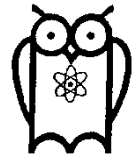




MISKOLCI EGYETEM
MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT
3515 MISKOLC Egyetemváros



Depóniagáz energetikai hasznosítása

Készítette:

Takács Csaba

Konzulens:

Woperáné dr. Serédi Ágnes
egyetemi docens

Tanka Sándor
műszaki igazgatóhelyettes

Tüzeléstani és Hőenergia Intézeti Tanszék
2011

TARTALOM

1. BEVEZETÉS	3
2. BIOGÁZOK.....	4
3. A DEPÓNIAGÁZ.....	9
3.1. A depóniagáz keletkezésének és hasznosításának bemutatása	9
3.2. A depóniagáz hasznosításának néhány nemzetközi példája	12
3.3. A depóniagáz hasznosításának helyzete Magyarországon	14
4. A MIHŐ KFT BOGÁNCS UTCAI KÚTJAINAK HELYZETE.....	18
4.1. A MIHŐ Kft. depóniagáz telepe.....	18
4.2. Gázkutankénti adatfeldolgozás.....	22
4.3. Javaslatok a gáztelep állapotának javítására	31
5. ÖSSZEFOGLALÁS	33
6. IRODALOM	34

1. BEVEZETÉS

A Föld szénhidrogén készletei fogyóban vannak, valamint a légkörben lévő, üvegházhatást okozó szén-dioxid mennyisége is jelentősen növekszik. Napjainkban egyre inkább előtérbe kerülnek a környezetbarát, megújuló energiahordozók.

A megújuló energiahordozók közé tartoznak a biogázok. Ezeket is két csoportra lehet osztani, a biomasszák parciális elégetése során keletkező ún. szintézisgázokra, és a fermentációs folyamatok során keletkező biogázokra. Fermentációval többféle módon is keletkezhet biogáz, ezek egyik fajtája a depóniagáz.

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

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 kitermelés. A kommunális hulladékoknak általában 40-50%-a szervesanyag, amely anaerob módon biológiailag lebomlik gázfejlődés mellett. 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.

A dolgozat bemutatja a MIHŐ Kft. által üzemeltetett Bogáncs utcai biogáz telep működési rendszerét és a fejlődő depóniagáz hasznosítását. A keletkezett depóniagázzal a teleptől néhány kilométerre fekvő hejőcsabai lakótelepet fűtik, kiváltva ezzel a hőszolgáltatás földgázigényének jelentős részét. További haszonként jelentkezik az ugyanezen a helyen üzemelő gázmotoros „erőmű” által termelt villamosenergia is, amelynek egy részét helyben hasznosítják, másik részét értékesítik.

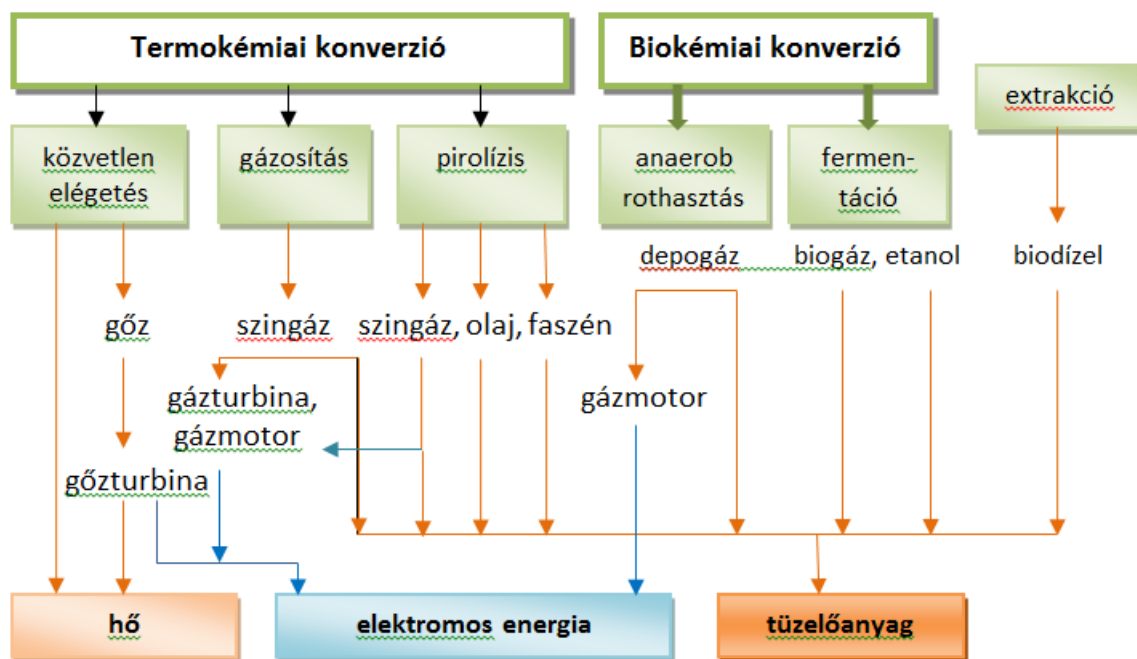
Dolgozatomban, a MIHŐ Kft. által rendelkezésemre bocsátott mérési adatok alapján értékelem a Bogáncs utcai gáztelep gáztermelő képességének és minőségének állapotát, figyelembe véve a hozzá szorosan kapcsolódó villamosenergia és hőtermelő rendszert.

2. BIOGÁZOK

A biogázokat két fő csoport alkotja, úgymint a biomasszák részleges elégetése során keletkező szintézisgázok és a fermentációs folyamatok során keletkező biogázok. Szintézisgázt biomasszából két úton lehet előállítani. Az egyik módszer szerint a kiindulási anyagot közepes hőmérsékletű (általában 500 °C-ig terjedő) pirolízisnek vetik alá. A végeredmény kokszt, pirolízis olajt, vizes oldatot és könnyű szénhidrogéneket (metán, etilén, etán) illetve szén-monoxidot tartalmazó gázt. A szintézisgázt ezen anyagok szén-dioxidos, vagy vízgőzös, esetleg oxigénes parciális oxidációjával állítják elő [1]. A másik lehetséges szintézisgáz előállítási módszer a biomassza közvetlen elgázosítása. Ezeknek a módszereknek az előnye, hogy viszonylag gyorsan előállítható az energetikai célokra már közvetlenül is felhasználható szintézisgáz, azaz szingáz.

A fermentációs folyamatok során keletkező biogázok alapvetően 3 csoportba sorolhatók: a kifejezetten biogáz előállító „reaktorokban” keletkező biogázra, a hulladéklerakókban keletkező depóniagázra és a szennyvíziszapból keletkező biogázra.

Mindezeket összefoglalóan mutatja be az **1. ábra** [2].



1. ábra: Gáz energiahordozók biomassza forrásokból

A „reaktorokban” keletkező biogáz népszerűsége folyamatosan növekszik, mivel megfelelő szakértelemmel jól szabályozhatók a keletkező gáz paraméterei, összetétele. A biogáz keletkezéséhez az alábbi feltételek szükségesek:

- kellően aprított szerves anyag,
- a levegőtől, oxigéntől elzárt körülmény,
- a metanogén baktériumok jelenléte,
- állandó, és kiegyenlített hőmérséklet,
- folyamatos keveredés,
- a metanogén és acidogén baktériumok különböző, s egymással szimbiózisban tevékenykedő törzsei is szükségesek [3].

Amennyiben az fent említett feltételek adottak, úgy a biogáz keletkezése a következő módon történik: Biogáz főként baktériumok aktivitása során keletkezik, habár néhány gomba illetve alacsonyabb rendű állati szervezet is részt vesz a szerves anyagok lebontásában. A lebontási folyamat igen bonyolult, számos baktérium törzs szimbiotikus kapcsolatán keresztül történik. Hidrolitikus baktériumok bontják a nagy molekulájú szerves vegyületeket extracelluláris enzimeikkel, mely eredményeként rövid szénláncú zsírsavak, szén-dioxid és hidrogén gáz keletkezik. A baktériumok második csoportja ezt követően a rövid szénláncú zsírsavakat alakítja át szerves savakká, többnyire ecetsavvá. A folyamat során újabb szén-dioxid és hidrogén gáz keletkezik. Végül a metanogének állítják elő a biogázt ecetsavból és hidrogénből. A biogáz metán, szén-dioxid és számos más vegyület keveréke. A biogáz képződés szempontjából igen fontos, hogy az egyes lépések számára megfelelőek legyenek a körülmények, valamint igen fontos paraméter a hidrogén termelés illetve felhasználás aránya, ugyanis ez a lebontási folyamat egyik fő sebesség-meghatározó komponense [4].

A biogáz keletkezés 4-98 °C között lehetséges. A biogáztelepeken használt szokásos lebontási hőmérséklet szerint háromféle technikai szintet különböztetünk meg:

- pszichofil zóna: környezeti hőmérsékleten termelő biogáz-berendezés
- mezophil zóna: 28-36 °C között termelő biogáztelep
- termophil zóna: 48-53 °C – on termelő biogáztelep [5].

A pszichofil baktériumok ugyan alacsony hőmérsékleten is életképesek, de metántermelésük igen kicsi. A mezophil baktériumok 28-36 °C hőmérséklettartományban a legaktívabban, metántermelésük elmarad a termophil baktériumoktól, de ebben a hőmérséklettarto-

mányban jól tűrik a hőmérséklet ingadozásait. A termophil baktériumok 48-53 °C hőmérséklet-tartományban életképesek, ebben a tartományban a metántermelésük jelentősen meghaladja a mezophil baktériumokét, de csak szűk hőmérséklettartományban működnek életfolyamataik optimálisan.

A **2. ábra** egy biogázt termelő reaktort mutat be [6]:



2. ábra: Fermentor Darmstadt-Wixhausen városában

A **2. ábrán** látható, Darmstadt-Wixhausen (Németország) 2007-ben épült meg, tárolókapacitása 11500 tonna, amelynek segítségével évente mintegy 2,5 millió m³ biogázt termel, ezzel 600 családot képes ellátni [6].

Magyarországon a legnagyobb és legkorszerűbb biogáz üzem Nyírbátorban található. A **3. ábrán** látható a nyírbátori biogáz üzem, kapacitása: 100.000 tonna/év 6-10% szárazanyag tartalmú vegyes hulladék-fermentálás, 2500 kWh villamos energia-termelés [7].



3. ábra: A nyírbátori biogáz üzem

A biogáz egy másik fajtája a szennyvíztelepeken, a szennyvíziszapból képződő biogáz. A szennyvíztelepeken képződő biogáz képződési folyamatának megértéséhez nagy vonalakban át kell tekintenünk a szennyvíztisztítási technológia főbb elemeit.

A szennyvíztelepekre vagy gravitációs úton, vagy szivattyúzással jut el a szennyvíz. Ez először mechanikai tisztításon megy át. A durva hordalékot üleptik, szűrik, homoktartalmát, zsírszerű összetevőit eltávolítják. Ezután csatlakozik a folyamatba a nyomócsövek érkező kevésbé szennyezett víz. A kevert vizet szűrik és üleptik lebegő szervesanyag-tartalmát. A mechanikai tisztításon átesett szennyvíz a biológiai tisztító egységbe kerül. A biológiai tisztítást mikroorganizmusok végzik, ezek eleven iszap formájában vannak jelen, lebontva a szerves anyagot. A technológia során képződött iszapra további kezelés vár, mivel szárazanyag-tartalma kicsiny, ezt sűrítőkben 6-7%-ra növelik. A besűrített iszapot anaerob rothasztókba táplálják, ahol a szervesanyag-tartalom egy része biogázzá bomlik. Az elbomlott szennyvíz-iszap ezután utórothasztókba kerül, ahol azt centrifugákkal 30% víztartalmúra víztelenítik. Ezt a sűrű iszapmaradékot komposztálásra használják.

1 m³ szennyvízből 0,1-0,25 m³ biogáz képződése becsülhető. Magyarországon 12 olyan települést találunk, amelyek szennyvíztisztító kapacitása elegendőnek tűnik a biogáz

hasznosítására. Közben az iszap minősége környezetvédelmi szempontból javul: a baktériumok száma csökken, a férgek, féregpeték nagy része elpusztul [8].

Magyarországon Szegeden épült meg Európa legmodernebb szennyvíztisztítója, amely a legszigorúbb normáknak is megfelel, hiszen a telepen kiépült UV berendezéssel lehetőség van a szennyvíz fertőtlenítésére is, ezáltal jobb a telepről elfolyó tisztított szennyvíz minősége. A rendszer nemcsak Szeged, hanem a kommunális szennyvízcsatorna-hálózatra rákötött Deszk, Kübekháza, Tiszasziget és Újszentiván szennyvizét is képes fogadni. Tisztítókapacitása napi 60 ezer köbméter, jelenleg mintegy 40 ezer köbméter érkezik a településekről. Az iszapot mezofil eljárással rothasztják, naponta 3500 m³ biogáz keletkezik, amit két gázmotor generátorral áramtermelésre használnak fel. Naponta tízezer kilowattóra áramot termelnek, amely 900 háztartás villamosenergia szükségét fedezi [9].

3. A DEPÓNIAGÁZ

3.1. A depóniagáz keletkezésének és hasznosításának bemutatása

A depóniagáz egy speciális biogáz, amely a hulladéklerakókban keletkezik természetes úton, majd aztán kutak segítségével a felszínre hozható, és hasznosítható energetikai célokra.

A depóniagáz képződés fázisai [10]:

I. fázis:

A hulladék elhelyezése után közvetlenül egy aerob fermentáció indul meg mikroorganizmusok jelenlétében. A folyamatot a mélyebb régiókban a hulladékkal csapdázódott levegő, a felszín közeli régiókban az atmoszférából bejutó oxigén táplálja. A keletkező biogázban szén-dioxid, a csurgalékvízben az ammónia, illetve az egyéb alkotórészek oxidációs termékei disszolválódnak. 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 hajtják végre a szénhidrátok, fehérjék és 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 ammóniát tartalmazhat. A fázis végére a redoxpotenciál¹ csökkenésével a kezdeti magas 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.

¹ A redoxpotenciál (ORP, mV) az oxidáló illetve redukáló képesség mértéke.

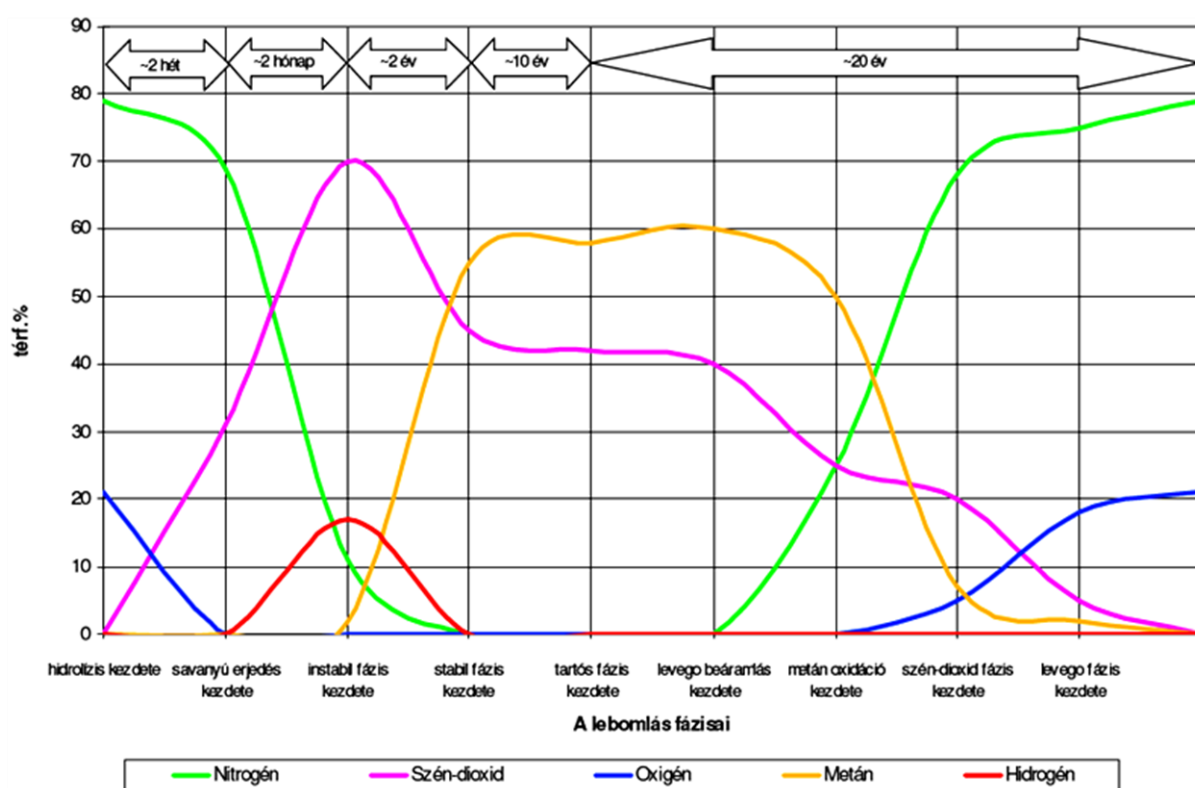
IV. fázis:

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

V. fázis:

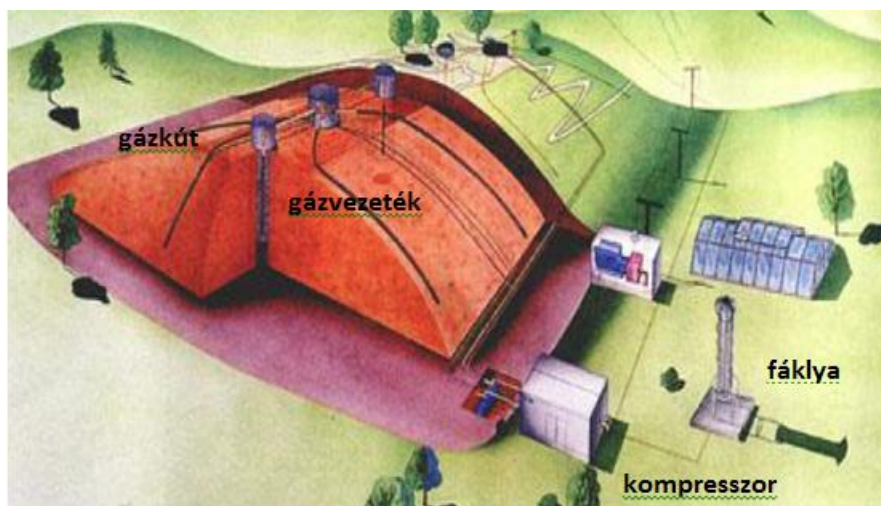
A lebontható szénhidrátok, fehérjék és zsírok elfogyásával csak az ellenálló szerves szén marad vissza a hulladékban. A metántermelés fokozatosan visszaesik a légköri diffúzió miatt.

A **4. ábra** a depónia térben lejátszódó folyamatokat szemlélteti [10].



4. ábra: A depóniagáz képződésének folyamata

Az **5. ábra** egy általános hulladéklerakót mutat be [11].



5. ábra: Egy ideális lerakó elvi vázlata

A hulladéklerakó telítődése után rövid idővel megindul a depóniagáz képződése, amelynek kinyerése depóniagáz kutakkal lehetséges (6. ábra).



6. ábra: Egy korszerű, műanyag depóniagáz kút

A kutak aztán a depóniagázt egy közös gázvezetékbe továbbítják, ami az erőműig szállítja és lehetővé teszi a hő és villamosenergia termelését, vagy akár kapcsolt energiatermelést is.

3.2. A depóniagáz hasznosításának néhány nemzetközi példája

Az egyik legrégebbi depóniagázkút az Amerikai Egyesült Államokban található Mountaingate-depónia, amelyet 1980-ban létesítettek. A depónia Los Angeles nyugati részében található, 375 holdnyi területen terül el, és 29 depóniagázkút található rajta. Az akkori technikai fejlettséghez képest kiválóan monitorozott, ellenőrzött depóniagáz-termelés történik itt, amit 4,5 mérföld távolságra szállítanak a csővezetékekben. A gáz metántartalmát folyamatosan figyelik és 50 V/V% érték közelében tartják [12]. Az erőmű teljesítménye közel 50 MW, a depóniagáz előzetes tisztítás után közvetlenül hasznosítható villamosenergia termelésre és kapcsolt energiatermelésre is. A gáztisztításnál a depóniagáz víztartalmát kell eltávolítani, valamint különösen figyelni kell a kéntartalmú gázkomponensek eltávolítására is, mert azok oxigénnel reagálva korrodálják a tüzelőrendszert [13].

Az Egyesült Királyságban is elkezdődött már a 80-as években a depóniákban képződő gáz energetikai hasznosítása, de a rendszerük megbízhatatlan volt, gyakoriak voltak a balesetek. Ezen úgy igyekeztek javítani, hogy a régi kutakat felváltották az új, korszerű kutak, amelyekkel jelentősen kisebb a balesetek valószínűsége, és jóval több depóniagáz is hozható a felszínre [14].

A depóniagáz hasznosítása céljából a General Motors egy egészen újszerű ötlettel állt elő: Előzetes tervek szerint 2012-re elkészülnek az első, 40%-ban depóniagázt hasznosító személyautók. A General Motors a Chevrolet Sonic és a Buick Verano modelleket alakítja át depóniagáz felhasználásra, amely modellekből évente 14000 darabot szeretnének gyártani. Előzetes számításaik szerint így évente 1,1millió U.S. dollár takarítható meg a fosszilis energiahordozók közlekedésbeli részarányának csökkenése révén, valamint jelentősen csökkenne a károsanyag-emisszió is [15].

Törökországban, az Ankara közelében lévő Mamak városában kerül lerakásra a metropolisban keletkező, naponta 3500 tonna mennyiségű települési hulladék, melynek kb. 60% szervesanyag tartalma van. Az itt keletkező depóniagáz hasznosításának köszönhetően évente 140ezer MWh villamosenergiát termelnek egy 16,8 MW teljesítményű, csaknem egész évben üzemelő erőműben, ezzel csökkentik a károsanyag-kibocsátást és munkát adnak a környékbeli embereknek. Az üvegház-gázokat nem csak villamosenergia-termelésre, hanem üvegházak fűtésére is felhasználják. [16].

Depóniagázt nem csak kifejezetten erre tervezett erőművekben lehet elégetni, erre jó példa a Hong-Kongban található Tai Po erőmű, ahol kezdetben széntüzeléssel állítottak elő villamosenergiát, majd 1973-ban könnyűbenzin-tüzelésre álltak át, majd 1999-ben ezt felvál-

totta a depóniagáz, 2006 óta pedig depóniagáz-földgáz vegyes tüzelés történik. A földgáz bevezetésére nem is főleg a fűtőérték növelése miatt volt szükség, hanem a kibocsátott kén tartalmat akarták csökkenteni. 2008 óta 50% földgáz, 50% depóniagáz keveréket tüzelnek el az erőműben, ami nitrogén-oxidok és kén-dioxid kibocsátás szempontjából kedvező [17].

A festői környezetben lévő Tai Po erőmű a **7. ábrán** látható [17].



7. ábra: A Hong-Kongban található Tai Po erőmű

Az Európában megújuló energia felhasználás szempontból élen járó, sok ország mintájául szolgáló Dániában is próbálkoznak a depóniagáz energetikai hasznosításával. Audebo város mellett 2001-ig 1,75 hektár 1,4 millió tonna hulladék került deponálásra. A keletkező depóniagázt 8 gázkúton keresztül hozzák a felszínre, majd egy közös gázvezetéken keresztül kerül az évente 880000 Nm³ gáz elégetésére képes, 80%-os hatásfokú erőműbe. A generátor képes kapcsolt energiatermelésre, teljesítménye: 190 kW villamos és 325 kW hőenergiát termel, ami évente 1,2 millió kWh villamosenergia és 2,2 millió kWh hőenergia, viszont a hőenergia-termelésének csak egy részére, 152 ezer kWh-ra van jelenleg kereslet, így indokoltá vált a termelés mértékének optimalizálása [18].

Az Audeoban található depóniagáz telep a **8. ábrán** látható [18]:



8. ábra: Depóniagáz telep a dániai Aubedóban

3.3. A depóniagáz hasznosításának helyzete Magyarországon

A depóniagáz energetikai felhasználásának hazánkban is óriási környezetvédelmi és gazdasági jelentősége van, mivel 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. Jelenleg a közsolgáltatás keretében begyűjtött települési szilárd hulladéknak csupán 3%-át hasznosítják. Az ártalmatlanítás jellemző formája a lerakás (83%). 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. Európai tapasztalatok azt mutatják, hogy kb. 15-20 évet érdemes figyelembe venni, mint aktív időszakot, amikor érdemes még a keletkező biogázt hasznosítani. A gáz természetesen tovább is keletkezik, a mennyisége azonban csökken [19].

A depóniagáz kinyeréséhez 6-8 m magasságú feltöltéseket alakítanak ki és szigetelik azokat. Vízsintes perforált gázgyűjtő vezetékeket kell beágyazni a lerakóba. A depóniagáz kivételére szektorosan gázkitermelő kutakat létesítenek. A gáz kinyerése történhet kompresszoros elszívásos módszerrel, a gyűjtővezetékbe juttatva, majd víztelenítés és tisztítás után kerülhet felhasználásra. Fűtőértéke általában $14-17 \text{ MJ/m}^3$ között alakul. Amennyiben a depóniagáz metántartalma 50-65% között van, abban az esetben jól használható gázégőkben önállóan vagy földgázzal keverve. A 30%-nál kisebb metántartalommal a depóniagáz már stabil tüzelésre nem alkalmas [11].

A javítás lehetőségei a következő módokon képzelhetők el:

- szelektív hulladékgyűjtés, szennyvíziszap elhelyezése a telepen a gáztermelés fokozása céljából,
- a gázképződés sebessége a hulladék tömörítésével (0,2-ről akár 1 t/m^3 -re) fokozható, amely növeli egyúttal a telepen elhelyezhető anyagmennyiséget is,
- a folyamatos termékfelhasználás lehetőségeinek megteremtése (kogeneráció, üvegház, távfűtés, földgáz-hálózat, gépjármű-hajtóanyag),
- a hatályos céltámogatás feltételeinek megváltoztatása a fejlettebb technológiák, megfelelő gazdasági méretek és szabványok alkalmazásának előírásával,
- a tervezők, a beruházók (többnyire önkormányzatok) és a kivitelezők szakismeretének növelésével a több év után jelentkező, nehezen korrigálható műszaki hibák elkerülése [19].

Az így termelt depóniagáz az 50-65% metánon és 40-45% szén-dioxidon kívül a levegő által felhígulva 4–6% oxigént és 15–30% nitrogént is tartalmazhat a fent említett két komponens rovására. Friss lerakónál a gáz 4–6% hidrogént tartalmazhat. A hulladék nedvességtartalma miatt a gáz 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. Fermentorból és szeméttelről származó biogázok összetételének határértékeit és tüzeléstechnikai jellemzőit egy hálózati földgázzal összehasonlítva az **1. táblázat** foglalja össze [20].

1. táblázat: Biogázok jellemző összetétele és tüzeléstechnikai tulajdonságai

Összetétel	Mérték- egység	Földgáz (orosz)	Biogáz	
			fermentorból	szeméttelenpi
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 (égéshőből)	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

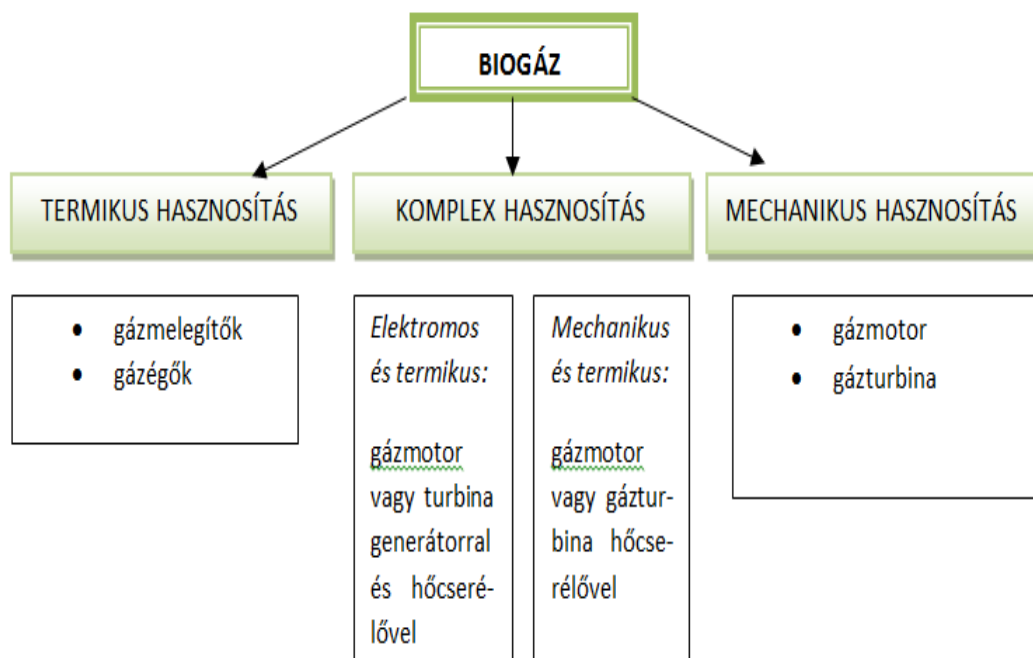
A depógáz hasznosítása megegyezik a vezetékes földgáz, vagy a PB gáz felhasználásának lehetőségeivel, így az elsődleges területek: a háztartási fűtés, főzés, használati melegvíz előállítása, valamint mezőgazdasági tevékenységek esetében hűtőgépek, stabil munkagépek hajtása, villamosenergia termelése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

A legegyszerűbb és leggyakoribb hasznosítás fűtési célokra történő elégetés, valamint villamosenergia termelés hőenergia ellátással kapcsolatos. Ez esetben elegendő a gáz víztartalmát kondenzálni, egyéb tisztítás általában nem szükséges.

A villamosenergiát gázmotorokban állítják elő (gázmotor, generátor és hűtő-egység). Teljesítményük általában 120–155 kW. Hatásfokuk kb. 25-45% (villamosenergia termelésre), azonban a motorok és a füstgázhűtő egység kihasználási fokától függően a lerakóhelyi gáz energiatartalmának max. 55%-a hasznosítható (villamos energiára számítva). A minél jobb

összhatásfok elérése érdekében törekedni kell a hulladékhő lehetőleg teljes hasznosítására (épületek, kertészetek, terményszárítók stb.).

A biogáz (depógáz) hasznosításának lehetőségeit a **9. ábra** foglalja össze.



9. ábra: Biogáz (depógáz) hasznosításának lehetőségei

A kapcsolt energiatermelési mutató (a megtermelt villamosenergia és hőenergia százalékos viszonya) gőzturbinák esetében 10-30%, gázturbináknál 15-35%, kombinált ciklusú berendezéseknél 30-40%, míg dugattyús gépek esetében 35-45%.

A depóniagázok energetikai hasznosításával Magyarországon a MIHŐ Kft is foglalkozik, ami napjainkban is jelentős költségcsökkenést eredményez a társaságnak, ugyanakkor a depóniagáz kútjaiból felszínre hozható gáz minősége és mennyisége ingadozó.

4. A MIHŐ KFT BOGÁNCS UTCAI KÚTJAINAK HELYZETE

4.1. A MIHŐ Kft. depóniagáz telepe

A MIHŐ Miskolci Hőszolgáltató Kft. Magyarország második legnagyobb távfűtési rendszerét üzemeltető közszolgáltató, amely Miskolc város mintegy 32 000 lakossági és mintegy 1000 közületi felhasználója részére végez hőtermelési és hőszolgáltatási tevékenységet.

A MIHŐ Kft. közüzemi szolgáltatást ellátó gazdasági társaság. A társaság hőtermelési és hőszolgáltatási tevékenysége Miskolc város közigazgatási területére terjed ki.

A folyamatos szolgáltatást 97 km primer és 44,8 km szekunder nyomvonal hosszúságú vezetérendszer, valamint 241 db hőközpont és 12 db kazánház biztosítja.

Miskolcon a távhőszolgáltatási tevékenység gondoskodik a lakóépületek és egyéb felhasználók legkorszerűbb, környezetkímélő fűtési módjáról. A társaság erre tekintettel, a környezetkímélő technikai megoldásokat előtérbe helyezve fejleszti folyamatosan szolgáltatási rendszerét, üzembiztonságát [21].

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

A hulladéklerakó területén az 1960-as évekig halastó működött. A hulladéklerakás 1973-ban indult, ettől kezdve gyakorlatilag a város összes 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 hulladékot foglal magába.

2006. június 1-jén bezárták és megkezdték a szeméttelep rekultivációját, ezzel egyidejűleg megvalósították a keletkező depóniagáz fáklyázás útján történő ártalmatlanításának lehetőségét.

A MIHŐ Kft 84 régi és 67 új kúttal rendelkezik, amelyek által a felszínre hozott depóniagázzal fűtik a hejőcsabai lakótelepet így jelentősen csökkentve a vásárolt földgáz mennyiségét, valamint gázmotoros „erőművel” villamos energiát is termelnek.

A cég 2008-ban depóniagáz hasznosítási céllal pályázatot nyújtott be a megújuló energiaforrások alkalmazásának tématerületén. A pályázat a nádasréti szemétkerakó depóniagázának felhasználására irányult (KEOP-4.1.0: Hő- és villamosenergia-előállítás támogatása megújuló energiaforrásból című pályázat benyújtása 2008. július 11.).

A képződött depóniagáz elfaklyázása 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 előállítása földgáztüzelésű melegvíz kazánokban történt. Az üzembe helyezés 2009 januárjában megtörtént.

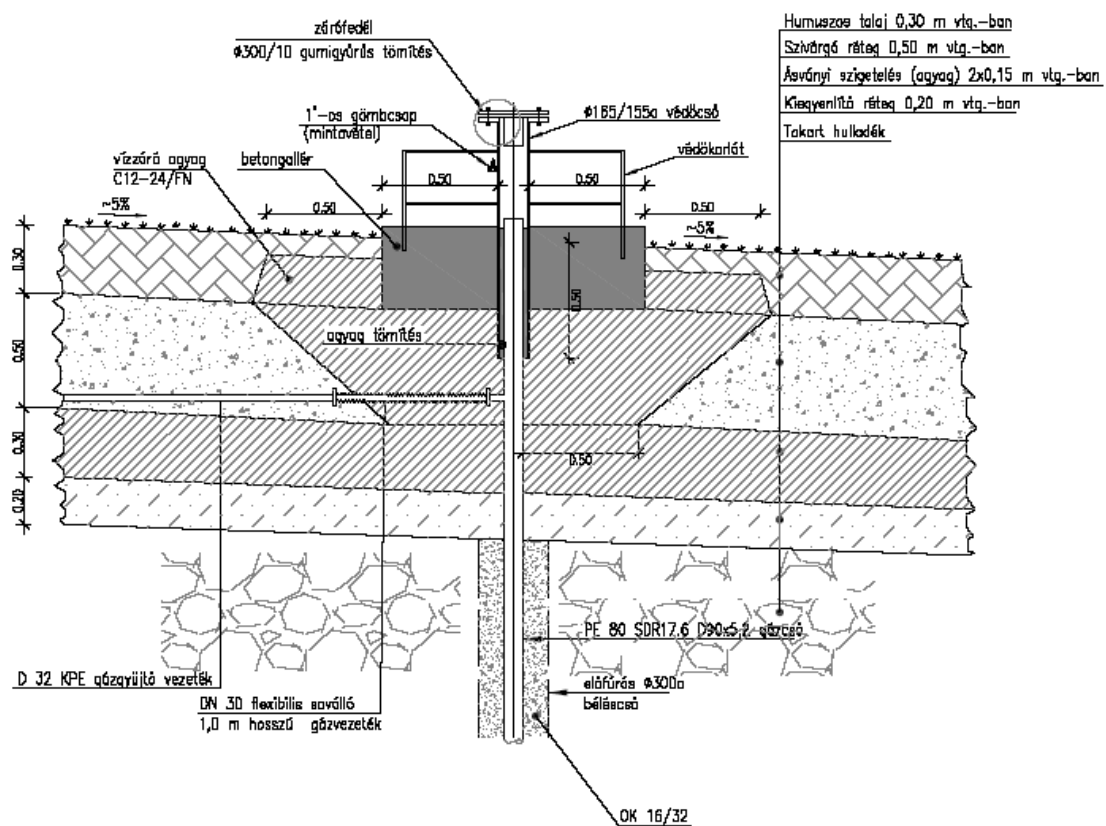
Átlagos gázösszetétel [22]:

- CH₄ - 69,1 %
- CO₂ - 29,08 %
- O₂ - 1,63 %
- H₂S - 0,19%

Fűtőérték: H_u - 22 MJ/m³

A depóniagáz felhasználására a fűtőműbe egy biogáz tüzelésű villamosenergia termelésére alkalmas gázmotort is telepítettek a beruházás második ütemeként. Az időjárási viszonyok következtében nyáron kisebb az energiaigény, mivel nincs szükség a lakások fűtésére, csupán a használati melegvíz előállítása szükséges. A depóniagázt a gázmotorba vezetés előtt kéntelenítik, a berendezés és a környezet védelme érdekében.

A gázkivételi kutat és a gyűjtővezeték a **10 -11. ábrák** mutatják be [22].



10. ábra: Gázkivételi kutak kialakítása



11. ábra: Gázvezeték a hulladéklerakótól a felhasználóig

A biogáz üzemű kazán Hejőcsaba 319 lakásának fűtését és használati melegvíz ellátását képes megoldani. A biogáz kazán Viessmann típusú, a gázégő Riello rs 130-as gyártmány (12. ábra).



12. ábra: Biogáz kazán és égő

A telephelyen egy Perkins típusú gázmotor üzemel, amelyet a 13. ábra szemléltet. A gázmotor által termelt áramot 2010 júliusától értékesíti a MIHŐ Kft, csúcsteljesítménye 496kW.



13. ábra: Perkins típusú gázmotor

A hejőcsabai lakótelep fűtésére és használati melegvíz ellátására éves szinten körülbelül 370-380 ezer m³ földgázra van szükség. A hejőcsabai kazánházban ezt a gázmennyiséget tudják megtakarítani a depóniagázzal.

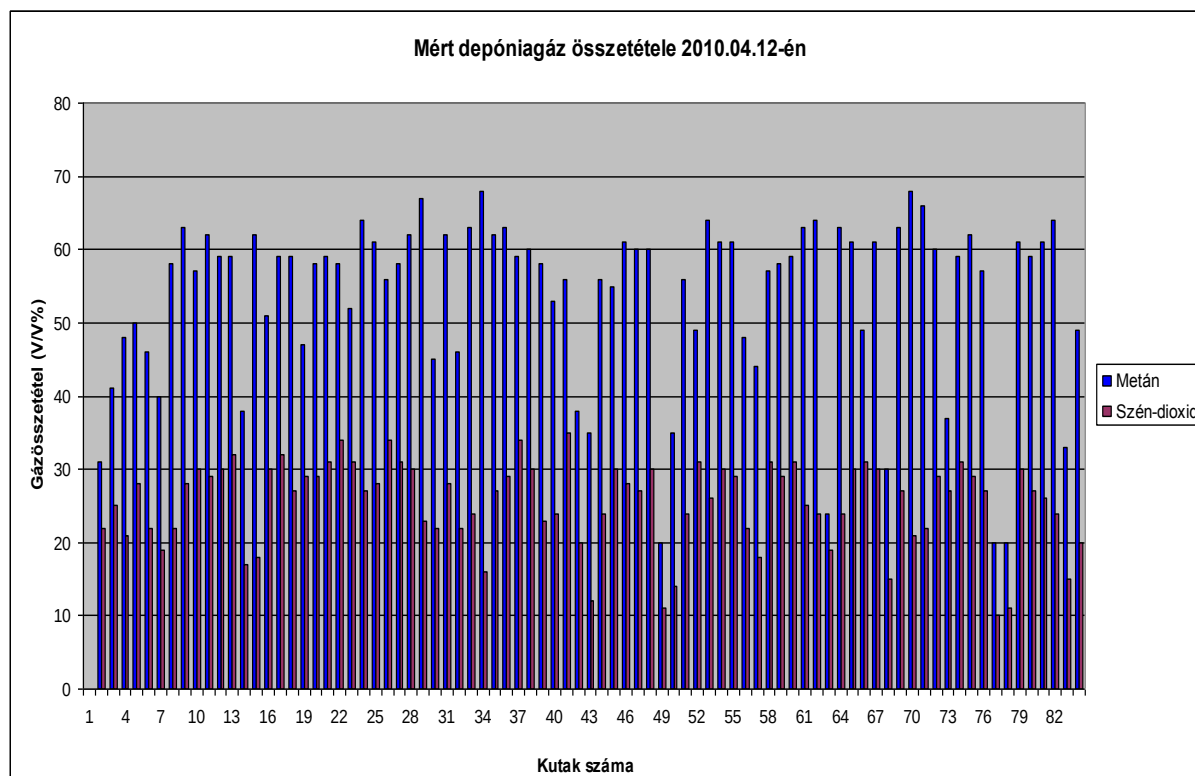
Nyáron csak a villamos-energiatermelésre alkalmas gázmotor üzemel, melyet az elektromos hálózatra csatlakoztatnak.

A gázmotor is termel hőt működéséből adódóan. A többlet hőt csővezetéken a kazánkörbe juttatják, így a gázmotor hője használati melegvíz előállítása céljából hasznosul.

4.2. Gázkutankénti adatfeldolgozás

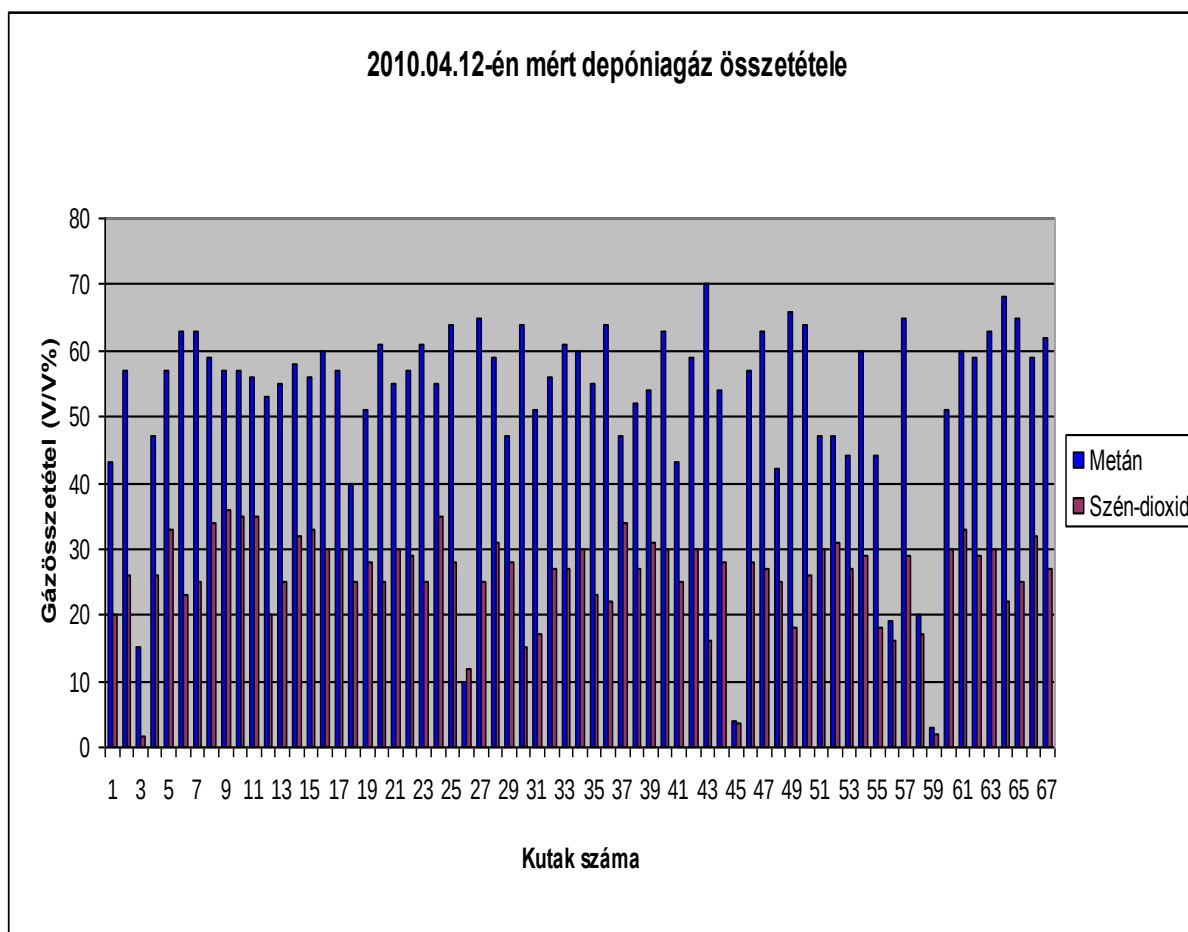
Az elmúlt években a depóniagáz kutak zavartalanul működtek. Változás a 2010. esztendőben következett be, amikor a pontos, megbízható méréseket végző egyedi mérések és monitoring-rendszer adatai egyértelműen a gáz minőségi és mennyiségi romlására utaltak.

A MIHŐ Kft által rendelkezésemre bocsátott mérési adatok alapján készítettem el az **14. ábrát**, amely a 2010.04.12.-ei értékeket mutatja a régi kutak (84 db) esetében [22].



14. ábra: A depóniagáz összetétele a régi kutak esetében, 2010.04.12-én.

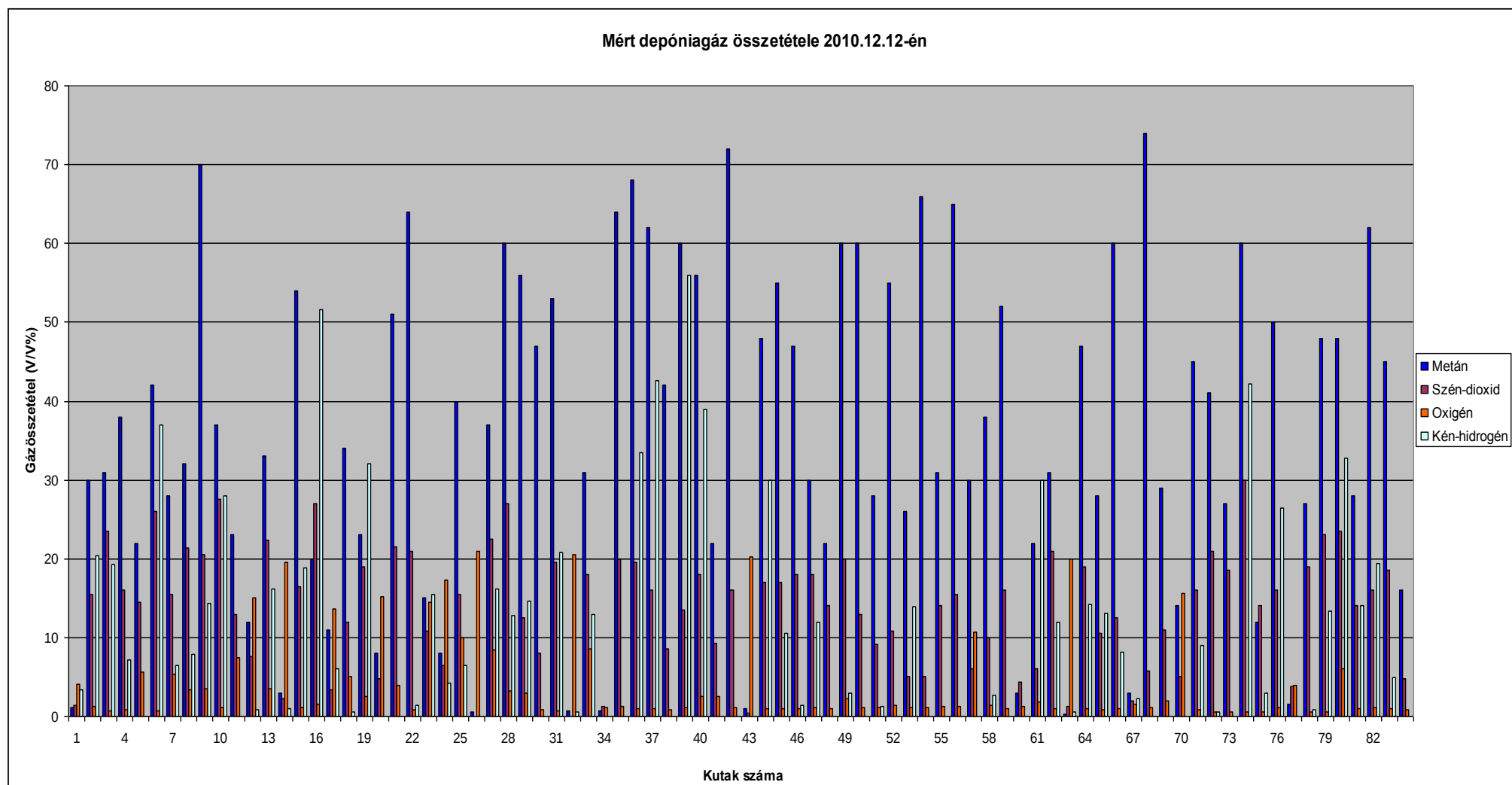
Hasonló értékek tapasztalhatóak a **15. ábrán** látható új kutaknál is.



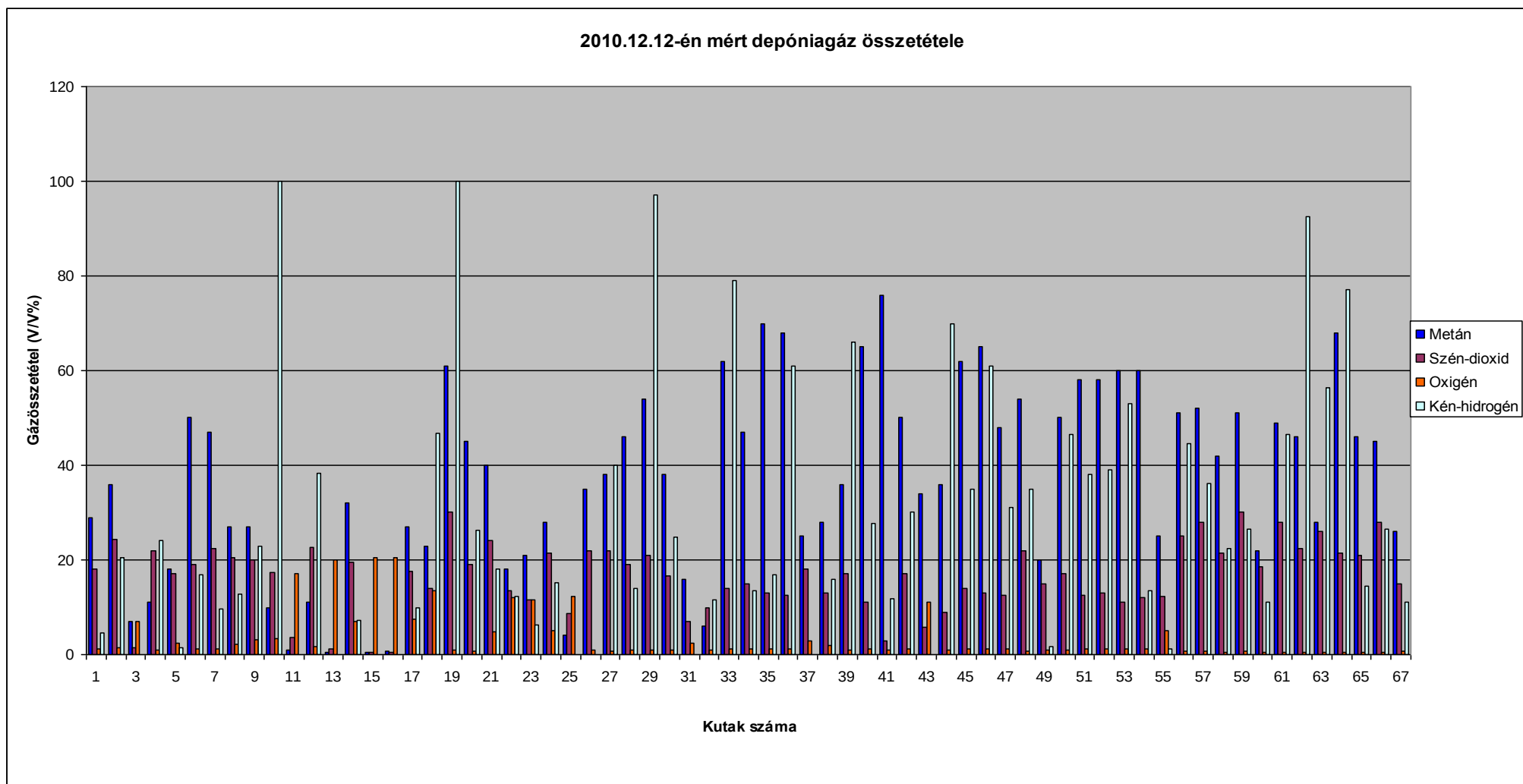
15. ábra: A depóniagáz összetétele az új kutak esetében, 2010.04.12-én

Az **14.** és **15. ábrán** jól látható, hogy 2010. áprilisban a metántartalom rendre meghaladta az 50%-ot, ami a gázmotor működésének egyik alapkövetelménye, a gáztelep tehát zavartalanul üzemelt.

Ezzel szemben 2010.12.12-ére a depóniagáz metántartalma jelentősen visszaesett mind a régi, mind az új kutak esetében (**16.** és **17. ábrák**).

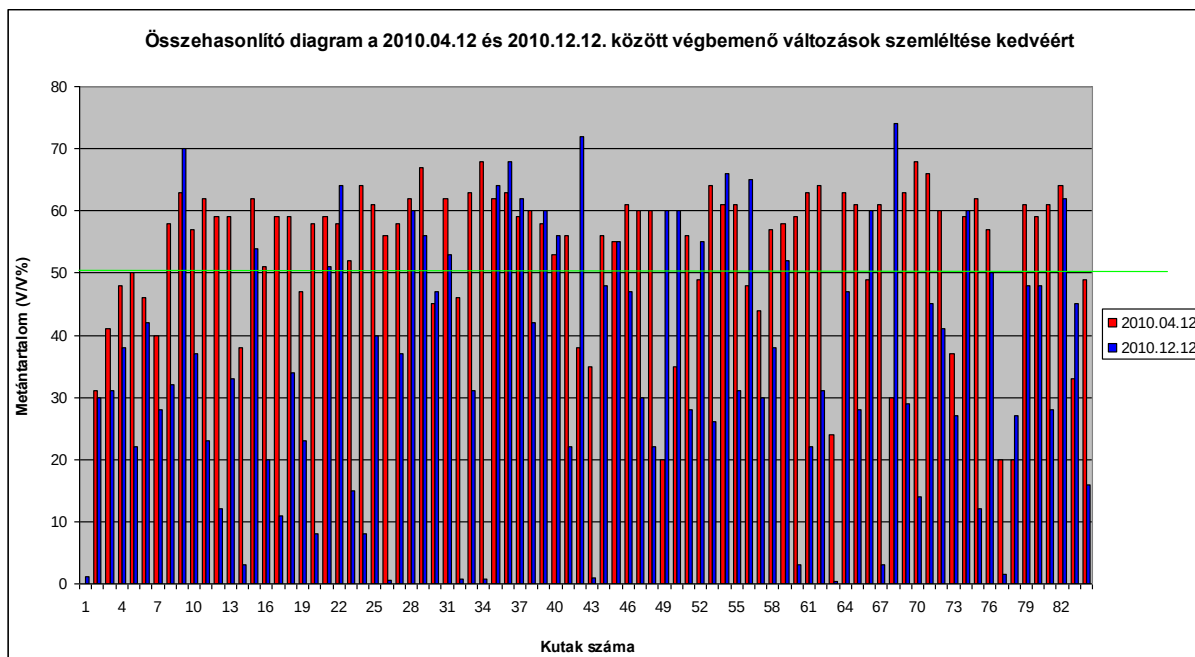


16. ábra: A depóniagáz összetétele a régi kutak esetében, 2010.12.12-én

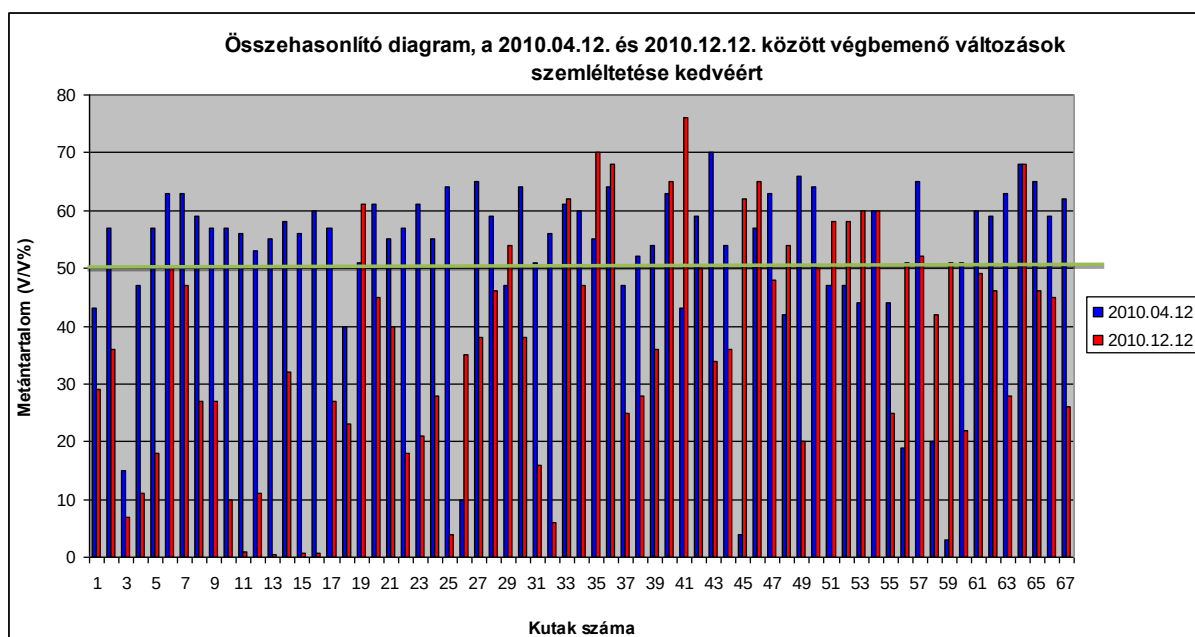


17. ábra: A depóniagáz összetétele az új kutak esetében, 2010.12.12-én

A **16. és 17. ábrán** jól látható, hogy az áprilisi értékhez képest decemberre jelentősen visszaesett a depóniagáz metántartalma, az esetek túlnyomó többségében 50% alá, megnőtt a depóniagáz szén-dioxid tartalma, valamint megjelent a depóniagázban az oxigén és a rendkívül káros hatású kén-hidrogén is. A metántartalom visszaesése annak ellenére megfigyelhető, hogy egyes kutakat gyakran elzártak azért, hogy az alacsony metántartalmú gáz ne kerüljön be a gázvezetékbe, így ne ronthassa annak minőségét. Az áprilisi és a decemberi állapotok összehasonlítása látható a **18. és 19. ábrákon**.



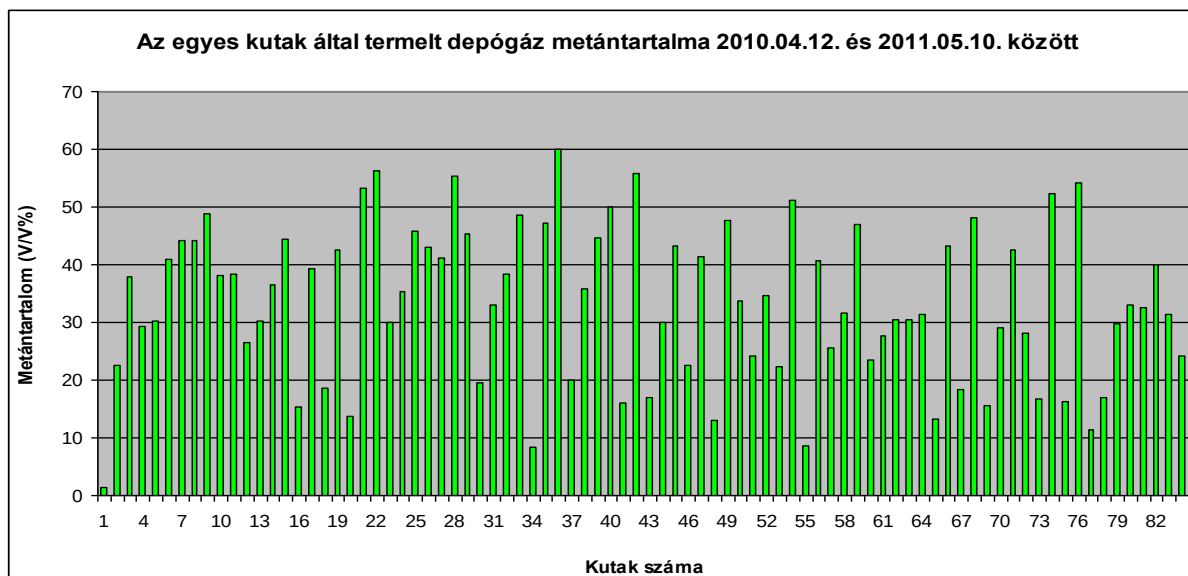
18. ábra: Az áprilisi és a decemberi gázösszetételek összehasonlítása a régi kutak esetében



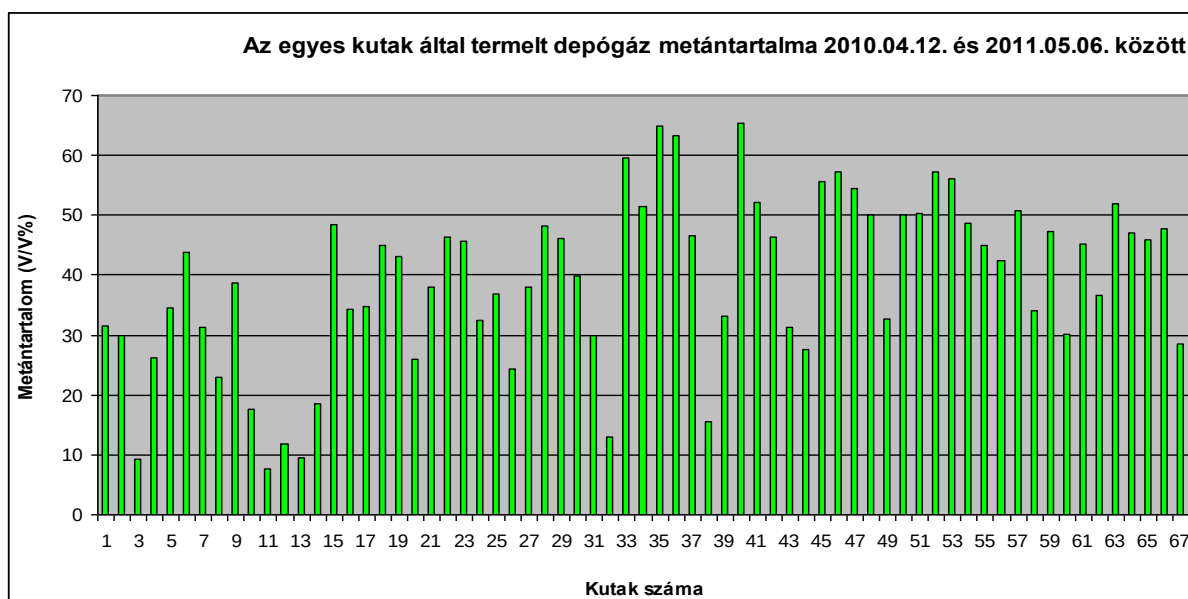
19. ábra: Az áprilisi és a decemberi gázösszetételek összehasonlítása az új kutak esetében

A **18. és 19. ábrákon** látható, hogy amíg áprilisban rendszerint meghaladta az 50%-ot a depóniagáz metántartalma, addig decemberben sok esetben nem érte el. A gázmotor üzemeltetése során eddig még nem jelentkezett probléma, de ha a folyamat ilyen ütemben folytatódik tovább, indokolttá válhat pl. földgáz bekeverése a depóniagázba.

Az egyes kutak által termelt depóniagáz kb. *egy éves átlagának* metántartalma között is jelentős eltérések tapasztalhatók, ezt mutatja be a **20. és 21. ábra**.



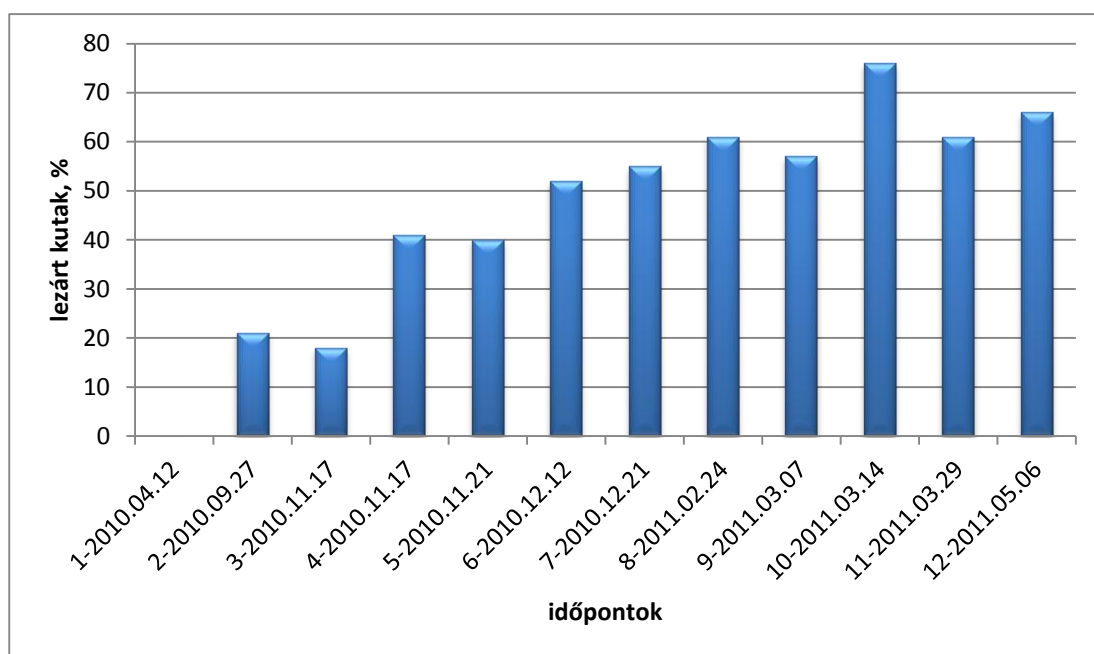
20. ábra: Az egyes kutak által termelt depóniagáz átlagos metántartalma
2010.04.12. és 2011.05.10. között, a régi kutak esetében



21. ábra: Az egyes kutak által termelt depóniagáz átlagos metántartalma
2010.04.12. és 2011.05.10. között, az új kutak esetében

A **20. és 21. ábrákon** látható, hogy az egyes kutak által termelt depóniagáz milyen szélsőséges értékek között is változhat. Az átlagos értékek jelentősen növelhetők a rosszul termelő kutak kizárásával, ezért a cég a gázmotor biztonságos üzemeltetéséhez szükséges kb. 50%-os metántartalom biztosítása érdekében a rossz vagy kis metántartalmú kutakat kizárja a rendszerből.

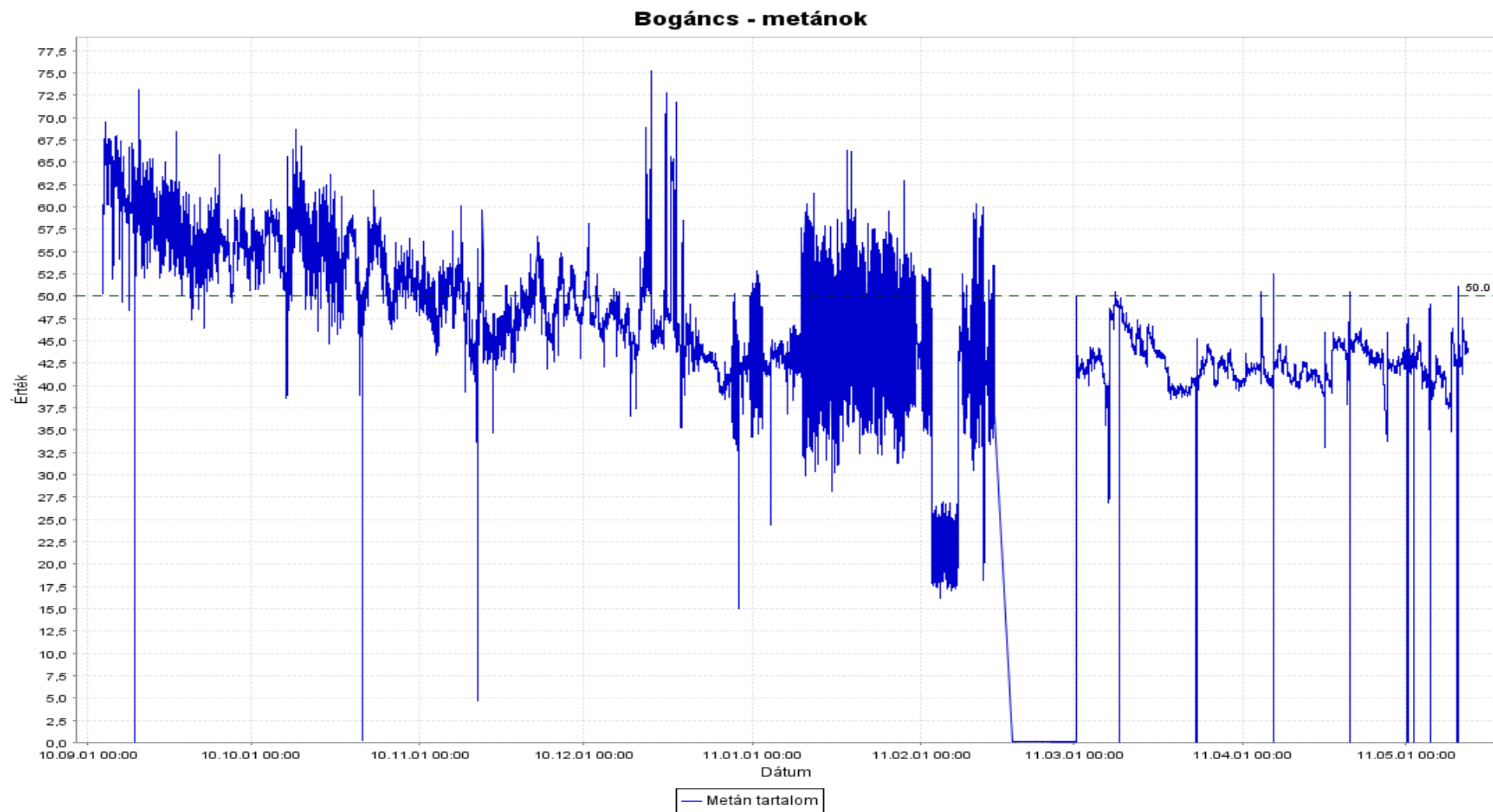
A **22. ábra** az összes kút (151 db) lezárási százalékanak növekedését mutatja az elmúlt kb. egy évben. *Megállapítható, hogy 60-70% közötti kútlezárással üzemel 2011. februárjától a biogáz telep.*



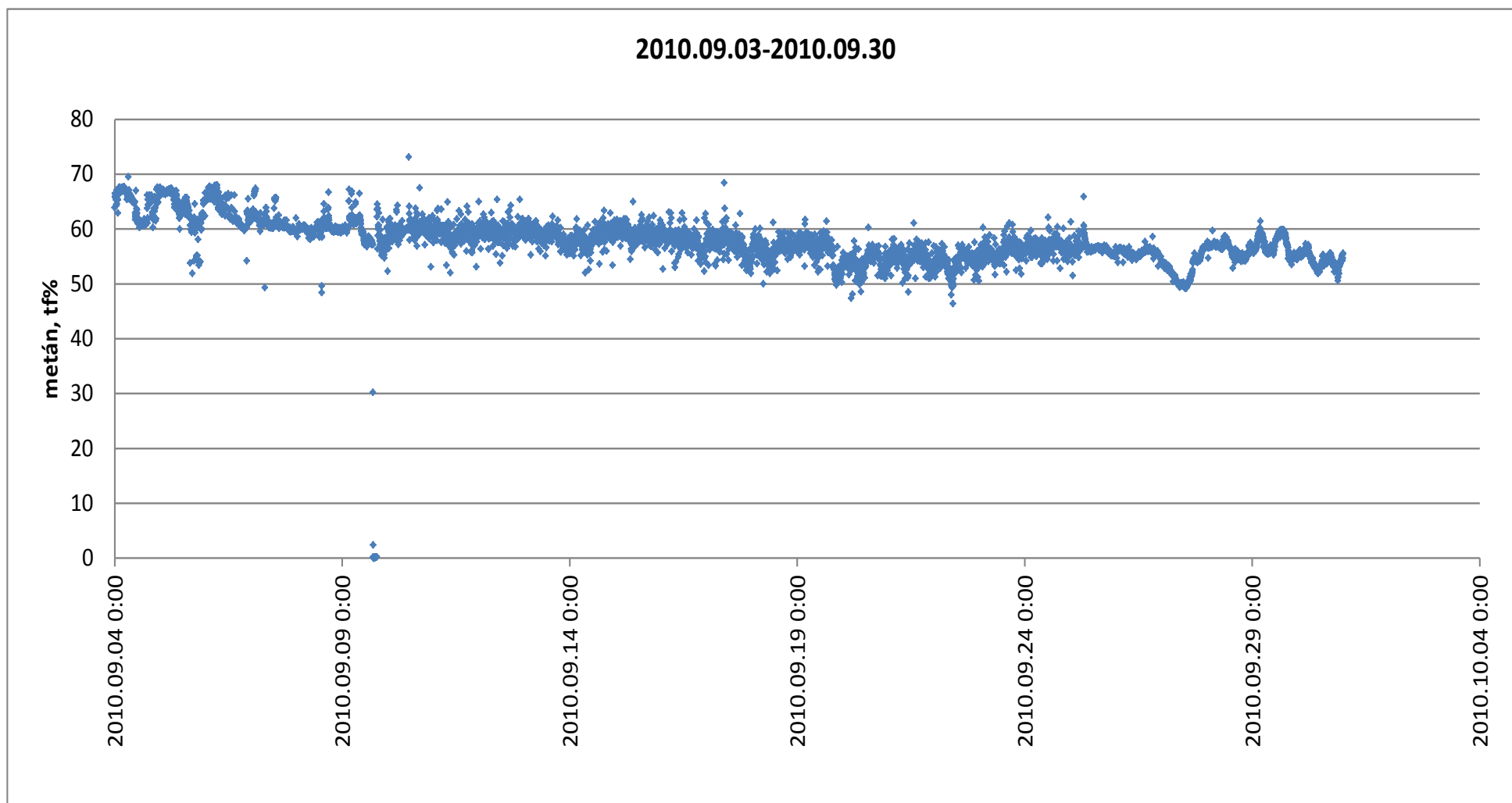
22. ábra: Az összes kút (151 db) lezárási százalékanak változása

A gyűjtővezetékben mérhető (számítógépes adatgyűjtéssel rögzített) CH₄ tartalom változása is egyértelműen mutatja, hogy ilyen mértékű kútlezárással ellenére sokszor nem tartható az 50%-os CH₄ tartalom, főként az utóbbi fél évben (**23. ábra**).

A csökkenő tendenciát igazolja a nagyobb léptékű ábrázolás is (**24. ábra**), ahol a gyűjtővezeték metántartalmát láthatjuk 2010. szeptemberében, ötpercenkénti mintavételezés mellett. Ekkor még tartósan 50% feletti metántartalmakat regisztráltak.



23. ábra: A gyűjtő vezeték metántartalmának ingadozása 2010-2011 között

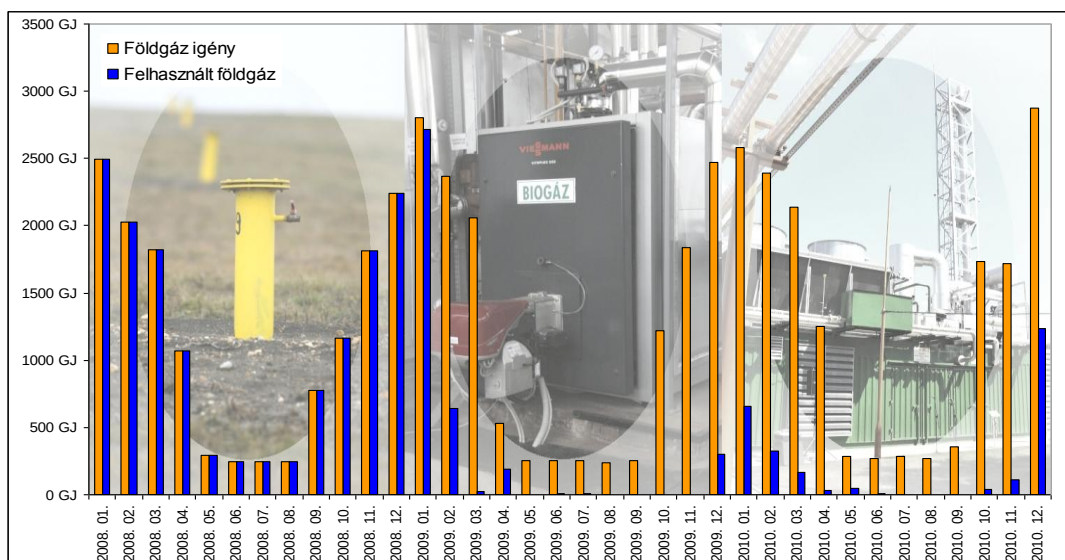


24. ábra: A gyűjtővezeték metántartalma 2010 szeptemberében, ötpercenkénti mintavételezéssel

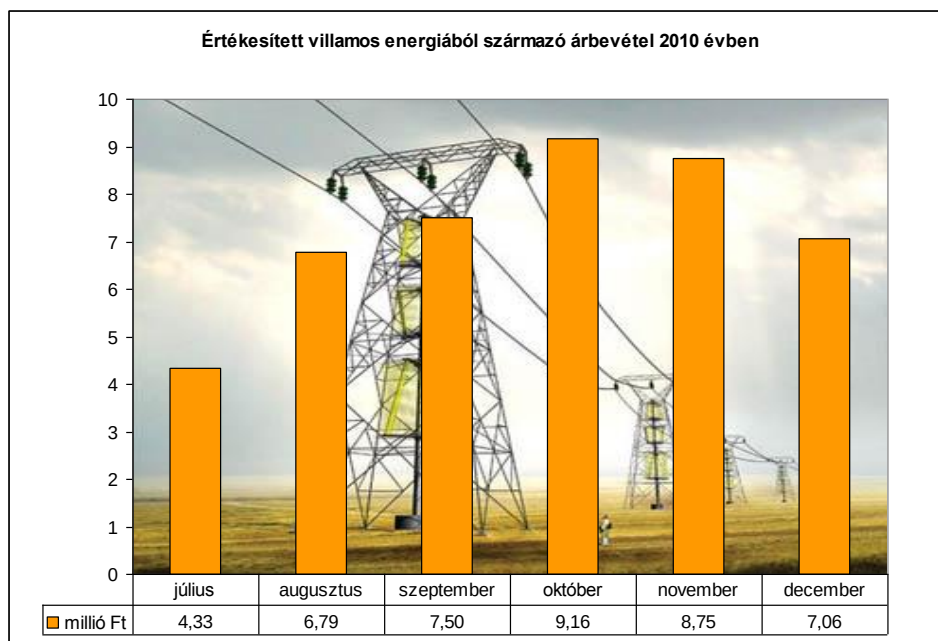
4.3. Javaslatok a gáztelep állapotának javítására

A továbbiakban bemutatásra kerül, hogy milyen mértékű földgáz megtakarítást ért el depógáz alkalmazásával a bemutatott távfűtő rendszer. A földgáz felhasználás kiváltását szemlélteti a **25. ábra**. Pl. 2009-ben 360 000 m³ földgáz megtakarítást értek el.

2010 júniusától az értékesített villamosenergia árbevételéről tájékoztat a **26. ábra**. Látható, hogy az értékesített villamosenergia jelentős árbevételhez juttatja a távhőszolgáltató céget.



25. ábra: A földgáz felhasználás csökkenése 2009 januárjától



26. ábra: Értékesített villamosenergia 2010-ben

Ahhoz, hogy a következő években is hasonló eredményeket érjen el a cég és biztonságosan üzemeljen a kombinált energetikai rendszer, az alábbi feladatokat kell megoldani:

A depóniagáz minőségének javítása:

- a kutak és a gyűjtő vezetékek műszaki állapotának felülvizsgálata (vezeték meghibásodás, depónia süllyedés), a hiba kijavítása a meghibásodott vezetékszakasz ill. kútcső kicserélésével,
- a közepes minőséget (kb. 15-30% CH₄) termelő gázkutak „pihentetése” több hónapig, esetleg fél évig (kizárás a szívott rendszerből),
- a műszaki felülvizsgálat és javítás után sem termelő kutak végleges kizárása a rendszerből,
- új kutak fúrása a jól termelő területeken.

A tartósan 50% alatti gyűjtővezetéki CH₄ tartalom esetében:

- földgáz keverése a depóniagázhoz,
- földgáz-depóniagáz vegyes tüzelés.

Távolabbi lehetőség a telep depóniagáz termelő képességének jelentős csökkenésekor:

- párhuzamos üzemelés fermentor egységekkel,
- átállás tisztán fermentoros üzemeltetésre az adott telepen.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Európai tapasztalatok azt mutatják, hogy depóniagáz telepeknél kb. 15-20 évet érdemes figyelembe venni, mint aktív időszakot. A gáz természetesen még tovább is keletkezik, de mennyisége és metántartalma csökken. Ezt a „lecsengő” szakaszt is újabb 20 évre becsülik. A depóniagáz termelés utolsó fázisában a metántermelés fokozatosan visszaesik, a légköri diffúzió miatt a depóniagázban megjelenik a nitrogén és oxigén.

Dolgozatomban azt vizsgáltam, hogy a Bogáncs utcai hulladéklerakóból fejlődő depóniagáz összetétele milyen mértékben változik, és milyen technikai és üzemeltetési módszerekkel lehetne javítani a gáztelepen keletkező depóniagáz minőségét a rá települő kombinált energetikai rendszer biztonságos üzemeltetése érdekében.

Köszönettel tartozom Woperáné dr. Serédi Ágnes egyetemi docensnek a munkám során nyújtott segítségért, valamint Tanka Sándornak, a MIHŐ Kft. műszaki igazgatójának a mérési adatok rendelkezésemre bocsátásáért.

"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 valósul meg"

6. IRODALOM

- [1] Szépvölgyi Marianna, Kotsis Levente, Marosvölgyi Béla: Biomassza alapú pirolízis gázok katalitikus bontása
<http://vikkk.vein.hu/publix/cikkek2003marcius/mkn2003marianncikk.pdf>
- [2] Renewable Energy. Gofrey Boyle. Oxford University Press, 2004. p.452
- [3] Független Ökológiai Központ Alapítvány (FÖEK) honlapja,
<http://www.foek.hu/korkep/megujulo/2-1-2-3-3-1-d.html>
- [4] Magyar Biogáz Egyesület honlapja, <http://www.biogas.hu/1/frameset>
- [5] Zelenyánszki Dóra: Biomasszából energia (Biogáz),
<http://www.felsofokon.hu/zelenyanszki-dora-blogja/2011/02/12/biomasszabol-energia-biogaz>
- [6] Hans-Jürgen Bauer, Christine Plass, Rudolf Bersch: “Renewable energies: My house in the year 2007 project, <http://www.renewables-in-school.eu/worksBiogas.htm#1-2>
- [7] Dr. Petis Mihály: Biogáz hasznosítása, Energiapolitika 2000 Társulat, Energiapolitikai Hétfő Esték, Budapest, 2008. február 11.
- [8] Dr. Bobok Elemér- Dr. Tóth Anikó: Megújuló energiák, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2005. p. 139
- [9] Zöldtech Magazin Internetes szakportál hivatalos honlapja,
<http://zoldtech.hu/cikkek/20070612szeged>
- [10] Depóniagáz-kitermelés, ártalmatlanítás, hasznosítás, Műszaki kiadványok, 2009.
http://www.muszakikiadvanyok.hu/cikk/biogaz_eloallitas_es_felhasznalas/381/deponiagaz_kitermeles_artalmatlanitas_hasznositas
- [11] Hódi János: Depóniagáz, mint hasznosítható energia. Nemzetközi Köztisztasági Szakmai Fórum Szombathely, 2008
- [12] NST/Engineers Inc honlapja, http://www.nstengineers.com/Landfill_Gas.htm
- [13] California Energy Comission honlapja,
http://www.energy.ca.gov/biomass/landfill_gas.html
- [14] Landfill Gas Expert honlapja, <http://www.landfill-gas.com/>
- [15] General Motors honlapja, <http://media.gm.com>
- [16] Carbon Catalog, Mamak project, <http://www.carboncatalog.org/projects/mamak-landfill-waste-management-project/>
- [17] Towngas Customer Center honlapja,
<http://www.towngas.com/eng/corp/socresp/envprot/cleanprodction.aspx>
- [18] Aubedo landfill gas plant, <http://www.cowi.com/menu/project/WaterandEnvironment/Solidwastemanagement/Pages/AudeboLandfillGasPlantDenmark.aspx>
- [19] Agrárodal honlapja, http://www.agraroldal.hu/energia-3_cikk.html
- [20] Szunyog István: A biogázok földgáz közszolgáltatásban történő alkalmazásának minőségi feltétel rendszere Magyarországon, PhD értekezés, Miskolc, 2009
- [21] Mihó Kft. honlapja, <http://www.miho.hu>
- [22] MIHŐ Kft. műszaki dokumentumai