéke, javítható a környezet állapota és mérsékelhető az importfüggőség.

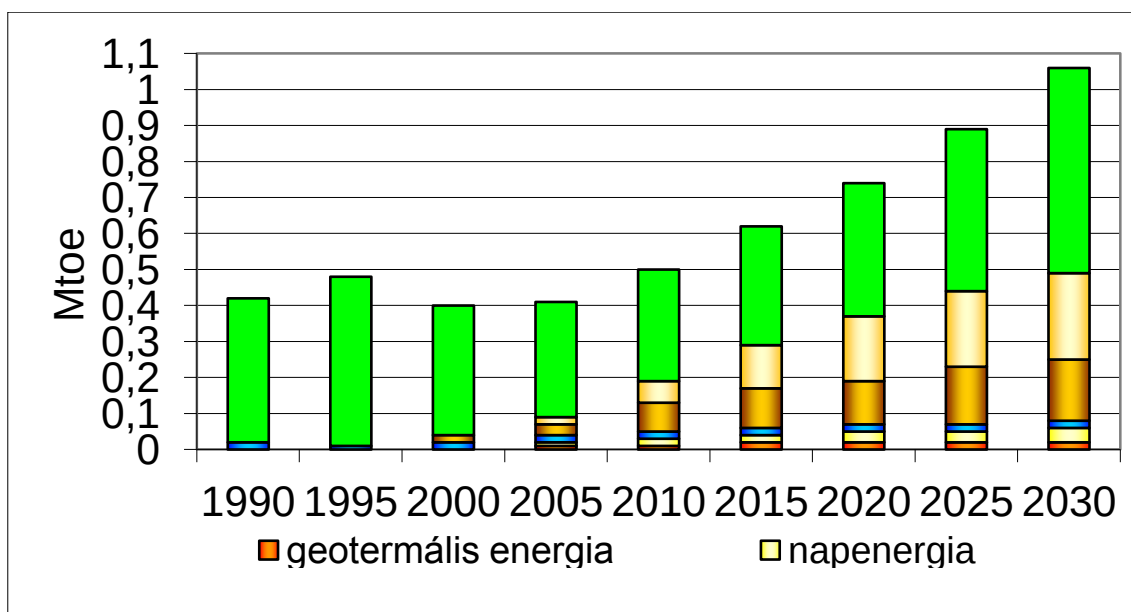
- Magyarország az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményének aláírásával vállalta, hogy szén-dioxid emisszióját a következő időben az 1985-1987. időszak átlagán stabilizálja.

Hazánk ratifikálta a Kyotói Jegyzőkönyvet, melynek értelmében 2008-2012. időszakra az 1990-es szén-dioxid kibocsátáshoz képest 6 %-os csökkenés elérését vállalta.

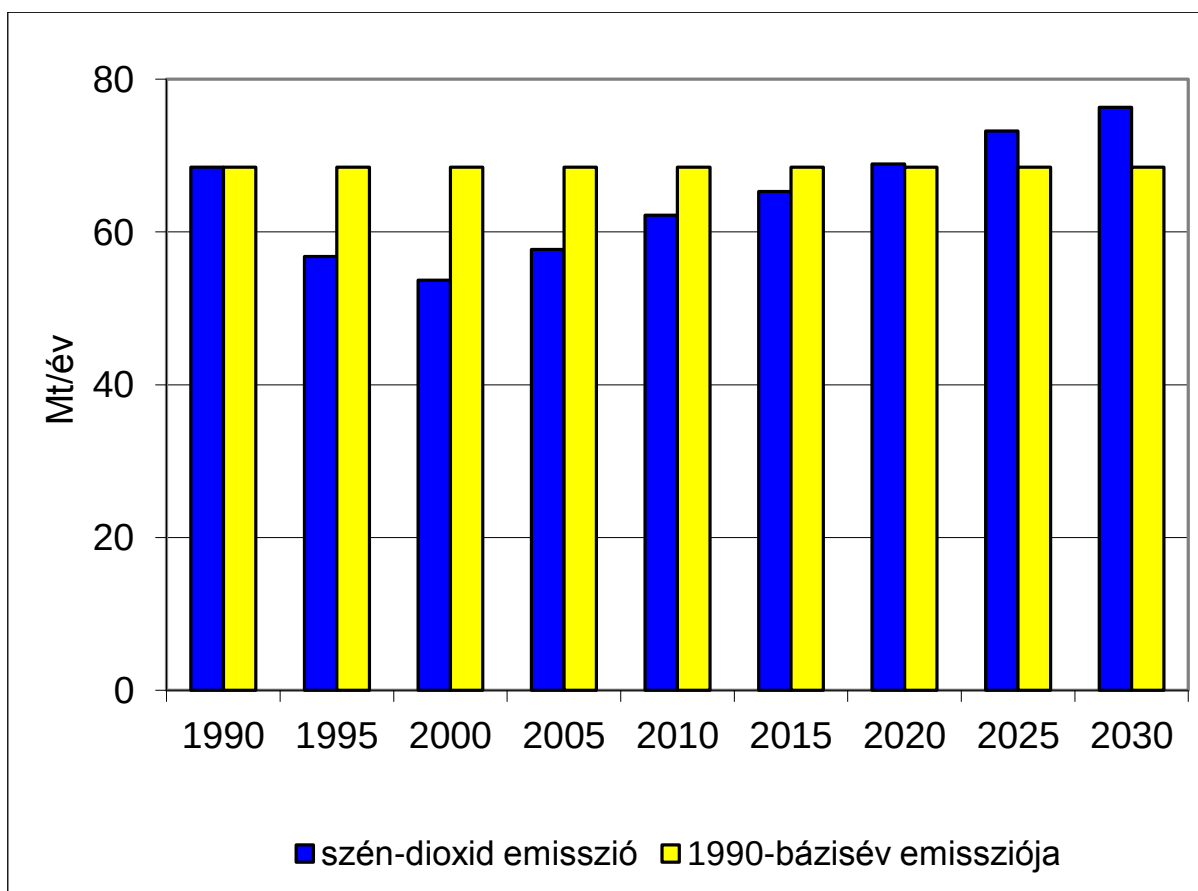
Az oslói egyezmény kötelezi Magyarországot, hogy kén-dioxid emisszióját 2000-re 45 %-kal, 2005-re 50 %-kal és 2010-re pedig 60 %-kal csökkentse. Magyarország az Európai Unióhoz való csatlakozásával vállalta, hogy a megújuló energiaforrások felhasználási részarányát a folyamatos növeli.

A fent említett kötelezettségek és vállalások igen célirányos műszaki - gazdasági tevékenységgel és állami szerepvállalással valósíthatók meg. A **4. és az 5. ábra** a megújuló energiahordozók felhasználásának változását, és a CO₂ kibocsátás alakulását mutatja 2030-ig.

Az állami támogatásokon kívül számos helyi, vagy regionális kezdeményezésű program nyújthat segítséget az energiaágazatok fejlesztésében, és Magyarországnak, mint az Európai Unió tagállamának természetesen hozzáférhetők a már említett uniós támogatások is, ami csökkenti a költségek lakosságra terhelt hányadát.



4. ábra A megújuló energiahordozók felhasználásának kifejezése millió tonna olaj egyenértékben hazánkban



5. ábra Magyarország szén-dioxid kibocsátása [15]

A táblázatokba foglaltakat elemezve, ismételten megállapíthatjuk, hogy hazai körülményeink között, a biomassza hasznosítása a leginkább célravezető megoldás a megújuló energiahordozók részarányának növelésében.

A biomassza hasznosításának várható közvetlen eredményei:

- növeli a régió energiaellátás biztonságát;
- mérsékli az energiahordozók területén fokozódó importfüggőséget;
- takarékoság a fosszilis energiaforrásokkal;
- a mezőgazdaság a jelenlegi energiafogyasztó szerepből részben energiatermelő szerepkörbe léphet át;
- a termőföld térségi adottságokhoz igazodó hasznosítása;
- hazánk teljesíteni tudja a nemzetközi környezetvédelmi elvárásokat.

A biomassza hasznosításának várható közvetett eredményei:

- környezetvédelmi szempontoknak megfelelő agrártermelés kiterjesztése;
- racionális földhasználat kialakítása, különösen a nem okszerűen hasznosított térségekben;
- csökkenti az élelmiszer túltermelési válságok kialakulásából eredő szociális feszültségeket;
- növeli a régió népesség-megtartó erejét [13].

Az előbbi hátrányok mérséklése, kiküszöbölése mellett további gazdasági, társadalmi, egészségügyi és szociális előnyökkel jár a biomassza energetikai célú hasznosítása:

- a régióban megtermelt biomassza lecsökkenti és stabilizálja a távhő előállítás energia költségeit;
- az apríték költsége helyben – Miskolcon és marad, és nem a „gáz multik” szivattyúzzák ki a régióból;
- az energianövény termesztése és az apríték előállítása új munkahelyeket teremt;
- növekszik az energiahordozó ellátásának biztonsága;
- csökken hazánk függősége az import gázt szállító országoktól;
- csökken a szén-dioxid kibocsátás.

4 A VIZSGÁLT VÁROS RÉSZ TÁVHŐ ELLÁTÁSI RENDSZERE

A MIHŐ Miskolci Hőszolgáltató Kft. Magyarország második legnagyobb távfűtési rendszerét üzemeltető közszolgáltató, amely Miskolc város közel 32 000 lakossági és ezen felül mintegy 1 000 közületi felhasználónak nyújt fűtési és használati melegvíz szolgáltatást.

Miskolc évi átlagos távhő igénye 1 200 - 1 300 TJ/év között ingadozik az évi középhőmérséklettől függően. A teljes hő felhasználás 83 %-át a Tatár úti Fűtőmű juttatja el a Belvárosi (42 %) és az Avasi (41 %) lakótelepekre. A másik két számottevő kazánteleg közül az összes távhő 8,4 %-át a Diósgyőri lakótelepi kazánház szolgáltatja. A többi kazánteleg összes hőszolgáltatása még a 10 %-ot sem éri el. A távhő kb. 80 %-át az épületek fűtésére, a fennmaradó 20 %-át használati meleg vízként fogyasztják a lakók és a távhő rendszerre kapcsolt közületek.

A dolgozat további részében csak a Diósgyőri lakótelep kazánházára jellemző legfontosabb adatokat ismertetjük.

A MIHŐ Kft. tulajdonát képező kazánok fő jellemzőit, valamint a távhő szolgáltatásban részesülő lakások összefoglaló adatait a **2. táblázatban** láthatjuk. A lakótelepen a közületek hőigénye elhanyagolható, az utóbbi egy évben teljesen lecsökkent.

2. táblázat A kazánok beépített egység- és összes hőteljesítménye, valamint a lakótelepen távhő szolgáltatásban részesülő lakások összefoglaló adatai.

Telephely	Beépített		Víz hőmérséklet t_e/t_v °C	Fogyasztó	
	Egység Teljesítmény, MW	Összes hőteljesítmény, MW		Lakásszám, db	Fűtött térfogat, lm ³
Diósgyőr	6 x 7	42,00	130/80	3 281	599 771

A kazánok és a hozzájuk tartozó földgáz égők típusát, teljesítményét a **3. táblázat** mutatja.

3. táblázat A Diósgyőri kazánok és a hozzájuk tartozó földgáz égők típusa, teljesítménye és gyártási éve

Kazánok jellemzői				Kazánégők jellemzői		
Sor száma, jele	Tipus	Névleges teljesítm. (MW)	Gyárt. év	Tipus	Névleges teljesítm. (MW)	Gyártási év
1. Kazán	3 HO 10/14	7	1970	Weishaupt G 70/2-A ZM-NR	10,5	1998
2. Kazán	3 HO 10/14	7	1970	Weishaupt G 70/2-A ZM-NR	10,5	1998
3. Kazán	3 HO 10/14	7	1970	Weishaupt G 70/2-A ZM-NR	10,5	1998
4. Kazán	3 HO 10/14	7	1970	Weishaupt G 70/2-A ZM-NR	10,5	1998
5. Kazán	3 HO 10/14	7	1970	Tüki LNGL-8,5	10,0	1990
6. Kazán	3 HO 10/14	7	1970	Tüki LNGL-8,5	10,0	1990

Az 1-4. sz. kazánokat a 1998. évi korszerűsítéskor hangszigetelő házba helyezték, frekvenciaváltós ventilátorokkal táplált, Weishaupt típusú, automatikus földgáz égőkkel látták el. Az 5. és a 6. sz. kazánok tüzelési rendszerét nem korszerűsítették, mert ezek a kazánház mellé telepített gázmotor üzembe lépése után már fölösleges kapacitást jelentettek, vízterületet a gázmotortól (GM) kapott melegvíz tárolására használják.

A kazánok a Diósgyőri lakótelep 30 m magasságú, 10 emeletes, tipikus házgyári épületeit látják el távhővel és használati meleg vízzel.

Az utóbbi évtizedben a kazánház mellé gázmotort (GM) telepítettek. A sikeresen végrehajtott energia forrás korszerűsítéseknek és fejlesztéseknek köszönhetően a lakótelepen a hőszolgáltatás zöme kapcsolt energia termeléssel (hőenergia + villamos energia) történt 2011. június végéig. A kötelező áramátvétel (KÁT) megszűnésével a gázmotorok gazdaságtalanná váltak, emiatt az ezektől származó - egyébként igen előnyös árú – hőszolgáltatás bizonytalan ideig szünetel, vagy véglegesen megszűnik.

A gázmotor hűtővizéből, kenőolaj hűtéséből és a kipufogó gázokból visszanyert hőt, igen előnyös áron adtak át a MIHŐ Kft.-nek, 2011. június 30-ig. Ezeket a hőmennyiségeket a MIHŐ Kft. szakemberei „Vásárolt hő”-nek, a kazánokban elégetett földgázzal előállított hőt pedig „Saját hő”-nek nevezik a továbbiakban mi is így jelöljük ezeket a hőáramokat.

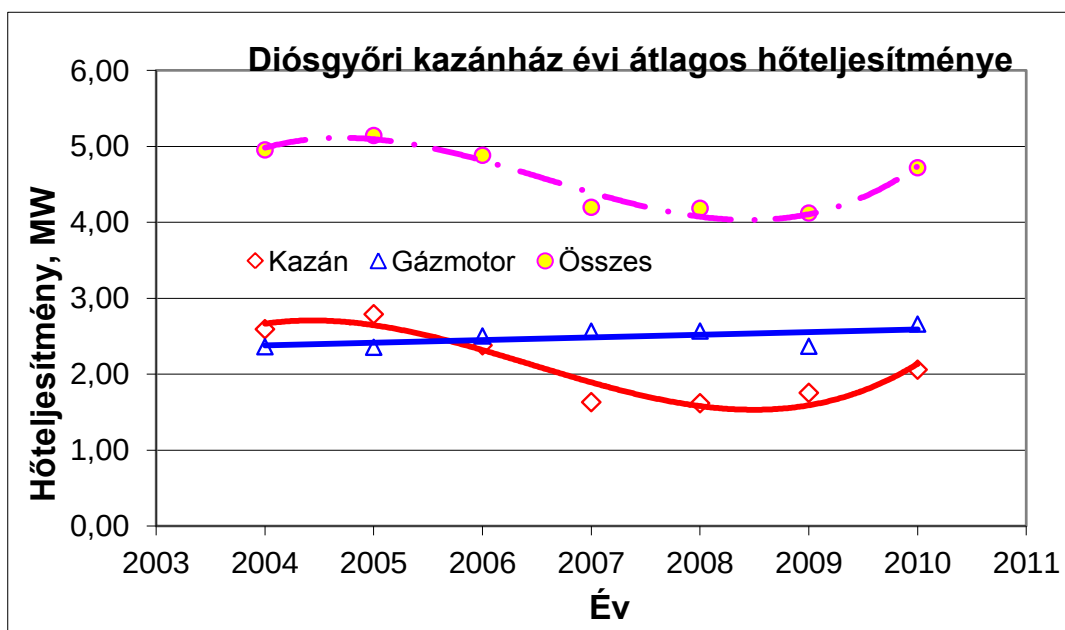
A gázmotorok jellemzőit a **4. táblázatban** foglaltuk össze.

4. táblázat A gázmotor legfontosabb energetikai jellemzői.

Telephely	Darabszám	Típus	Villamos telj., MW_e	Hőteljesítmény MW_{th}
Diósgyőr	1	DEUTZ TBG 632 V16 F	3,90	4,12

4.1. A kazánház havonkénti hőforgalma

Az **5. ábrán** lévő diagram a Diósgyőri kazánháznál a gázmotorral kapcsolt energiaáramok éves átlagos lefutását mutatja a 2004-2010. közötti időszakban.



5. ábra. A Diósgyőri kazánháznál a gázmotorral kapcsolt energiaáramok éves átlagos lefutása, a 2004-2010. közötti időszakban, a fogyasztóknak szolgáltatott éves hőteljesítmény

Kazán által szolgáltatott hőteljesítmény értékét leíró, közelítő egyenlet:

$$P_K = 0,0351t^3 - 211,51t^2 + 424381t - 300\,000$$

Gázmotor által nyújtott hőteljesítményt leíró egyenlet:

$$P_{GM} = 0,0353t - 68,32$$

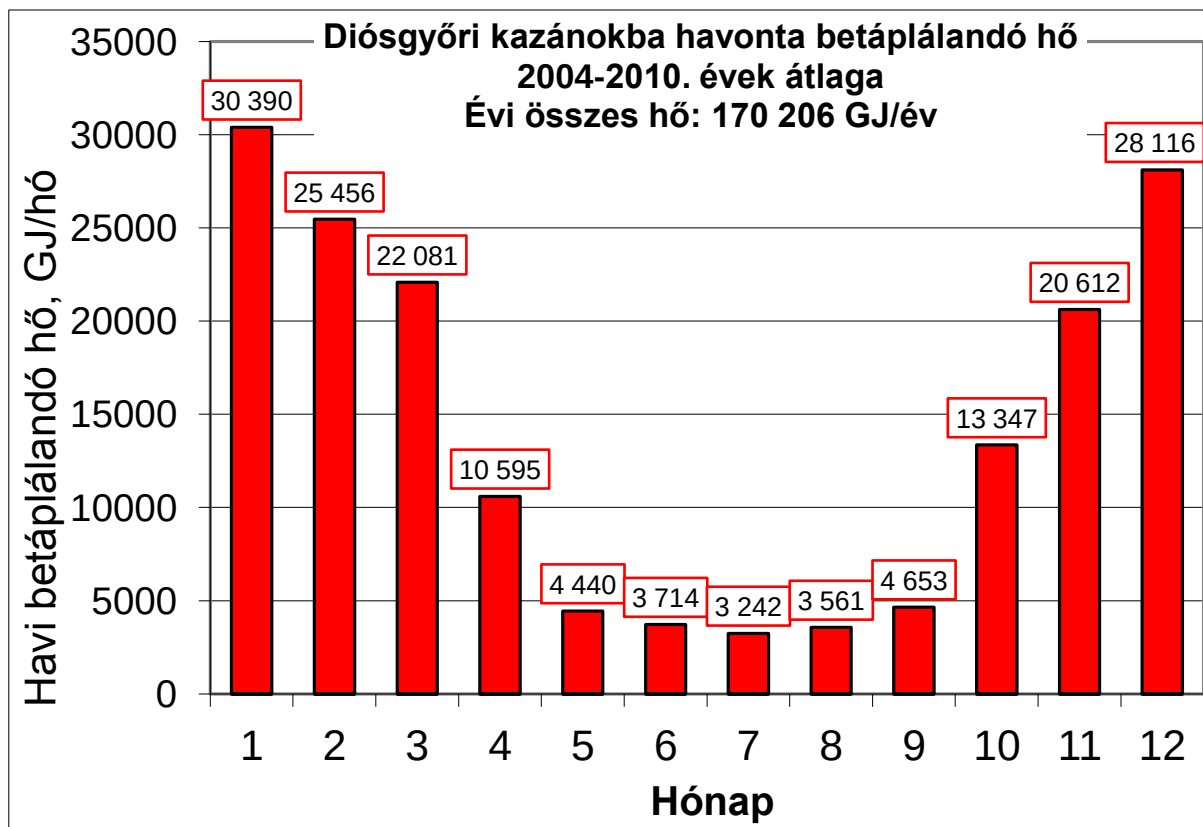
A kapcsolt hőszolgáltatás diagramjai egyértelműen mutatják, hogy a gázmotortól származó évi hőmennyiség enyhén lineárisan növekvő tendenciát mutat. Az évenkénti átlagos külső hőmérséklettől függő lakossági hőigény ingadozásokat a kazánokban eltüzelt fölgáz hőjével biztosították.

Diósgyőrben 2006-tól éves átlagban, arányát tekintve a gázmotortól több hő jutott a fogyasztókhoz, mint amennyit a kazánokban közvetlen földgáztüzeléssel állított elő a MIHŐ Kft.

A GJ/év mértékegységben kifejezett hőteljesítményeket ábrázoló diagramok teljesen hasonló lefutásúak.

A kazánok 85 %-os hatásfokának figyelembe vételével a 2004-2010. évek közötti időszak átlagos, havonként a kazánokba betáplálendő hőáramok értékeit a **6. ábra** diagramján mutatjuk be.

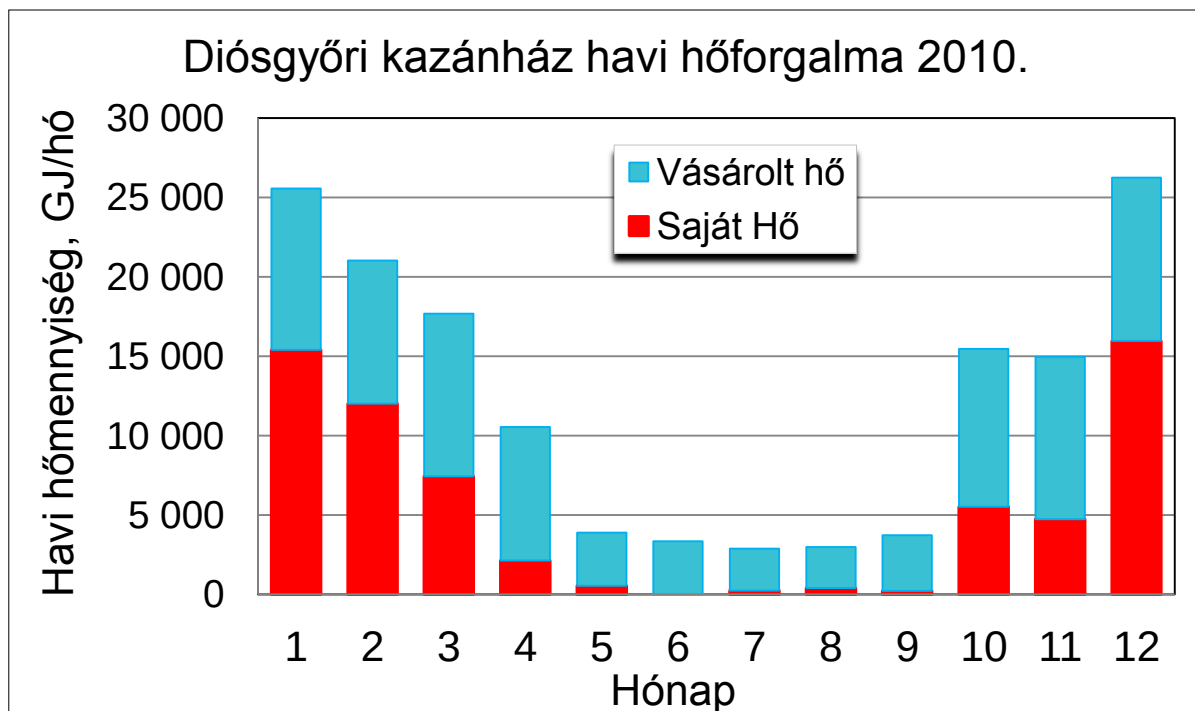
A lakótelep júliusi-augusztusi hőigénye a januárban jelentkező maximális hőigénynek csak 10-12 %-át teszi ki. Természetesen a lakótelep maximális hőigényének - a leghidegebb napokon - biztosításához szükséges hőteljesítményű hőforrást kell a rendszerben legalább üzemben tartani, és még ehhez kell figyelembe venni az esetleges üzemzavarok kiegyenlítését szolgáltató biztonsági tartalék kapacitást.



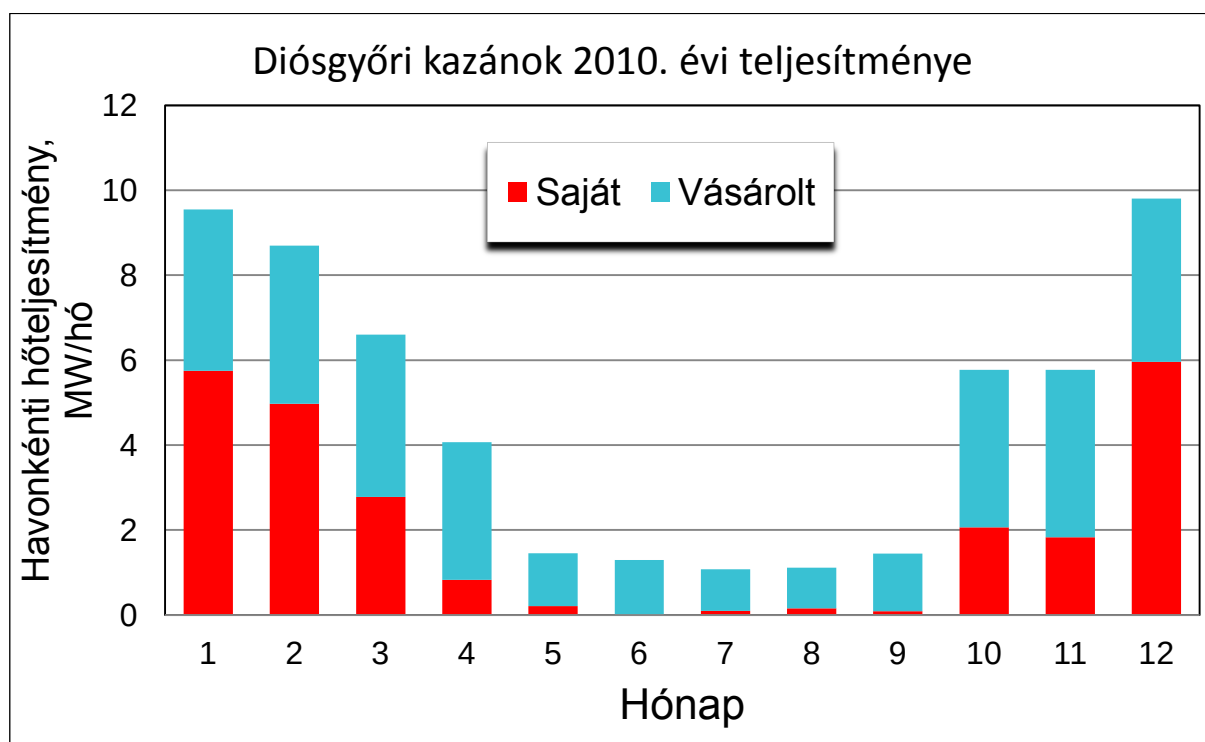
6. ábra. A Diósgyőri kazánháznál a fogyasztóknak szolgáltatandó havi hőenergia-
 áramok biztosításához a kazánokba betáplálendő hőáramok, a kazánok 85 %-os
 hatásfokának figyelembe vételével, a 2004-2010. közötti időszak átlagában

A MIHŐ Kft. szakembereitől kapott részletes táblázatok alapján - példaképpen a **7. és 8. ábrán** mutatjuk be, hogy a legutóbbi teljes évben, 2010-ben havonta mekkora hőmennyiségeket és hőteljesítményeket szolgáltatott a kazánház a Diósgyőri lakótelepre.

A diagramok a fűtési és a használati melegvíz összes hőáramait foglalják magukba.



7. ábra Diósgyőri kazánház 2010. évi hőforgalma



8. ábra Diósgyőri kazánház 2010. évi, havonkénti hőteljesítménye

A hőteljesítmény diagramokból a következőket állapíthatjuk meg.

A Diósgyőri lakótelepen:

- a legnagyobb hőigény, 2010. december hónapban: 9,9 MW;
- a beépített 42 MW kazán, és a 4 MW hőleadású gázmotor együttes hőteljesítményének még a 25 %-át sem éri el a maximális havi hőigény;
- a kazántelegen a gázmotor belépésével komoly túlkapacitás keletkezett Diósgyőrben, a szükségtelenné vált 5. és 6. sz. kazán tüzelési rendszerét ezért nem korszerűsítették.

A nyári időszakokban a használati melegvizet a gázmotor hője fedezte.

4.2. A Diósgyőri városrész távhő szolgáltatásának földgázzal faaprítéka történő átállításának indokai, lehetőségei

A földgáztüzelésről más alternatív, megújuló energiahordozóra, pl. faapríték tüzelésre átállítás indokainak egy része közismert, más részüket csak az energetikával hivatásszerűen foglalkozó szakemberek ismerik kellő mélységig.

A földgáz a fosszilis energiahordozók közül a legközkedveltebb, mert a legkényelmesebben használható mind ipari, mind kommunális hőfejlesztésre. A több évtizedes kutató fejlesztő tevékenységek eredményeképpen nagyon megbízható, nagy sorozatban gazdaságosan gyártható és üzemeltethető égőket fejlesztettek ki, és katalógusból kiválasztható módon forgalmazzák a gyártó cégek. A transzport folyamatok alkalmazásával egészen különleges célra lehet egyedi égőket tervezni és gyártani.

Különösen nagy előnye, hogy az elégetett földgáz térfogatáramának változtatásával a berendezések hőmérséklete széles intervallumban jól szabályozható. Emellett kiválóan alkalmas a technológiák által megkövetelt optimális lángjellemzők – lánghossz, szélesség, hőmérséklet-, koncentráció-, és sebességmező - létrehozására. A fosszilis energiahordozók közül a legtisztább, mind az elégetés körülményei, mind a környezetterhelés szempontjából. Éppen a fenti előnyei tették lehetővé, hogy hazánkban is – a fejlett ipari országokhoz hasonlóan – hosszú évtizedeken keresztül ezen alapult a távhőszolgáltatás.

Az utóbbi évtizedek globális környezeti, gazdasági és politikai változása azt követelik, hogy ahol csak lehet földgáz helyett más, alternatív, megújuló energiahordozókkal helyettesítsük.

A földgáz felhasználás csökkentésének főbb okai a következők:

- hazánk földgáztermelése évről évre folyamatosan csökken, a szükséges mennyiség döntő részét importból, főleg orosz relációból szerezzük be;
- a földgáz ára a nemzetközi energiapiacra az átlagosnál gyorsabban növekszik, az import ellentételezése egyre nagyobb terhet ró a nemzetgazdaságra;
- a földgáz döntő része politikailag instabil forrásokból származik, így az importáló országok felé nemcsak gazdasági, hanem politikai nyomás gyakorlására is használható (ne feledkezzünk meg a rendszeresen jelentkező orosz ukrán gázvita hazánk gázellátásának biztonságára kifejtett hatásáról!);
- fűtőgázból nagy mennyiséget csak különleges körülmények között, pl. kimerült gázmezők üregeiben lehetséges tárolni;
- gázból a felhasználás helyén maximum néhány órára elegendő tartalék tárolható csak, miközben nagy térfogatú, nagy nyomású, drága berendezéseket igényel;
- a fosszilis energiahordozók karbon komponensei a közismert üvegházhatást kifejtő szén-dioxiddá égnek el;
- a klímakutatók tudományos tényekkel támasztják alá azt a feltételezést, amely szerint a globális felmelegedés egyik fő oka a fosszilis tüzelőanyagok égéséből légkörbe jutó szén-dioxid;
- 2011. július 1-től országosan megszüntették a gázmotorokkal előállított villamos áram kötelező átvételét (KÁT), az emiatt gazdaságtalanná vált gázmotorokat leállították;
- A földgáz szállítása több ezer kilométeres csővezetéken keresztül történik, a rendszer meghibásodása komoly ellátási nehézségeket okozhat különösen akkor, amikor a fűtési szezonban éppen a legnagyobb szükség van a folyamatos biztosítására;

- biomassák elégetése globálisan „szén-dioxid semleges”, elvileg 0 szén-dioxid kibocsátást okoz, mert nem a Föld mélyéből kerül az atmoszférába a CO₂, hanem, az a karbon jut ismét vissza a levegőbe, amit a növények életük során az asszimiláció folyamataival a levegőből vontak ki;
- hazánkat nemzetközi egyezmények kötelezik a szén-dioxid kibocsátás csökkentésére.

4.3. Műszaki javaslat a hőenergia termelés faapríték alapú megoldására

4.3.1. Az aprítéktüzelésű kazánok kiválasztásának szempontjai

A Diósgyőri kazántelep 4.1. fejezetben részletezett hőteljesítményének és a lakótelep átlagos havi, valamint a leghidegebb időszakokban jelentkező maximális hőigényének elemzése alapján egyértelműen megállapíthatjuk, hogy a kazánházban a tényleges hőigénynél háromszor-négyszer nagyobb a beépített kazánok és a gázmotorok összes hőteljesítménye. A kazántelegen ezáltal fölöslegessé vált kazánokat a gázmotorok hőjének puffrolására igyekeztek használni. A KÁT megszüntetésével azonban gazdaságtalanná vált a gázmotor működtetése, bizonytalanná vált a jövőbeni üzemeltetésük, így a puffer kapacitás biztosítása szükségtelessé vált, vagyis a kazánok egy része a teljesen fölösleges lett. Ezek helyére lehetne az újonnan beszerzendő apríték tüzelésű berendezéseket elhelyezni.

Az apríték tüzelésű kazánok teljesítményének kiválasztásakor két nagyon fontos sajátosságukra kell különösen nagy figyelmet fordítani. Az egyik az, hogy ezek teljesítménye nehezebben, időben rugalmatlanabban és szűkebb határok között változtatható. A bonyolult száradási, illó eltávozási és begyulladás folyamatok miatt közel állandó tüztér hőmérsékletet igényelnek. Ebből következően az apríték tüzelésű kazánoknak a névleges teljesítményhez viszonyított minimális hőteljesítménye a gáztüzelésűekhez képest nagyobb értékű. Az apríték tüzelésű berendezésnél tehát csak olyan névleges hőteljesítményűt lehet választani, amelynek minimális hőtermelése - a szabályozási tartományának alsó határa – kisebb, mint a szolgáltatandó hőigény. Ezzel tudjuk biztosítani, hogy a legkisebb hőigény esetén is a megfelelő hőterheléssel üzemeltethessük a kazánt.

A másik fontos sajátosság az, hogy az apríték beadagolás utáni begyulladásának elősegítése és a stabil égés fenntartása céljából a kazán tüztérét folyamatosan nagy

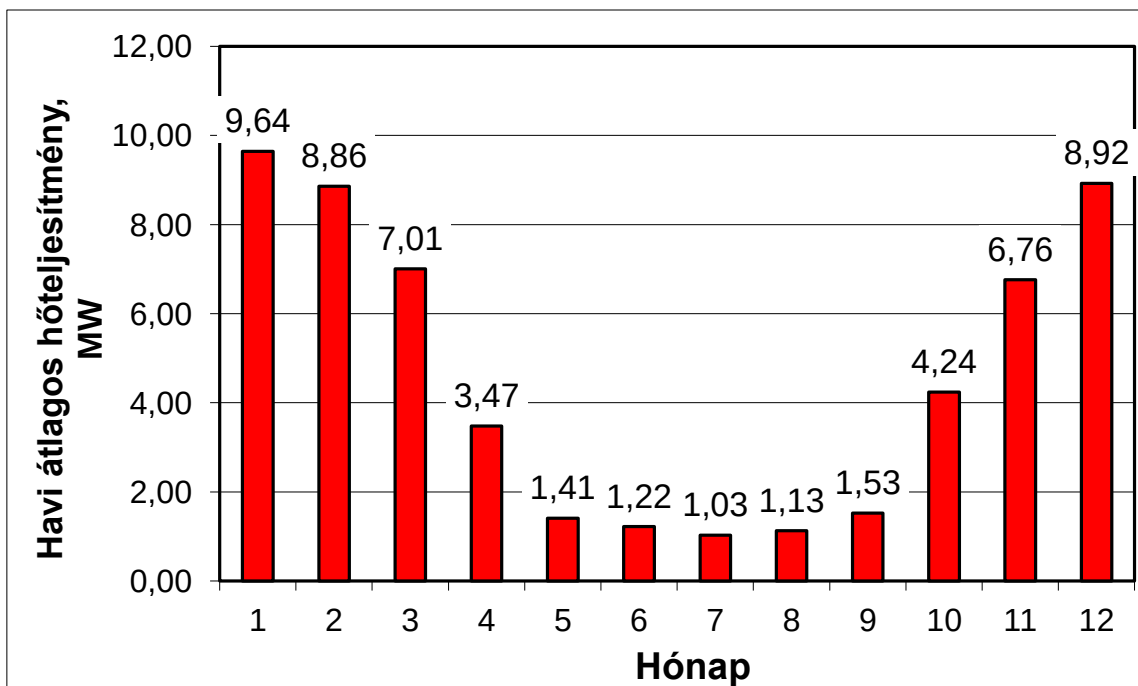
hőmérsékleten kell tartani. Ezen feltételek biztosítása érdekében a kazán tűzterét tűzálló anyaggal bélelik. A fémeknél nagyságrenddel nagyobb rugalmassági modulusú, rideg tűzálló anyagokban a hőmérséklet ingadozásának hatására akkora belső mechanikai feszültségek ébredhetnek, amelyek nemcsak megközelítik, hanem meg is haladhatják a bélés szilárdságát. Ilyen esetben a tűzálló anyag gyorsan elhasználódik, amely folyamat az időben alig változó belső hőmérsékletmezővel mérsékelhető.

A cégek a kazánok hőteljesítményét MW mértékegységben adják meg, ezért az apríték tüzelésű kazán teljesítményének kiválasztásához a lakótelepeken a 2004-2010. közötti időszakban GJ/hó mértékegységben elszámolt havi hőáramokat MW mértékegységre számítottuk át. Ezek diagramját a **9. ábrán** mutatjuk be. Ezen jól látható, hogy a nyári hónapokban a hőigény a téli időszakokénak közel csak az egy tizedét jelenti. Ebből az következik, hogy olyan apríték tüzelésű kazánt kell kiválasztani, amelynek minimális stabil hőteljesítménye kisebb, mint a szolgáltatandó legkisebb nyári hőigény. A legutóbbi időben kifejlesztett korszerű, jól szabályozott apríték tüzelésű berendezések a névleges teljesítményük 20-25 %-os értékénél is stabilan üzemelnek.

4.3.2. A Diósgyőri lakótelepre javasolt apríték tüzelésű berendezés fontosabb jellemzői

A gázmotor leállításával az utolsó két kazán kihasználatlanul maradt, célszerű lenne azokat valahol másik telephelyen üzemeltetni. Ezek helyére – a kazáncsarnok végében - lehetne beépíteni az aprítéktüzelésű kazánt.

Az előbbi szempontok figyelembe vételével a Diósgyőri kazánházba egy 3,3 MW-os névleges hőteljesítményű apríték tüzelésű berendezést célszerű beépíteni, amely – a karbantartási időszakok kivételével – egész évben folyamatosan üzemelhetne.



9. ábra. A Diósgyőri lakótelepre kiadott hőteljesítmények havonkénti átlagos értéke a 2004-2010. közötti időszak átlagában.

A **9. ábrán** látható adatok szerint Diósgyőrben a 3,3 MW névleges hőteljesítményű apríték tüzelésű kazánnal az évi hőigénynek

$$Q_F = 100 \cdot \frac{90722}{170206} = 53,3\%$$

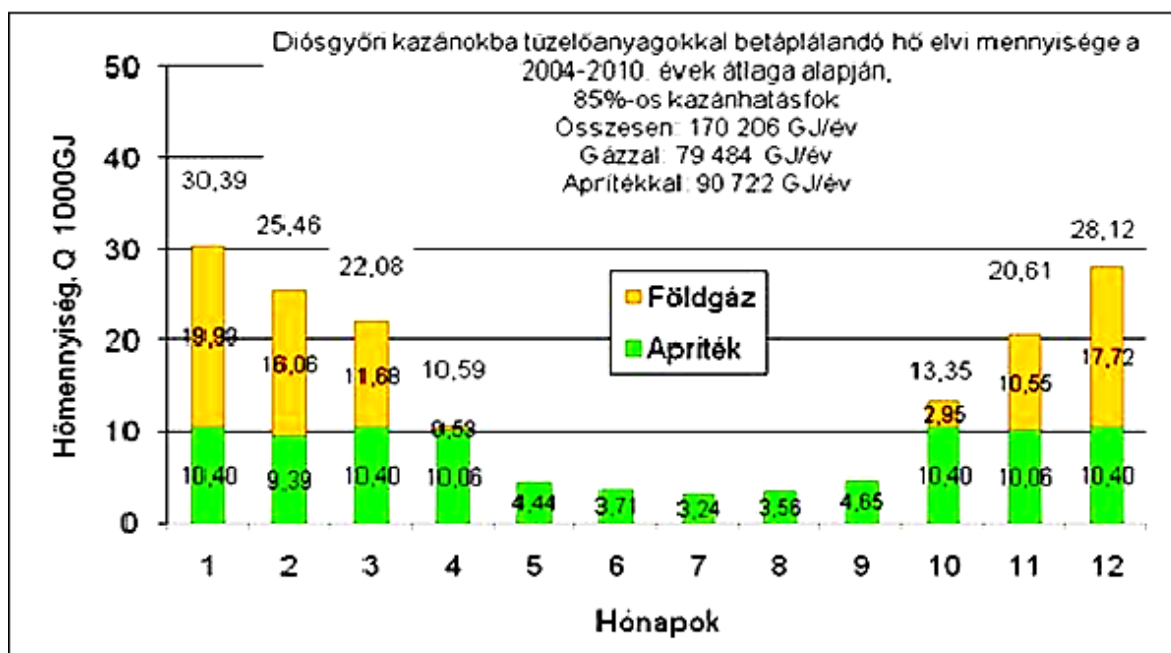
aprítékkal,

$$Q_G = 100 \cdot \frac{79484}{170206} = 46,7\%$$

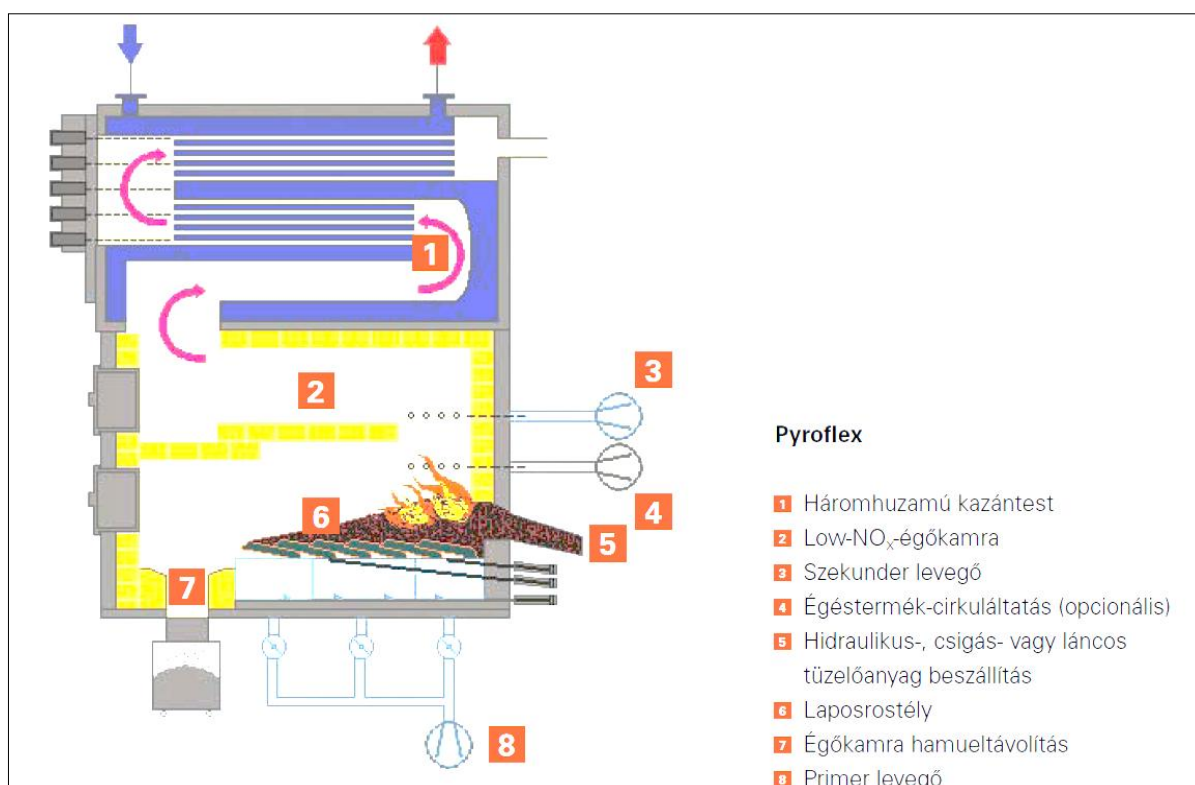
pedig földgázzal állítható elő.

A **10. ábrán** látható diagram hőmennyiség adatait vettük alapul az apríték tüzelési rendszer legfontosabb elemei nagyságrendjének megbecsléséhez.

A javasolt 3,3 MW-os kazán elvi vázlatát a **11. ábra** mutatja be.



10. ábra. A Diósgyőri kazánokba földgázzal és aprítékkal havonta betáplálandó hőáramok.



11. ábra. Két-tűzterű, háromhuzamú apríték tüzelésű kazán elvi vázlata [16]

4.4. Az apríték tüzelés eredményeként várható tüzelőanyag költségmegtakarítás

A legfontosabb pénzügyi kérdések megválaszolásához azt vizsgáljuk, hogy a fölgáz egy részének aprítékkal való helyettesítése eredményeképpen kapott tüzelőanyag költség megtakarítás milyen arányban van a bonyolultabb, több eszközt és több élömunkát igénylő apríték tüzelés drágább eszközigényével és nagyobb működési költségeivel.

Számításaink során a földgáz átlagárát a 2011. első félévi 2 544 Ft/GJ, az aprítékét 1200 és 1 500 Ft/GJ, valamint, 1 800 Ft/GJ értékűnek vettük.

Tüzelőanyag költség megtakarítás a gáztüzelőanyag és az apríték számítása

Az aprítékkal helyettesített gázfűtés évi költsége, Ft/év:

$$C_{gk} = Q \cdot P_g$$

Az aprítékfűtés évi költsége, Ft/év:

$$C_{ak} = Q \cdot P_a$$

A tüzelőanyag költség megtakarítás Ft/év:

$$S = Q(P_g - P_a)$$

$$S = C_{gk} - C_{ak}$$

Ahol:

Q – az aprítékkal helyettesített évi hőfelhasználás, GJ/év;

P – ár, Ft/GJ;

C – költség, Ft/év;

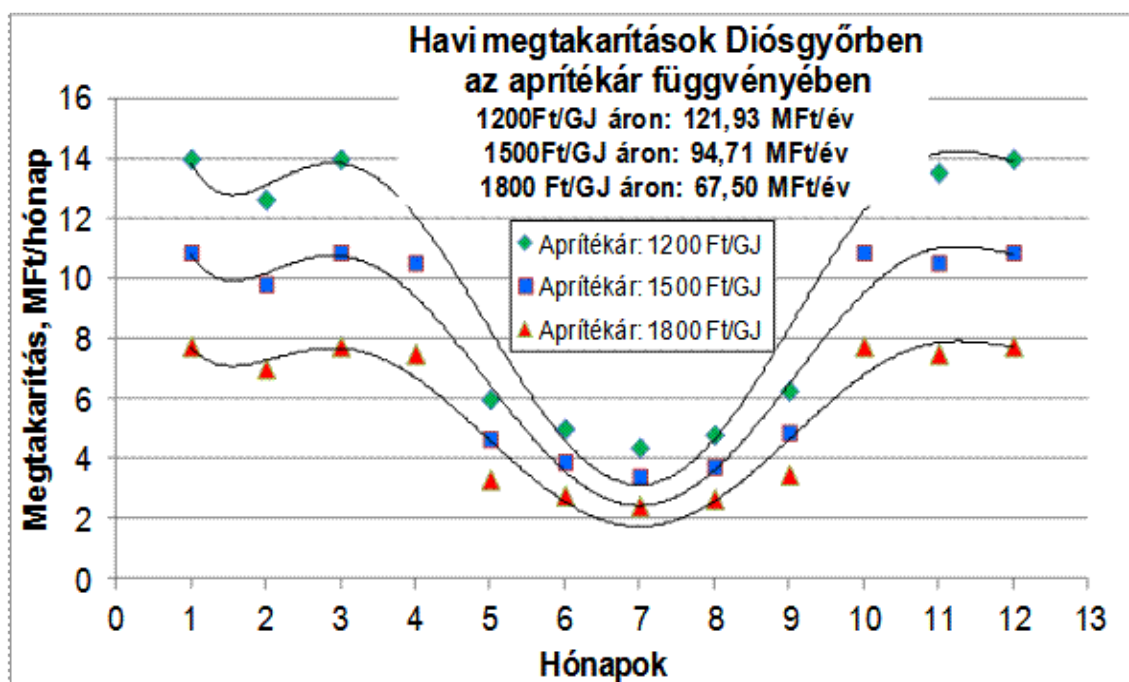
S – megtakarítás, Ft/év;

gk - gáz kazán;

ak - apríték kazán.

A 2004-2010. évek közötti időszak havi kimenő hőteljesítmények átlaga alapján számított tüzelőanyag költségek különbségéből eredő tüzelőanyag költség megtakarítás értékét a **12.**

ábrán mutatjuk be. Az összes tüzelőanyag szükségletet a kazánok évi átlagos 85%-os hatásfokával számítottuk ki.



12. ábra. Különböző apríték árakkal elérhető havi és évi szintű tüzelőanyag költség megtakarítás a Diósgyőri kazántelegen a 2004-2010. közötti időszakban szolgáltatott hőmennyiségek átlagos értéke alapján számítva. A februári kisebb értékek a rövidebb hónap miatt jelentkeznek.

Számításaink szerint – az apríték árától függően – évenként bruttó $67,5 \div 121,9$ MFt tüzelőanyag költség megtakarítása várható az aprítéktüzelésű kazán egész évi működtetésének eredményeképpen. A nettó megtakarítás kiszámításához ebből a megtakarításból kell az apríték szállításának és kazán üzemeltetésének, karbantartásának költségeit kivonni.

4.5. A faapríték tüzeléstechnikai számításai

4.5.1. Az apríték égési levegő igénye és fajlagos füstgázmennyisége

A kéményen kibocsátott füstgázok legfontosabb adatait a szolgáltatandó, kimenő hőteljesítmény, az apríték tüzeléstechnikai jellemzői – fűtőértéke, nedvesség tartalma,

fajlagos elméleti és gyakorlati égési levegő mennyisége, a keletkezett füstgázok térfogatárama, hőmérséklete, kémiai összetétele és szennyezőanyag tartalma és a kazán hatásfoka befolyásolja leginkább.

Az eltüzelt aprítékkal kazánban előállítandó összes, óránkénti hőáram:

$$Q_F = \frac{Q_L}{\eta_F}$$

Ahol

Q_F – a faapríték elégetésével felszabadított összes hőáram, MJ/h;

Q_L – a lakások felé szolgáltatott összes hőáram, MJ/h;

η_F - az apríték tüzelésű kazán hőtechnikai hatásfoka.

Az óránként elégetendő apríték tömegárama:

$$m_F = \frac{Q_F}{Fé_F}$$

Ahol

Q_F – a faapríték elégetésével felszabadított összes hőáram, MJ/h;

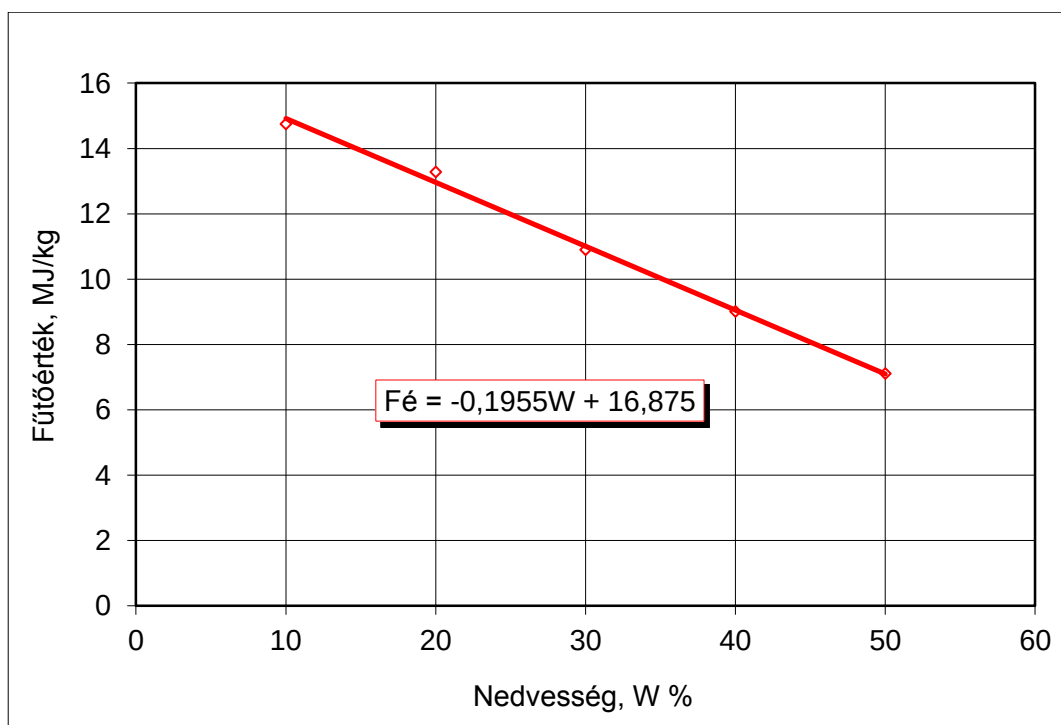
$Fé_F$ – az apríték fűtőértéke, MJ/kg.

A faaprítékok átlagos fűtőértéke a nedvességtartalmuktól jó közelítéssel lineáris függvény szerint változik, amint azt a **13. ábrán** láthatjuk.

A fűtőérték a nedvesség tartalom függvényében a következő képlettel számítható:

$$Fé = -0,1955W + 16,875 \quad \text{MJ/kg}$$

A fenti összefüggésbe a száraz aprítékra vonatkozó nedvesség tartalmat kell figyelembe venni [13].



13. ábra. Az apríték fűtőértéke a nedvesség függvényében

A további számításaink során 20-30 % átlagos nedvességtartalmú, azaz 12 MJ/kg körüli fűtőértékű aprítékkal végeztük a számításokat. Szabad levegőn, fél évig tárolt fa általában ilyen fűtőértékkel rendelkezik [14]. Természetesen konkrét esetben mindig a laboratóriumi méréssel meghatározott fűtőértékkel kell a számításokat végezni.

A fosszilis tüzelőanyagokkal üzemelő rendszerek esetében a kazán tüzelési és kalorikus teljesítménye viszonylag pontosan tervezhető, mert az energiahordozók minőségi jellemzői közel állandóak. A tüzeléstechnikában alkalmazott számítási módszerek a faaprítékok égetésénél is támpontot nyújtanak olyan alapvető méretezési adatok meghatározására, mint pl. az égéshez szükséges levegőmennyiség, a várható megtermelt energia mennyisége, az égési hőmérséklet, a füstgázok fajlagos térfogata, összetétele, a tüztér alakja, optimális térfogata.

A faapríték égetés során a gyakorlatban a változó nedvesség tartalmú és kémiai összetételű anyagok égetését kell biztosítani. Ez bonyolulttá teszi az égési viszonyokat, mivel az égés heterogén lefolyású szekvenciális és parallel kémiai folyamatok sorozata. A faaprítékok kifogástalan elégetéséhez optimális hőmérsékletet, megfelelő áramlási viszonyokat és a káros NO_x komponensek képződésének csökkentéséhez a nagyhőmérsékletű

térben minimálisan szükséges tartózkodási időt, valamint a gáztüzelésnél általában szokásosnál ($n=1,03-1,05$ levegőtényező) nagyobb mennyiségű másodlagos (szekunder, terciér, $n=1,3-1,5$ levegőtényező) levegő bevezetését kell biztosítani. Újabban a NO_x képződési intenzitását a kazános gyakorlatban a lehűlt füstgázok egy részének a lángba visszavezetésével csökkentik nagyon hatásosan („Low NO_x tüztér”).

A hőmérséklet szempontjából a faapríték égetők tüztérében mindenkor biztosítani kell legalább $850\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletet a kellő sebességű, tökéletes égés érdekében. A tüztérhőmérséklet felső határát a salak, pernye szervesen ásványi részeinek lágyulási és oladási tartománya, továbbá a hőmérséklet növekedésével egyre intenzívebben képződő káros anyagok, mint pl. NO_x , emissziója határozza meg.

A tapasztalatok szerint a faaprítékok hamujának lágyulási-oladási hőmérséklet tartománya a konkrét ásványi összetételtől függően $1100 \div 1300\text{ }^\circ\text{C}$ között van [15]. A salakösszesülés nem mindig kívánatos jelenség, mert az összesült salakban a kiégetlen részek – főleg a fix karbon - zárványok alakjában visszamaradnak. A megolvadt salak a rostélyok meghibásodását és tökéletlen működését is okozhatja. A tüztér bélésanyagára dermedt salak pedig a tisztításnál a falazat sérülését okozza.

A salak megolvadásának kiküszöbölése érdekében a faapríték égetők többségénél a tüztér hőmérsékletét nem engedik $1050\text{ }^\circ\text{C}$ fölé emelkedni, így a visszamaradó – össze nem olvadt – hamu, salak szilárd, darabos anyagként távolítható el a tüztérből.

Ha a salak megolvad, akkor komponensei lehűlés után komplex vegyületekben stabilizálódnak, vízzoldhatóságuk kedvezően lecsökken. A tüztér hőmérsékletét a tüzelőanyagok tulajdonságain (pl. égésmeleg, fűtőérték, gyulladási hőmérséklet, víztartalom stb.) és mennyiségén kívül meghatározza az égéslevegő mennyisége és elosztásának módja, valamint a tüztér szerkezeti kialakítása.

A faaprítékégető berendezésekben a szükséges égési levegő mennyisége átlagosan $30 \div 50\%$ -kal nagyobb (légfelesleg-tényező $n = 1,3 \div 1,5$), mint a sztöchiometrikus égéshez szükséges elméleti levegő mennyisége.

Mivel a faapríték kémiai összetételét nem minden esetben ismerjük, a fűtőértékét viszont a nedvességtartalomból egyszerűen és gyorsan meghatározhatjuk, ezért a tapasztalatok alapján a valós értéket jobban megközelítő mennyiséget kapunk, ha ezt a fűtőérték alapján számoljuk, az alábbi tapasztalati összefüggés szerint:

$$L_o = 0,24 \cdot \frac{Fé + 2303}{1000} \quad \text{m}^3/\text{kg}$$

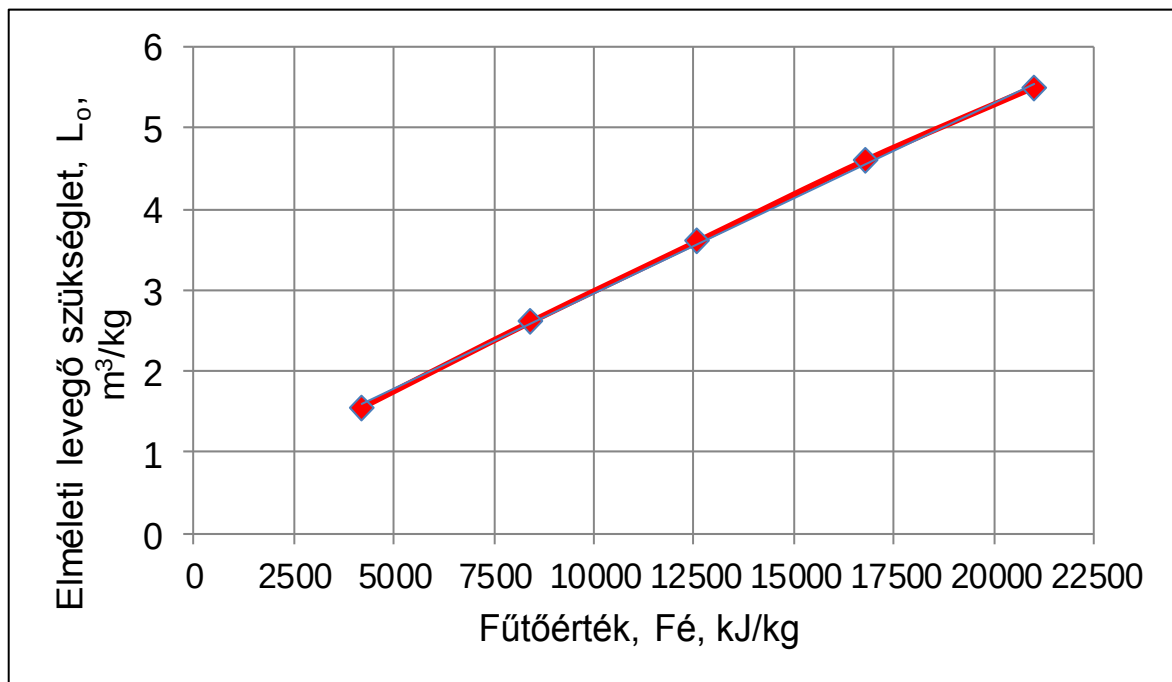
Ahol

L_o - az elméletileg szükséges fajlagos levegőmennyiség, m^3/kg ;

$Fé$ - a faapríték fűtőértéke, kJ/kg .

Az elméletileg szükséges levegő mennyisége és a fűtőérték közötti összefüggést szemlélteti a **14. ábra**.

Az égési levegőt általában megosztottan vezetik be a tűztérbe, részben alulról, a tüzelőanyag rétegen át (elsődleges vagy primer levegő), részben közvetlenül a tűztérbe (másodlagos vagy szekunder levegő). A rostélytűzelésű kazánokban a rostélyon keresztül az égéságyba vezetett égéslevegő nemcsak a faapríték elégetésére, ill. kiégetésére szolgál, hanem egyben a rostélyszerkezet alsó hűtését is biztosítja.



14. ábra. A faaprítékok égéséhez elméletileg szükséges fajlagos levegő mennyisége a fűtőérték függvényében

A tűztérbe vezetett szekunder levegőnek az égési gázok és a szálló por tökéletes kiegészít, valamint a tűztér hőmérsékleti viszonyainak szabályozását kell biztosítania. Általában az égéslevegő nagyobb hányadát – 50 ÷ 80 %-át – vezetik a tüzelőanyag-rétegen keresztül, és csak kisebb hányadát – 40 ÷ 60 %-át – használják fel mint szekunder levegőt. Az égéslevegő megosztásának mértéke a tüzelőberendezés konstrukciójának és az elégetendő faapríték fűtőértékének függvénye. Rostélytüzelésű berendezéseknél például az égéslevegő 70 ÷ 80 %-át vezetik a tüzelőanyagon keresztül.

A rostély fölött elégetett faapríték tömegárama a tűzágy alá juttatott primer levegő mennyiségével közel lineárisan arányos, vagyis az égetési teljesítmény (kg/h, MJ/h) ezzel szabályozható. Nagyfűtőértékű faaprítékok égetésénél téves az a gyakran alkalmazott intézkedés, hogy a tűztér túlhevülése ellen nagyobb mennyiségű primer levegő bevezetésével igyekeznek védekezni, miközben az intenzív égés még tovább növeli az időegység alatt felszabaduló hőmennyiséget. A szilárd faaprítékok égetésénél a füstgázok porral és pernyével való feldúsulását a tüzelőanyagágyon áthaladó levegőáram nagy sebessége okozza.

Alapvetően a ténylegesen szükséges levegőmennyiség, a faapríték fűtőértéke és egyéb minőségi jellemzői – elsősorban a víztartalom – határozzák meg a képződő füstgáz fajlagos mennyiségét, amely a következőképpen számítható:

$$V = V_o + (n - 1) \cdot L_o \quad \text{m}^3/\text{kg}.$$

V - a tényleges fajlagos füstgázmennyiség, m³/kg;

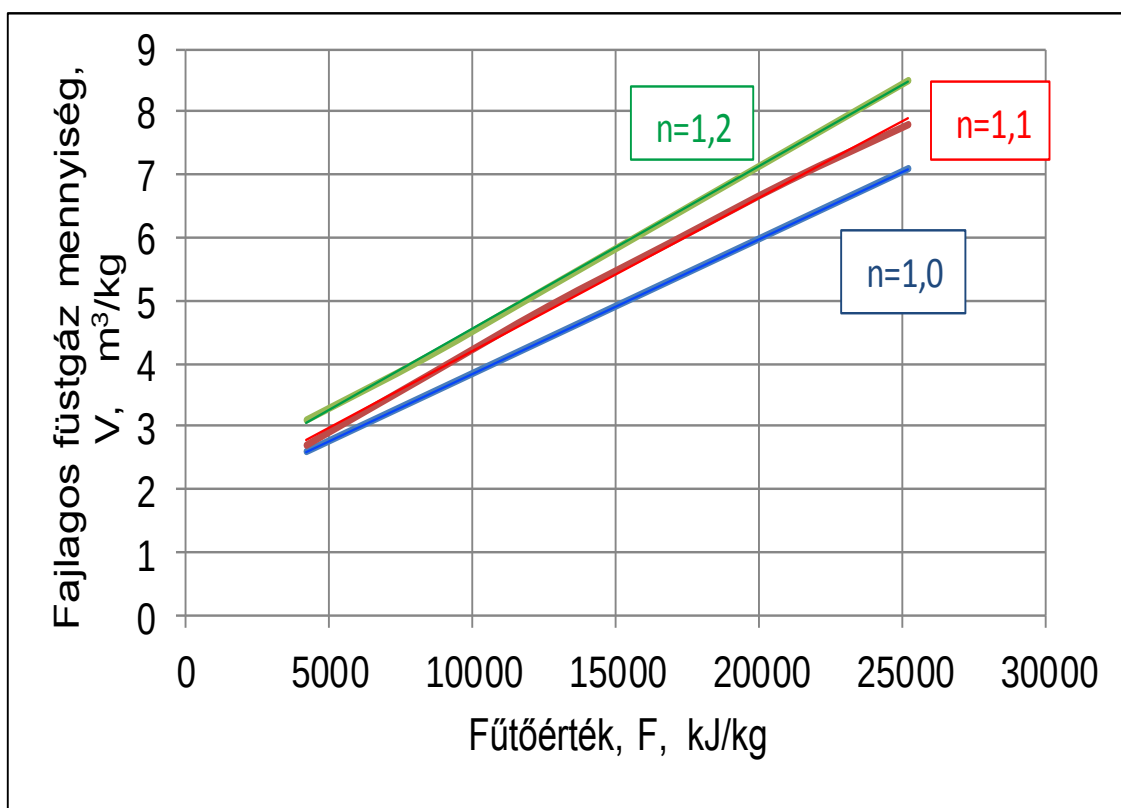
n - a légfelesleg tényező;

L_o - az elméleti égési levegőszükséglet, m³/kg.

A V_o tényező számítására a következő tapasztalati összefüggés szolgál:

$$V_o = 1,17 + 0,22 \cdot \frac{Fé + 2303}{1000} \quad \text{m}^3/\text{kg}$$

Apríték égetése esetén a fűtőérték és a tényleges füstgázmennyiség közötti kapcsolat jellegét mutatja be a **15. ábra**, figyelembe véve a légfelesleg-tényező nagyságát is.



15. ábra. A fajlagos füstgázmennyiség (V) és a fűtőérték (F), ill. a légelesleg-tényező (n) közötti tapasztalati összefüggés faaprítékok égetésekor

Az égés során keletkező gázok tökéletes elégetéséhez a tüztérben elegendő helyet és megfelelően hosszú tartózkodási időt kell biztosítani. A faapríték égetőknél a tüzttereket a gáztüzeléshez képest nagyobbra képezik ki. A várhatóan képződő gázmennyiségek és a kiégéshez szükséges időt határozzák meg döntően a tüztéralakját és térfogatát. A tartózkodási időt illetően lényeges szempont, hogy a legnehezebben kiégethető szilárd részecskéknek is legyen elegendő idejük a levegő oxigénjével reakcióba lépni. A szükséges tartózkodási idő nagyságát a tüztér hőmérséklete, a turbulencia mértéke és a füstgázban lévő szilárd részecskék mérete határozza meg.

A faapríték minél tökéletesebb elégetéséhez a tüztérben a heterogén anyag és a levegő jó átkeveredését biztosító áramlási viszonyokat kell létrehozni és fenntartani. Ezt egyrészt mechanikai módszerek - pl. mozgó rostélyok - másrészt aerodinamikai hatások – a levegő és füstgázáramok irányítása - alkalmazásával érik el.

4.5.2. Az elméleti égési hőmérséklet meghatározása

A faapríték égetés egyik sarkalatos kérdése a várható maximális égési hőmérséklet. Ennek ismeretében dönthetünk a beadagolandó anyagok mennyiségi arányaira. A tüzelés elméleti hőmérsékletét (T_e) az égés adiabatikus hőmérlegéből számíthatjuk ki, abból kiindulva, hogy az égéskor felszabaduló exotermikus hő (a beadagolt anyagok fűtőértéke) és a levegő előmelegítési entalpiája melegíti fel a füstgázokat az égési hőmérsékletre, valamint ebből a hőenergiából kell fedezni nagyfűtőértékű anyagok esetén a komponensek szétbomlásának disszociációs hőigényét is.

$$Fé + c_{plev} \cdot n \cdot L_0 = V_{fsg} \cdot T_e \cdot c_{pfsg} + Q_d$$

Az egyenletből a T_e -et kifejezve az elméleti égési hőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$):

$$T_e = \frac{Fé + T_{lev} \cdot c_{plev} \cdot n \cdot L_0 - Q_d}{V_{fsg} \cdot c_{pfsg}}$$

Az összefüggésekben:

T_{Lev} - az égési levegő előmelegítési hőmérséklete, $^{\circ}\text{C}$;

c_{pLev} - a levegő fajlagos hőkapacitása az előmelegítés hőmérsékletén, $\text{kJ/m}^3\text{K}$;

n - levegőtényező;

L_0 - egységnyi tömegű faapríték tökéletes égéséhez minimálisan szükséges levegő fajlagos mennyisége, m^3/kg ;

V_{fsg} - egységnyi faapríték égésekor keletkező füstgáz fajlagos mennyisége, m^3/kg ;

c_{pfsg} - a füstgázok átlagos fajlagos hőkapacitása az égés hőmérsékletén, $\text{kJ/m}^3\text{K}$;

Q_d - a disszociációs folyamatok endotermikus hőigénye, kJ/kg .

Az égéstermékek disszociációjának hőigénye:

$$Q_d = 0,01 \cdot V_{fsg} \sum_{i=1}^n V_i \cdot q_{di}$$

A képletben

i - a disszociálódott komponensek (CO, H₂) jele;

V_i - a disszociálódott komponensek térfogataránya a füstgázban v/v%;

q_{di} - az i -edik komponens disszociációs hője ("fűtőértéke"), kJ/m³.

A gázok fajlagos hőkapacitása és a disszociálódott égéstermékek részaránya a hőmérséklettől függ (a hőmérséklet növekedésével exponenciálisan nő), emiatt az elméleti égési hőmérséklet a fenti egyenletből csak iterációval határozható meg. Az elméleti égési hőmérséklet számítására szolgáló egyenletből lehet következtetni azokra a konkrét műszaki intézkedésekre, amelyekkel az égési hőmérséklet a kívánt értékre beállítható.

Az égési folyamatok ideje alatt a láng a környezete felé jelentős mennyiségű hőt sugároz le. Az emiatt bekövetkező hőmérséklet csökkenést, az ún. „pirometrikus hatásfok”-kal (η_p) vesszük figyelembe, így a gyakorlati égési hőmérséklet:

$$T_{gy} = \eta_p \cdot T_e$$

A pirometrikus hatásfok a faapríték tulajdonságai mellett főleg a tüzelési és hőtechnikai feltételektől, a tűzágyból, ill. a lángból közvetlenül elvont hő nagyságától függ. A korszerű apríték tüzelő berendezéseknél újabban tűzálló anyaggal bélelt tüztérrel hozzák létre az égés optimális feltételeit.

4.6. A nettó szén-dioxid kibocsátás csökkenés az apríték tüzelés eredményeképpen

A szén-dioxid kibocsátások számításakor abból a feltételezésből indultunk, hogy a gázmotor gazdaságtalan üzeme miatt bizonytalanná vált az onnan származó, - a földgáztüzeléssel előállítotttnál - lényegesen olcsóbb, fajlagosan kisebb CO₂-kibocsátással járó hulladékhő átvételének lehetősége. Emiatt apríték tüzelés nélkül az összes kibocsátott fűtési és használati melegvizet tisztán földgáz elégetésével kell megtermelni, így erre az esetre az

évi összes hőmennyiségre vonatkozóan a földgázra jellemző 0,0561 t/GJ fajlagos értékkel határoztuk meg szén-dioxid kibocsátást.

Az apríték tüzeléssel megtakarítható szén-dioxid mennyiségét a fatüzeléssel kiváltott földgáz mennyiségéből számítottuk ki.

A csak tisztán földgáztüzelésű kazánokban termelt hő szolgáltatása közben emittált CO₂ évi mennyisége:

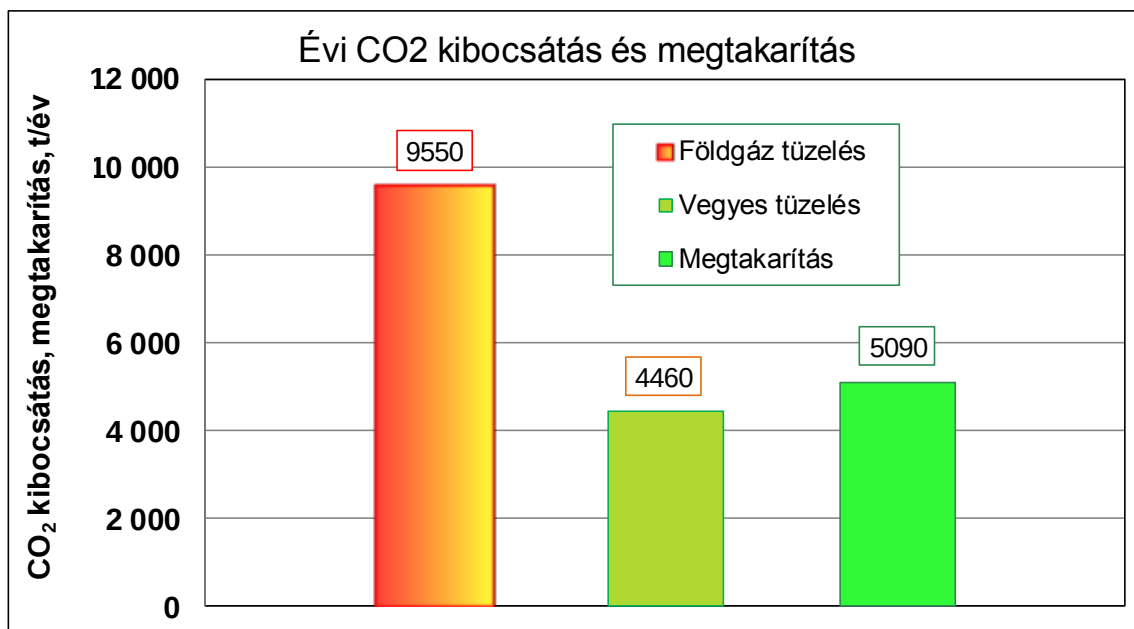
$$170206 \text{ GJ/év} \cdot 0,0561 \text{ t/GJ} = 9\,550 \text{ t/év}$$

Vegyes tüzeléskor a földgáztüzelésű kazánokból kibocsátott CO₂ évi mennyisége:

$$79484 \text{ GJ/év} \cdot 0,0561 \text{ t/GJ} = 4\,460 \text{ t/év}$$

Az apríték tüzeléssel a kazánháznál közvetlenül elérhető évi szén-dioxid kibocsátás csökkenés értéke:

$$90722 \text{ GJ/év} \cdot 0,0561 \text{ t/GJ} = 5\,090 \text{ t/év}$$



16. ábra A csak tisztán földgáztüzelésű kazánokban termelt hő szolgáltatása közben emittált CO₂ évi mennyisége és az apríték tüzeléssel közvetlenül elérhető bruttó szén-dioxid kibocsátás csökkenés értékei

Az előbbiekben kiszámított bruttó szén-dioxid kibocsátás megtakarítást az apríték szállításához elhasznált gázolaj CO₂-kibocsátásával csökkenteni kell. A Ládi Fatelep és a két kazánház közötti apríték szállítás közben éves átlagban 15 tonna mennyiségű szén-dioxidot juttat az atmoszférába a Diesel motoros tehergépkocsi.

Ha a rönkfát és esetenként a kész aprítékot a Ládi Fateleptől átlagosan 30 ÷ 40 km távolságról hozzák a külső beszállítók, akkor ez további 150 t/év szén-dioxid kibocsátással jár. Így az apríték szállító gépek éves szinten összesen 165 t kibocsátást okoznak.

A nettó CO₂ kibocsátás meghatározásához ezt az értéket kell a kazántelegen megtakarítható bruttó CO₂- kibocsátás egyenlegéből kivonni. Ennek eredményeképpen az aprítéktüzeléssel a Diósgyőri kazántelegen

$$5090 - 165 = 4\,925 \text{ t/év}$$

értékkel csökken várhatóan az évenkénti szén-dioxid kibocsátás.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatunkban az utóbbi hét év adatainak elemzésével megvizsgáltuk egy közel 3 300 lakásos lakótelep - eddig földgáztüzelésű melegvíz kazánokra alapozott - távfűtési rendszerének a havonta jellemző hőfelhasználási mutatóit. Ezekből arra a következtetésre jutottunk, hogy a fűtési és a használati melegvíz termelés hőigényének jelentős része földgáz helyett faapríték tüzeléssel is biztosítható. Amit hulladékfából építkezési mezőgazdasági folyamatok melléktermékeként, vagy helyben termesztett energia növényekből állítanak elő. Számításaink szerint, a téli maximális és a nyári minimális hőigény figyelembe vételével 3,3 MW kimenő hőteljesítményű, faapríték tüzelésű kazán üzembe helyezése tekinthető optimálisnak. Az egyre drágább földgáz egy részének faaprítékkal való helyettesítésének eredményeképpen – az apríték árából függően - a vizsgált lakótelep hőellátásának évi tüzelőanyag költsége várhatóan 67 -122 MFt-tal csökkenhető lenne.

Az utóbbi évtizedek globális környezeti, gazdasági és politikai változása azt követelik, hogy ahol csak lehet földgáz helyett más, alternatív, megújuló energiahordozókkal helyettesítsük. Ezen kívül fontos megemlíteni, hogy 2011. július 1-től országosan megszüntették a gázmotorokkal előállított villamos áram kötelező átvételét (KÁT), a gazdaságtalanná vált gázmotorokat leállították, így a Miskolci Hőszolgáltató Kft. nem tudja az éves lakótelepi hőigény közel felét kitevő olcsó, „Vásárolt” melegvizet ebből a forrásból beszerezni.

A faaprítékra való átállás nem csupán gazdasági szempontból, hanem környezetvédelmi megközelítésből is előrelépést jelent, tekintettel a biomasszák károsanyagkibocsátására vonatkozó kedvező elbírálásra és a számított bruttó 5090 t/év, nettó 4 925 t/év CO₂ megtakarításra.

Gazdasági szempontból a téli hónapokban még 1800 Ft-os apríték ár mellett is közel 8 millió Ft havi tüzelőanyag költség megtakarítással számolhatunk. Tekintettel a növekvő földgázárakra az apríték tüzelésre való átállást számításaink alapján megtérülőnek és előnyösen kivitelezhetőnek ítéljük meg.

Köszönetnyilvánítás

"A Tudományos Diákköri Dolgozat a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg".

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] en.wikipedia.org/wiki/Woodchips_Sources
- [2] Mory, A.; Tauschitz, J.: Biomasse- Mitverbrennung in Wärmekraftwerken, VGB PowerTech, 2003. 83. k. 7. sz. p. 40-44
- [3] Dr. Bohóczki Ferenc: A megújuló energiák szerepe a magyar energiapolitikában. Megújuló energiák Magyarországon és Németországban, Budapest, VDI-Gesellschaft Energietechnik, 2000. 09. Proceedings: p. 43-52
- [4] P. Chartier; C. de Silguy; L. Battias; S. Defaye: Perspectives of Biomass Energy in the European Union – How a 200 % increase can be attained, Biomass for Energy and Industry, 10th European Conference and Technology Exhibition, Würzburg, Germany, 1998. p. 62-67
- [5] GKI Energiakutató és Tanácsadó Kft.: Az új energiakoncepció alapkérdései. Az állam szerepe a liberalizált energiapiacra, Budapest, 2003. okt. p. 122
- [6] www.thebioenergysite.com/news/7488/eurotier-report-use-of-wood-chip-biomass-to-grow-in-europe
- [7] Demirbas, A.: Sustainable cofiring of biomass with coal, Energy Conversion and Management, 44. k. 9. sz. 2003. p. 1475-1479
- [8] Horánszky Beáta: Az Európai Unió és Magyarország energiapolitikája – Különös tekintettel a megújuló energiaforrásokra, Kutatói jelentés, OTKA T-046224, Miskolc-Egyetemváros, 2004. p. 20.
- [9] Az Intelligens Energia Európáért Többéves Program, 2003.
<http://www.euroinfo.hu/europaszerver/12fej/inteurope.htm>
- [10] Meller, E.: Satisfying the customers, Modern Power Systems, 2002. szept. p. 33-37

- [11] Elsässer, R.: Safeguarding our future generation base, Modern Power Systems, 2002. Sept. p. 31-33
- [12] Homola Viktor: Energia és környezet – Az egyensúly lehetséges!, Energiagazdálkodás, 43. évfolyam, Budapest, 2002/5. p. 17-21.
- [13] Maximilian Lackner: Handbook of combustion, WILEY –VCH Verlag GmbH, 2010
- [14] Ogi, T.: Biomass Handbook, Japan Institute of Energy, 2002
- [15] Dr. Szemmelveisz Tamásné: FÁS- ÉS LÁGYSZÁRÚ BIOMASSZÁK TÜZELHETŐSÉGI FELTÉTELEINEK VIZSGÁLATA, Doktori (PhD) értekezés, Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Tüzeléstani és Hőenergia Tanszék, 2006.
- [16] http://www.viessmann.hu/etc/medialib/Internet_hu/pdf_documents/Prospektusok.Par.63315.File.File.tmp/Termekprogram_2010_HU.pdf