

**HULLADÉKLERAKÓBAN KELETKEZŐ BIOGÁZ
HASZNOSÍTÁSA
THE UTILIZATION OF LANDFILL GAS**

WOPERÁNÉ SERÉDI ÁGNES*, TANKA SÁNDOR**

*Miskolci Egyetem, Tüzeléstani és Hőenergia Intézeti Tanszék
3515 Miskolc Egyetemváros
tuzdb@uni-miskolc.hu

**Miskolci Hőszolgáltató Kft.
tanka.sandor@miho.hu

A hulladéklerakóknál keletkező depóniagáz hasznosítása energetikai és környezetvédelmi szempontból egyaránt kívánatos. A távhőszolgáltatásban felhasznált depóniagázzal földgázt takarítunk meg, villamosenergiát termelünk, ugyanakkor elkerüljük a depóniagáz légtérbe kerülését vagy az energia hasznosítás nélküli fáklyázást.

Kulcsszavak: hulladéklerakó, depóniagáz, biogáz kazán, gázmotor.

Taking energy and the environment into account, the utilization of landfill gas is definitely beneficial. Using landfill gas in district heating, saves us natural gas and generates electricity, meanwhile we still prevent flaring without energy recovery and landfill gas getting into the airspace.

Keywords: landfill, landfill gas, biogas boiler, gas engine.

Bevezetés

A biogáz előállítás hazánkban is elterjedt területe a települési hulladékok lerakóinál keletkező gáz (depóniagáz) termelése, a lerakott hulladékba telepített gázkivételi kutak segítségével.

Magyarországon jelenleg mintegy 23 millió m³ (4,5–5 millió tonna) települési szilárd hulladék keletkezik évente. Ennek 62%-a lakossági eredetű, a többi az intézményeknél, szolgáltató egységeknél és vállalkozásoknál keletkező háztartási hulladékokkal együtt kezelhető hulladék. Ez a mennyiség a gazdaság fejlődésével párhuzamosan évente 2–3%-kal nő.

1. Depóniagáz képződése

A települési szilárd hulladéklerakókban, a depóniákban, a tapasztalatok azt mutatják, hogy 6–7 hónap elteltével megindul a gázképződés folyamata, amely 6–7 év után éri el a maximumát, majd fokozatosan csökken és 15–20 év múlva már nem gazdaságos.

A kommunális hulladékok 40–50%-a szervesanyag, amely anaerob módon biológiailag lebomlik gázfejlődés mellett. Megjegyezni kívánjuk, hogy a ma érvényes jogszabályok szerint a jövőben, a települési hulladékok biológiailag lebomló szervesanyag-tartalma csökkentendő. A hulladéklerakók depóniagáz termelése jelentősen elmarad a biogáz fermentorokétól. Kedvező esetben egy tonna hulladékból 7–12 m³ gáz keletkezik. A gáz kinyerése történhet kompresszoros elszívásos módszerrel egy gyűjtő vezetékbe juttatva, majd víztelenítés és tisztítás után kerülhet felhasználásra. A depóniagázt a keletkezés helyén, vagy annak közelében hasznosítják.

Fűtőértéke általában 14–17 MJ/m³ között ingadozik. Amennyiben a depóniagáz metán tartalma 50–65% között van, jól hasznosítható gázkazánokban és gázmotorokban. A 30%-nál kisebb metán tartalmú gáz stabil tüzelésre már nem alkalmas, földgázzal keverve hasznosítható [1].

A hulladékártalmatlanítás egyik formája a lerakás. A lerakás után mintegy fél esztendővel indul be a depóniagáz képződése, addig tart az anaerob baktériumoknak megfelelő környezeti feltételek kialakulása. A prizmák nyári kiszáradása a levegő beáramlása miatt, a depóniagáz kitermelésének hosszabb szüneteltetése pedig a mező elsavanyodása miatt a gáztermelő-képesség csökkenésével jár.

A gázképződés javításának lehetőségei [2]:

- szelektív hulladékgyűjtés, iszapelhelyezés,
- a hulladék tömörítése,
- a folyamatos termékfelhasználás lehetőségeinek megteremtése.

A gázkutak két esetben is telepíthetők:

- újonnan létesített lerakók esetén a lerakás során folyamatosan,
- meglévő lerakó esetén új gázkutak létesítésével.

A gázkinyerés két fő csoportra, függőleges és vízszintes elrendezésű rendszerekre osztható. Megkülönböztetünk passzív rendszereket, ahol a gáz saját nyomása következtében lép be a gázgyűjtő kutakba és aktív rendszereket, ahol a gáz összegyűjtésére megszívást alkalmaznak.

Az üzemeltetési mód a kitermelés hatásfokát jelentősen befolyásolja. A kutakat 30–80 m távolságra telepítik úgy, hogy a felszínhez közeli szakaszt a levegőbeszívás és ezzel robbanásveszélyes gáz-levegő kialakulása elkerülésére körbeszigetelik.

A kitermelt gáz optimálisan 55–60% metánt és 40–45% szén-dioxidot tartalmaz. A metán/szén-dioxid arány a hulladék összetételétől, tömörítésének fokától és a lerakóhely szigetelésétől függ.

Gyakran a levegő által felhígulva 4–6% oxigént és 15–30% nitrogént is tartalmazhat az említett két komponens rovására. A hulladék nedvességtartalma miatt mindig vízgőzzel telített. Ezt hasznosítás előtt kondenzálni kell és a kondenzátumot vissza kell juttatni a lerakóhelyre. A hulladék nyomelemeinek egy része is bekerül a kondenzátumba. A hulladékból nyert biogázban esetenként előfordulnak: kén-hidrogén és szerves vegyületek, főként szén-hidrogének. A depóniagáz képződés fázisai [3]:

I. fázis:

A hulladék elhelyezése után közvetlenül egy aerob fermentáció indul meg mikroorganizmusok jelenlétében. A folyamatot a mélyebb régiókban a hulladékkal csapdázódott levegő, a felszínközeli régiókban az atmoszférából bejutó oxigén táplálja. A keletkező biogáz szén-dioxid, a csurgalékvízben az ammónium, illetve az egyéb alkotórészek oxidációs termékei dúsulnak. A folyamat erősen exoterm, a hőmérséklet elérheti a 60–70 °C-t.

II. fázis:

Az oxigén fogyásával anaerob körülmények alakulnak ki, a sötét, oxigénhiányos, oxigénmentes környezetben a gombák, és erjesztő baktériumok végzik a szénhidrátok, fehérjék és a zsírok erjedési-lebomlási folyamatait. A keletkező biogáz szén-dioxidból és hidrogénből áll, a nitrogéntartalom erősen csökken. A csurgalékvíz pH-ja csökken (pH= 4–5), nagy mennyiségű kalciumot, vasat, nehézfémeket és ammóniumot tartalmazhat. A fázis végére a redoxpotenciál csökkenésével a kezdeti nagy szulfáttartalom is csökken, a keletkező szulfid kicsapja az addig oldatban lévő vasat, mangánt és nehézfémeket.

III. fázis:

A metanogén és a szulfátredukáló baktériumok megjelenésével és elszaporodásával megkezdődik az előző pontban leírt folyamat, majd a biogázban növekedni kezd a metán koncentráció, mialatt a hidrogén és a szén-dioxid koncentrációja csökken. A csurgalékvíz pH-ja növekedni kezd, ami a vas, mangán és nehézfémek további kiválásához vezet. Továbbra is jelentős a keletkező, és a csurgalékvízben elnyelődő ammónia mennyisége.

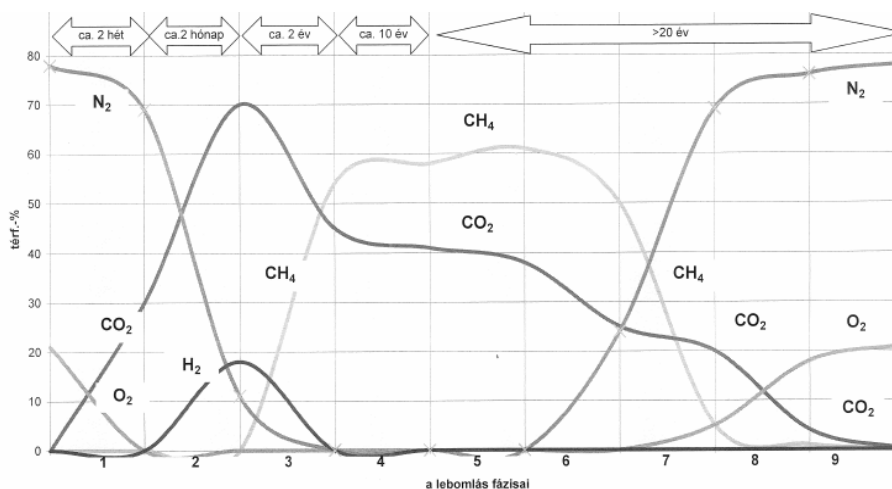
IV. fázis:

Az ún. „metán” fázisban stabilizálódik az előző fázisban megkezdődött metánképződési folyamat, a biogázban a metán koncentrációja 50–60 v/v %-on állandósul.

V. fázis:

A lebontható szénhidrátok, fehérjék, és zsírok elfogyásával csak az ellenálló szerves szén marad vissza a hulladékban. A metántermelés fokozatosan visszaesik, a légköri diffúzió miatt.

Az 1. ábra a depónia térben lejátszódó folyamatokat összefoglalóan szemlélteti.



1. ábra. A depóniagáz képződésének folyamata

Amint arról már volt szó, az Európai tapasztalatok szerint is 15–20 évet érdemes figyelembe venni, mint aktív időszakot. A gáz természetesen továbbra is képződik, a mennyisége azonban csökken. Probléma, hogy a gázképződés nehezen szabályozható.

A fermentorokból és szeméttelpről származó biogázok összetételének határértékeit és tüzeléstechnikai jellemzőit egy hálózati földgázzal összehasonlítva a 1. táblázat foglalja össze.

2. A biogáz hasznosításának lehetőségei

A biogáz hasznosítása megegyezik a vezetékes földgáz, vagy a PB gáz felhasználásának lehetőségeivel, így az elsődleges területek: a háztartási fűtés, főzés, használati melegvíz előállítás, valamint mezőgazdasági tevékenységek esetében hűtőgépek, stabil munkagépek hajtása, villamosenergia-termelése és felhasználása.

A legegyszerűbb és leggyakoribb hasznosítás fűtési célokra történő elégetés, valamint villamosenergia-termelés hőenergia ellátással kapcsolatban. Ez esetben elegendő a gáz víztartalmát kondenzálni, egyéb tisztítás általában nem szükséges. A villamos energiát gázmotorokban állítják elő (gázmotor, generátor és hűtőegység).

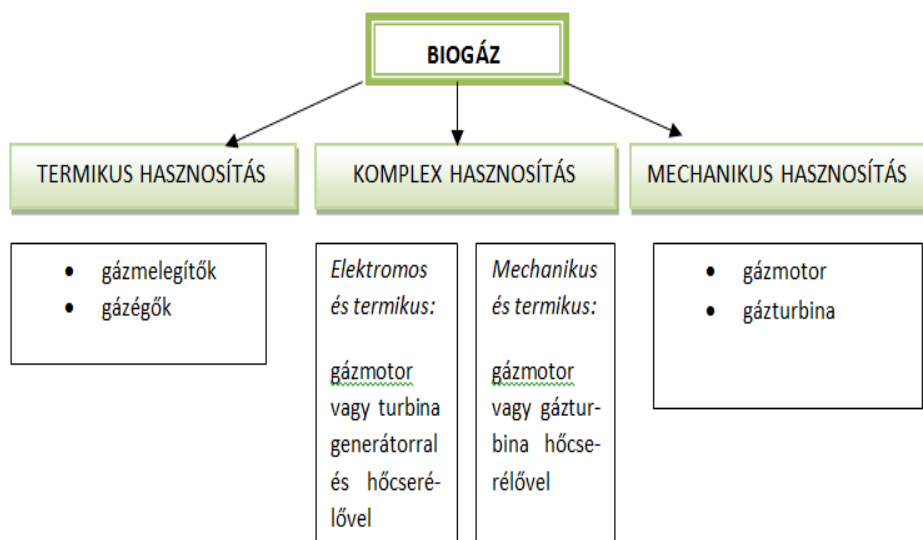
A minél jobb összehatásfok elérése érdekében törekedni kell a hulladék hő lehetőleg teljes hasznosítására (épületek, kertészetek, terményszárítók stb.).

1. táblázat

Biogázok jellemző összetétele és tüzeléstechnikai tulajdonságai

Összetétel	Me	Földgáz (orosz)	Biogáz	
			fermentorból	szeméttelpepi
Metán (CH ₄)	mol%	97,9	65 (50–80)	45 (30–80)
C ₂ + szénhidrogének	mol%	1,2		
Hidrogén (H ₂)	mol%		(0–2)	1,5 (0–2)
Szén-monoxid (CO)	mol%			
Szén-dioxid (CO ₂)	mol%	0,1	34,8 (15–50)	37,5 (05–40)
Nitrogén (N ₂)	mol%	0,8	0,2 (0–5)	15 (0–50)
Oxigén (O ₂)	mol%		(0–1)	1,0 (0–10)
Összesen:		100	100	100
Hidrogén-szulfid (H ₂ S)	mg/m ³	-	< 600	<100
Ammónia (NH ₃)	mg/m ³	-	0–100	0–5
Összes klór (Cl)	mg/m ³	-	0–100	0–5
Összes fluor (F)	mg/m ³	-	0–100	0–800
Sziloxánok	mg/m ³	-	0–50	0–50
Kátrány	g/m ³	-	-	-
Tüzeléstechnikai jellemzők				
Égéshő	MJ/m ³	37,8	24,6	17,2
Fűtőérték	MJ/m ³	34	22,1	15,5
Wobbe-szám (felső)	MJ/m ³	50,3	26	17,4
Relatív sűrűség	-	0,56	0,89	0,98
Sűrűség	kg/m ³	0,73	1,16	0,27

A biogáz hasznosításának lehetőségeit a 2. ábra foglalja össze.



2. ábra. Biogáz hasznosításának lehetőségei

3. Biogáz-hasznosítás a távfűtésben

Miskolcon a Miskolci Hőszolgáltató Kft. (továbbiakban: MIHŐ), látta meg a lehetőséget a Bogáncs utcai más néven (nádasréti) szemétklerakóban rejlő tetemes mennyiségű depónia-gáz felhasználására.

A hulladéklerakó területén az 1960-as évekig halastó működött. A hulladéklerakás 1973-ban indult, ettől kezdve gyakorlatilag a teljes város kommunális, ipari és intézményi hulladéka itt került lerakásra.

A Bogáncs utcai szemétklerakó 1973–2006 között üzemelt, az egyik legnagyobb rekultivált szemétklerakó hazánkban.

- területe 22 ha,
- 5 millió tonna kommunális hulladék.

2006. június 1-jén bezárták és megkezdték a szemétklerakó rekultivációját, ezzel egyidejűleg megvalósították a keletkező depónia-gáz (84 kúttal) fáklyázás útján történő ártalmatlanítását.

A cég 2008-ban depónia-gáz hasznosítási céllal pályázatot nyújtott be a megújuló energiaforrások alkalmazásának tématerületén. A pályázat a nádasréti szemétklerakó depónia-gázának felhasználására irányult [4].

A képződött depóniagáz elfáklyázása helyett – a pályázati támogatással – megvalósult a légvonalban ~1,5 km-re lévő HCM lakótelep hő- és melegvíz-ellátását biztosító Futó utcai kazánházban való hasznosítása, ahol eddig a hő előállítására földgáztüzelésű melegvíz kazánokban történt. Az üzembe helyezés 2009 januárjában valósult meg.

A Bogáncs utcai lerakónál képződő átlagos gázösszetétel 2010-ben [5]:

CH ₄	–	69,1	%
CO ₂	–	29,08	%
O ₂	–	1,63	%
H ₂ S	–	0,19	%
H _u	–	22	MJ/m ³

A depóniagáz felhasználására a fűtőműbe egy biogáz tüzelésű villamosenergia-termelésre alkalmas gázmotort is telepítettek a beruházás második ütemeként, mert a folyamatos biogáz fejlődés miatt a nyári kisebb energiaigény (használati melegvíz előállítás) lehetővé teszi az áramtermelést. A depóniagáz gázmotorba vezetése előtt kéntelenítés szükség, a berendezés és a környezet védelme érdekében. A villamosenergia-termelés során keletkező hulladékhő, tehát a távhőszolgáltatásban hasznosítható.

A második ütem részeként 67 db új kutat telepítettek, tovább fejlesztették a gázfogadó állomást, kiépítették a villamos hálózatra történő csatlakozás lehetőségét, valamint a kapcsolódást a gáz- és távhőrendszerhez. A telephelyen egy Perkins-típusú gázmotor üzemel, amely 2010 júliusától kereskedelmi üzemben dolgozik.

A hulladéklerakóból egy 2050 méteres csővezeték szállítja a gázt a hejőcsabai kazánházba. Ma már 151 db gázkút üzemel és 3 db nagy teljesítményű szivattyú szívja, illetve nyomja a kiépített vezetéken a biogázt a kazánházba, ahol a vezeték szétágazik a biogáz-kazán és a gázmotor irányába. A biogáz-kazán Viessmann-típusú, a gázégő Riellors 130-as gyártmány.

A biogáz-üzemű kazán és a gázmotor Hejőcsaba 319 lakásának fűtését és használati melegvízellátását képes megoldani [5].

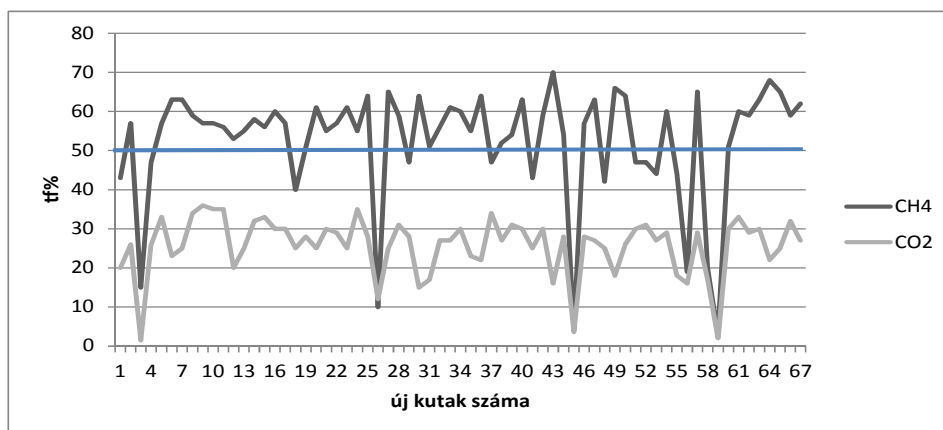
4. Gázkutankénti adatfeldolgozás, értékelés

A MIHŐ Kft. többnyire havi rendszerességgel végez ellenőrző méréseket gázkutanként, a gyűjtővezeték üzemi adatait egy számítógépes adatgyűjtő rendszer rögzíti.

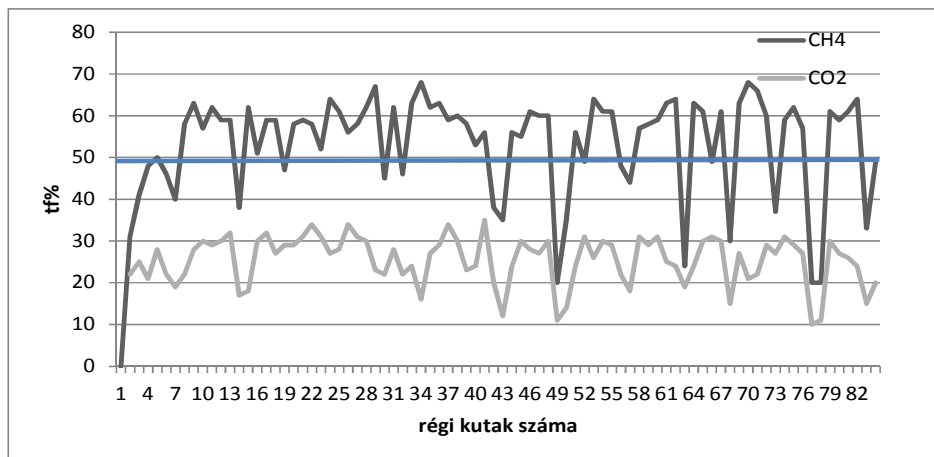
A mérési eredmények egy része a gázkutak gázösszetételére vonatkozik, elsősorban a metán és szén-dioxid tartalomra, de sok esetben mérték az oxigén tartalmat is. Néhány adatsornál a jelentéktelen mennyiségű kén-hidrogén értéke

is feltüntetésre került. Ezen mérési eredményekből mutatunk be egy 2010 tavaszi és őszi kutankénti elemzési adatsort.

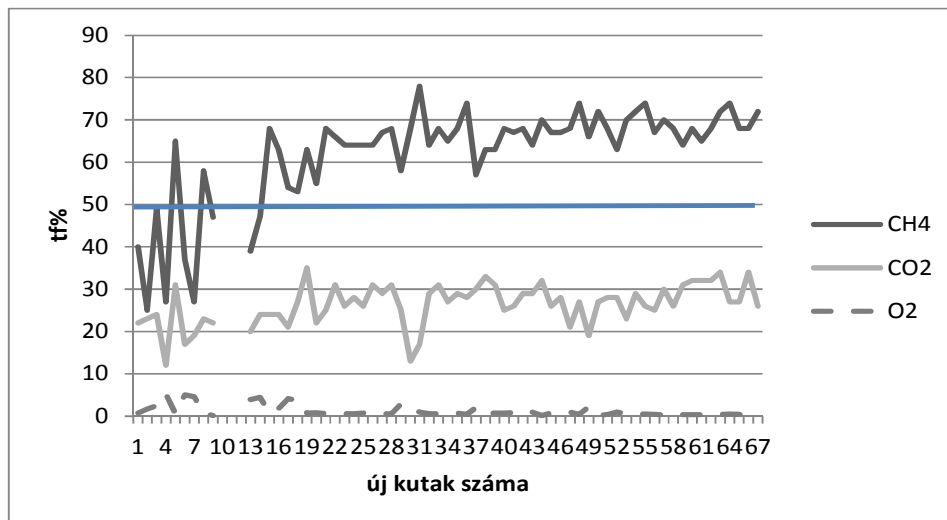
A biogáz összetételét a cég egy DrägerX-am 7000 típusú készüléke mérte. Az adatok kétféle csoportosításban lettek feldolgozva, külön a régi 84 db kút és külön az új 67 db kút. A feldolgozás eredményeit a 3–6. ábrák szemléltetik. Az ábrákon bejelöltük gázmotorok biztonságos üzemeltetése szempontjából kívánatos 50%-os CH_4 tartalmat is.



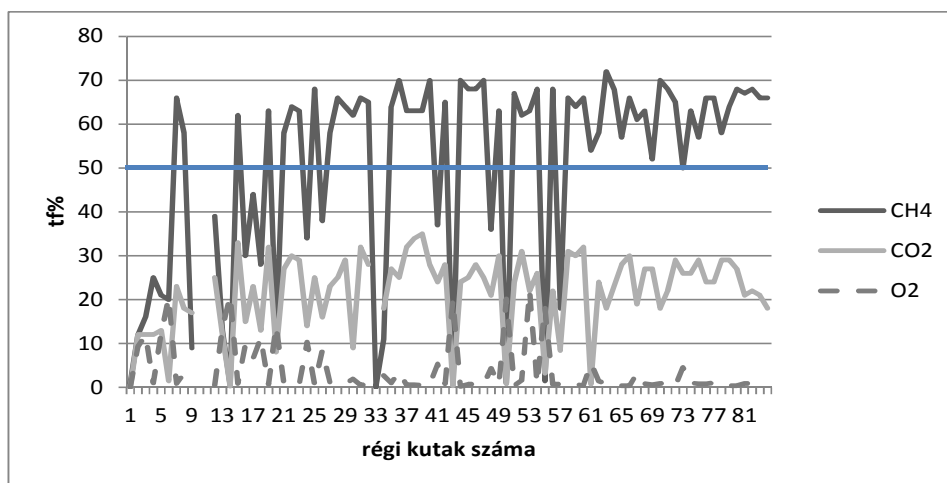
3. ábra. A CH_4 és CO_2 -tartalom változása az új (67db) kutaknál (2010.04.12)



4. ábra. A CH_4 és CO_2 -tartalom változása az régi (84 db) kutaknál (2010.04.12)



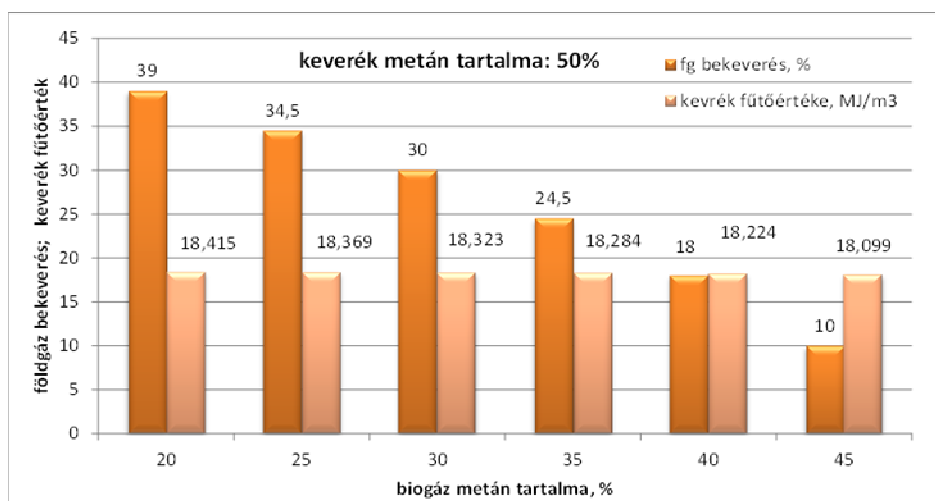
5. ábra. A CH_4 , CO_2 és O_2 -tartalom változása az új (67db) kutaknál (2010.09.27-én)



6. ábra. A CH_4 , CO_2 és O_2 -tartalom változása az régi (84db) kutaknál (2010.09.27-én)

Az ábrák alapján is megállapítható, hogy a depóniagáz CH_4 tartalma a kutak döntő többségénél 50% felett volt. Némi rosszabbodás volt tapasztalható a régi kutaknál az őszi időszakban, erre utal helyenként az oxigéntartalom növekedése is (6. ábra).

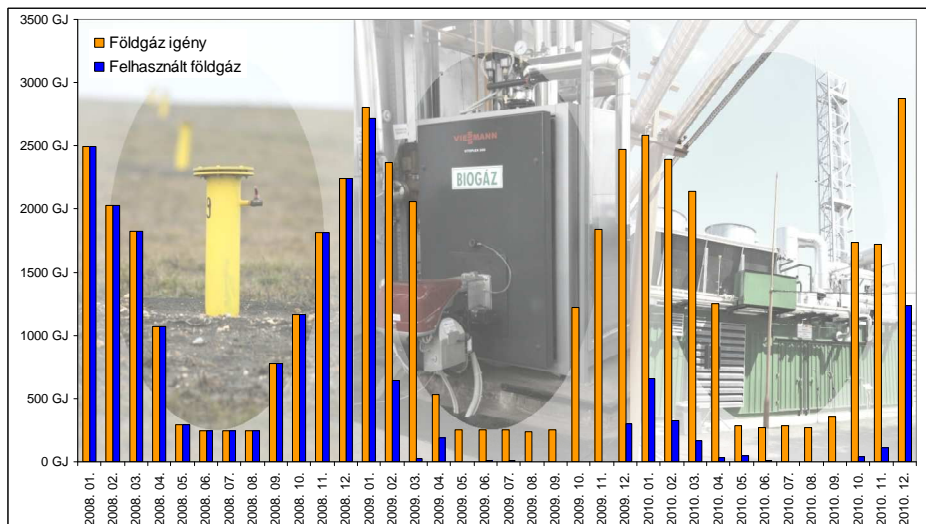
Számításokat végeztünk arra vonatkozóan, hogy ha esetleg a későbbiekben tartósan 50% alá csökken a depóniagáz metántartalma, milyen arányú földgáz bekeverés szükséges a közel azonos hőteljesítmény biztosításához (7. ábra). Az ábra alapján láthatjuk, hogy pl. 40% metántartalmú depóniagázhoz kb. 18% hálózati földgáz bekeverése szükséges a közel 18 MJ/m^3 fűtőértékű gázkeverék biztosítása céljából.



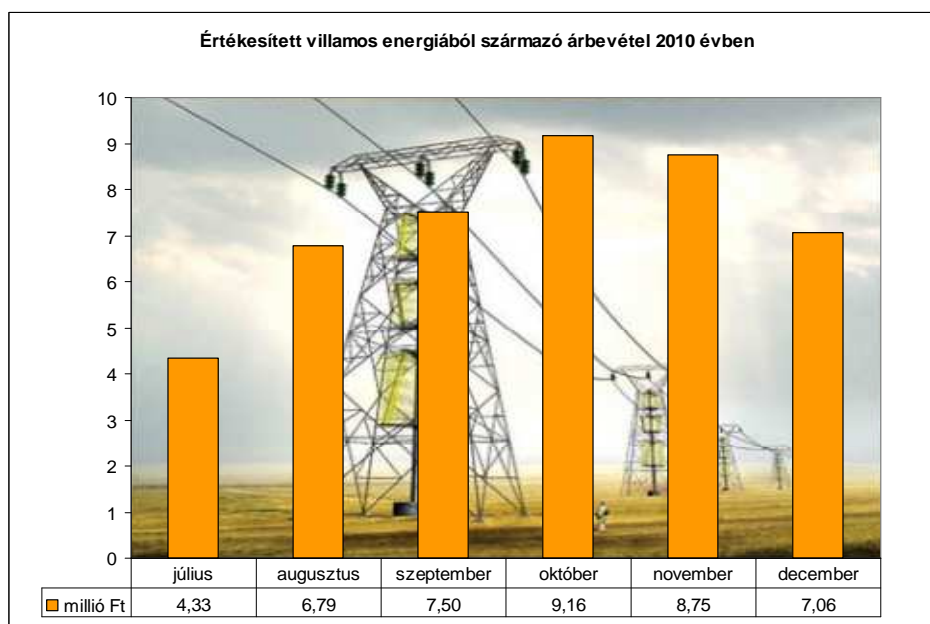
7. ábra. Földgázbekeverés mértéke a depóniagáz metántartalmának függvényében

A továbbiakban bemutatjuk, hogy milyen mértékű földgáz megtakarítás érhető el tisztán biogáz alkalmazásával a bemutatott távfűtő rendszernél. A földgáz felhasználás kiváltását szemlélteti a 8. ábra. Pl. 2009-ben $360\,000 \text{ m}^3$ földgáz megtakarítást értek el.

2010 júniusától az értékesített villamos energia árbevételéről tájékoztat a 9. ábra. Látható, hogy az értékesített villamos energia jelentős árbevételhez juttatja a távhőszolgáltató céget.



8. ábra. A földgázfelhasználás csökkenése 2009 januárjától



9. ábra. Értékesített villamos energia 2010-ben

Összefoglalás

Magyarországon az Európai Unió tagállamaihoz hasonlóan, egyre nagyobb mértékben elterjed a megújuló energiaforrások felhasználása. Az energiapolitikai követelmények és a fosszilis energiahordozók felhasználásának csökkentését előirányzó támogatási rendszerek lehetőséget nyújtanak nagy energia felhasználóinknak a részleges tüzelőanyag-váltásra.

A Miskolci Távhőszolgáltató Kft-nél megvalósult depóniaágaz hasznosítás során nyert hő és villamos energia egy kisebb lakótelep fűtési és melegvíz igényét biztosítja megújuló alapú tüzelőanyag felhasználással, lehetővé téve a termelt villamos energia önfogyasztáson túli értékesítését is. A két fokozatban megvalósult projekt hatására a cég primer energiahordozót, jelen esetben földgázt takarít meg. A biogáz felhasználása egyaránt előnyös a város, a környezet és a hőszolgáltató számára.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány/kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2KNOV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- [1] Hajdú József: Biogáz üzemek működése és biogáz üzemi technológiák. OBEKK Tudományos és szakmai kiadványok. 2009, Gödöllő.
- [2] Máramarosi István: Biogáz, avagy hogyan teremthetünk forrást a hulladéklerakók rekultivációjához. Önkormányzati konferencia, Budapest, 2009.
<http://www.energiaklub.hu/dl/toosz/maramarosiistvan.pdf>
- [3] Depóniaágaz-kitermelés, ártalmatlanítás, -hasznosítás Műszaki kiadványok, 2009.
http://www.muszakikiadvanyok.hu/cikk/biogaz_eloallitas_es_felhasznalas/381/dep_oniagaz_kitermeles_artalmtlanitas_hasznositas
- [4] KEOP-4.1.0: Hő- és villamosenergia-előállítás támogatása megújuló energiaforrásból című pályázat benyújtása 2008. július 11.
- [5] Kovács Tamás: Biogáz alkalmazása a miskolci távhőszolgáltatásban. 23. Távhő vándorgyűlés. Pécs, 2010.