

BIOGÁZ

Galbács Zoltán, Gyulai Tamás

Délalföld Fenntartható Környezetéért Alapítvány

Email: dafkasebe@gmail.com

Előzmények

A biogáz fő komponense a metán (CH₄). Ennek termelését a Föld legrégebbi mikroorganizmusai kezdték el még akkor, amikor a Föld oxigéntartalmú légköre még nem alakult ki. Ezek a metánt képező (metanogén) baktériumok a legelső (ősi) szervezetek. Minden szerves anyagból metánt képeznek oxigéntől és fénytől elzárt közegben. Munkálkodásuk eredményei:

- Az óceánok, tengerek partok menti régióiban hatalmas mennyiségű metán található a mélyben vízzel képezett ún. klatrátok (hidrátok) formájában.
- Metánt rejtnek a mindig fagyott talajok (Pl. a sarkkörön túli területeken).
- Bármely talajvizet vizsgálva, benne oldott metánt találunk.
- Az artézi kutak vize mindig metánt tartalmaz, olykor olyan magas koncentrációban, hogy az ivóvizet kezelés nélkül tűz- és robbanásveszélyesnek kell tekinteni.
- A kőszénrétegek bányászatakor a rétegekbe zárt metán kiszabadulva és levegővel keveredve ún. sújtólég-robbanást okoz, még manapság is.
- A földgázok túlnyomórészt metánt tartalmaznak.
- Az üledékes rétegekbe zárva nagy mennyiségű metán halmozódott fel. (Pl. Magyarországon a Makói árokban.)

A metán, ha a levegőbe jut, a szén-dioxidnál sokkal nagyobb mértékben járul hozzá a Föld globális fölmelegedéséhez, a napfény hőenergiájának visszatartásához, mint a szén-dioxid. (A metán a szén-dioxidnál kb. 25-ször nagyobb mértékben tartja vissza a hősugarakat.) Ezért a levegőbe jutó és a szén-dioxidnál kevesebb metán is jelentős veszélyt jelent. (Az emberi tevékenységért felelős üvegházhatás kb. 20%-át a metán okozza.)

Amióta az emberiség a „fejlődés” során egyre nagyobb mértékben veszi igénybe az energia forrásokat, a Föld erőforrásait, ásványkincseit, egyre nagyobb arányban kerül metán a légkörbe:

- Az ivóvíz szolgáltatásnál épp a tűz- és robbanásveszélyesség miatt a vizek metántartalmát elszellőzik, s az így a légkörbe jut.
- A szénbányászásban ugyancsak szellőztetéssel juttatják a levegőbe a rétegből kiszabadult metánt.
- A földgáz kitermelése, feldolgozása, továbbítása során a metán egy része „elszökik” és a légkörbe kerül.

A metanogén baktériumok igen különböző körülmények között (de oxigéntől elzárva, anaerob módon) léteznek, működnek. Amíg oxigén van jelen, szüneteltetik a működésüket. Az egész Földön elterjedtek. Ha nem steril körülmények között levegőtől elzáródva található szerves anyag, megindul a tevékenységük:

- Az egyik legjobb példa a biogáz képződésre a szarvasmarhák emésztő rendszere.
- A mocsaras vidékeken az üledékben lejátszódó metánképződés a vízen látható buborékolást eredményez. Erről, az így felszabaduló metánról, amely buborékolást az iszap bolygatásával (pl. bottal felkeverve az iszapot) jobban láthatóvá tehetünk, mocsárgáznak is nevezik a metánt.
- A hatalmas területű rizsföldeken igen tetemes mennyiségű metán képződik és kerül a légkörbe.
- A szemételepek egymásra halmozott szerves (pl. konyhai) hulladékából ugyancsak metán képződik.
- A szennyvíz csatornák zárt világában is fejlődik metán.
- A trágyadombok belsejében képződő metán a hagyományos trágyaérelés során részben a levegőbe kerül.
- A mezőgazdaságban a betakarítást követően beszántott növényi maradványokból, trágyából képződik metán. (Hasonló a folyamat a kertek talajába ásott szerves anyag esetében is.)

Színhelyek és tevékenységek	A Föld becsült metán termelése, Tg/év
Allattenyésztés	80
Mocsarak, lápok	142
Rizsföldek	577
Biomassza égetés	55
Termeszek	44
Szemételepek	62
Tengerek, édesvizek	85
Hidrátzárványok	10
Széntermelés	35
Földgáz és kőolajtermelés	10
Gázszivárgás	48
Összesen	1148

Épp azért, mert a metán számottevően járulhat hozzá a globális felmelegedéshez, az emberiségnek elemi érdeke az, hogy a lehető legnagyobb mértékben gátolja meg a metán levegőbe kerülését. Ha lehet, akkor a képződött metánt (ha más hasznosítást nem talál), legalább égesse el. Ekkor a metánból azonos mól-számú szén-dioxid képződik (pl. 1 mólnyi metánból 1 mólnyi szén-dioxid lesz az égetés eredményeként). Mivel a szén-dioxid napsugárzást visszatartó ereje csak 1/25-öd része a metánénak, így jelentősen mérsékelhető lenne a metán globális-felmelegedést okozó veszélyessége.

Vannak, akik a globális felmelegedés esetleges katasztrofális hatását a metánnal hozzák kapcsolatba. Egyesek úgy érvelnek, hogy ha az emberiség nem fogja vissza a szén-dioxid kibocsátást, és a földi átlagos hőmérséklet több fokkal emelkedik, akkor az eddig „fogva

tartott” metán is a levegőbe kerül. Ha az örökké fagyott talajok (pl. Szibériában) is felmelegednek, kiolvadnak, akkor a talajban lévő metán kiszabadul. Ez a hatalmas mennyiség a levegőbe jutva további melegedést eredményez. Ennek hatására esetleg a tengervízben (a fenéken) található klatrátok (metán-hidrátok) is elbomlanak (az emelkedő hőmérséklet miatt) és azokból újabb hő-csapdázó metán kerülhet a légkörbe. Az öngerjesztő folyamatok során az egyre gyorsuló melegedés az emberiségre katasztrofális hatást fejt ki. Ökológiai katasztrófa következhet. Mindezek elkerülése érdekében **az emberiségnek meg kell fékezni (más most) a globális felmelegedést!**

A természet kialakította a maga globális egyensúlyát (amíg az emberiség nagy mértékben nem módosította azt). Ugyancsak az ősidőkben, a metánt képező baktériumok után megjelentek az ún. „metánfaló” (metánt oxidáló, metanotróf) baktériumok, amelyek a metánt oxigén jelenlétében szén-dioxiddá oxidálják. Ugyancsak elterjedtek, sokfélék. Működésük miatt van az, hogy a pohárba kitöltött artézi víz, talajvíz, amely frissen kitöltve metán tartalmú, néhány nap múlva teljesen elveszíti metántartalmát. Ezért van az, hogy a folyóvíz sem tartalmaz metánt, ha a víz kellő hullámozása bőségesen juttat oxigént a vízbe. (Épp a metánfaló baktériumok miatt kell a metántartalmú vizek analitikai eljárásánál különös gonddal eljárni, és a minta tárolásánál levegőmentességre kell törekedni, vagy baktériumölő vegyszereket kell alkalmazni. Ha rétegvízben nem található metán, akkor az analitikai módszer a hibás!)

Néhány metánt képező baktérium	Néhány metanotróf baktérium
Methanobacterium propionicum	Bacillus methanicus
Methanobacterium suboxydans	Methanomonas methanooxidans
Methanobacterium ruminatum	Methylococcus capsulatus
Methanobacterium formicium	Methylococcus thermophilus
Methanobacterium omelianskii	Methylosinus sporium
Methanobacterium soehngenii	Methylosinus trichosporium
Methanococcus vaniellii	Methylobacter albus
Methanococcus mazei	Methylobacter marinus
Methanosarcina barkeri	Methylomonas aurantiaca
Methanosarcina methanica	Methylocystis parvus

A metánfaló baktériumok miatt a természetben képződő metánnak „csak” kb. 30-40 %-a kerül a légkörbe:

Pl. Amikor a talajba szántják a tarlót vagy trágyát, a hónapok során képződő metán igyekszik a talaj hézagain keresztül a felszínre kerülni. A levegőnél kisebb sűrűségű metán gáz, amint felfelé diffundál, olyan rétegeken halad át, amelyekbe a levegőből oxigén diffundált. Itt, a megélő metánfaló baktériumok a metán nagyobb részét oxidálják.

A bolygatatlan természetben kialakulhat valamiféle egyensúly, de a növekvő népesség számára szükséges élelmiszertermelés több rizsföldet, intenzívebb mezőgazdaságot, következésképp több légköri metánt eredményez.

Mai ésszel gondolkodva, az volna érdekünk, hogy minél több zárt terű metánképződést alakítsunk ki. (Egyesek már a marhahús és tejtermékek fogyasztásának visszaszorítását vélik indokoltnak, vegetáriánus életmódot javasolnak!)

A biogáz képződést több száz éve ismeri az emberiség. A mocsárgázt SHIRLEY fedezte fel 1667-ben. Felismerték, hogy növényi maradványokból képződik (VOLTA 1776-ban) a mocsárgáz. Először DALTON analizálta a metángázt 1804-ben. PASTEUR felismerte, hogy mikroorganizmusok tevékenységének produktuma. DAVY almos istállótrágyával kísérletezve biogázt fejlesztett 1808-ban. Viszonylag hamar építettek biogáz fejlesztő telepet (Montungában, Bombay közelében egy lepratelepen 1856-ban).

Kezdetben nem az ökológiai katasztrófa elkerülése érdekében kezdtek biogáz fejlesztésbe! Olyan területeken, ahol a szegénység miatt nem volt egyhamar remélhető, hogy cső távvezetéken oda szállítják majd a gázt (az energiát), maguk igyekeztek tenni. Volt munkaerő és volt állattartás. A néhány állatot tartó farmokon az állati trágyát földbe vájt üregben biogáz fejlesztésre fogták, amit a farmok szomszédos épületében főzéshez, világításához felhasználtak. Épp a legszegényebb országokban építették a legtöbb biogáz fejlesztőt. Ma a világon hozzávetőleg 10 millió biogáz fejlesztő működhet.

A fejlett világ kezdetben alig mutatott érdeklődést a biogáz fejlesztés iránt. Az acél-beton fejlesztő építmények költségesnek bizonyultak. Az olcsó földgáz nem motivált a biogáz fejlesztés irányába. Leszámítva a háborús körülményeket, majd az energiaválság (olajár robbanás) időszakait, alig nőtt a fejlett világ érdeklődése a biogáz iránt.

Az újabb körülmények segítettek a biogáz technológiák fejlesztésében:

- Kiderült, hogy végesek az eddigi energiaforrások, kellenek a megújulók. (Hamarosan elfogy a kőolaj, jobb volna azt inkább szintetikus célokra tartalékolni.)
- A fejlesztésekhez az országok (EU) jelentős összegeket ajánlottak fel.
- A profitorientált állattartás a környezetet bűzhatásával ingerli, valamit tenni kell.
- A környezetbe jutó szennyezések mértéke nő, és a veszélyesség miatt lehet, hogy a hatóságok betiltják (nem engedélyezik) az állattartást.
- A büntetések (bírságok, pl. csatornabírság) mértéke nő, közelít a biogáz fejlesztés beruházási költségéhez.

Ha a befektetőket az emberiség miatti aggodalom kevésbé motiválja is, de a remélhető profit újabban mégiscsak felkeltette a biogáz iránti érdeklődést.

Lehetőségek

A biogáz előállítás minden élő szervezet által létrehozott szerves vegyületből lehetséges. A biogáz (metán) fejlesztés többféle mikroorganizmus együttes tevékenységének eredménye. Egyik korlátozó tényező, hogy a lignintartalmú anyagokat nehezen tudják lebontani, ezért a fás anyagok kevésbé alkalmasak metángyártás céljára. (Azokat lehet brikettálni, vagy pelleté alakítva tüzelhetik el.) Elvben lehetséges volna kizárólag a metán termelése érdekében termesztett lágyszárú növényekből, mint alapanyagból kiindulni. Józan ésszel belátható

azonban, hogy a termőföldeknek elsősorban az élelmiszer előállításra kell szolgálniuk. Már a bioetanol és biodízel programok túlhajszolásokor belátható volt, hogy az üzemanyagok „termesztése”, ahogy visszaszorítja az élelmiszer termelést, úgy drágítja az élelmiszereket és éhséglázadásokhoz vezet.

Célszerűnek látszik csupán az élelmiszerként nem használható hulladékokból, melléktermékekből biogázt fejleszteni. Az alábbi táblázatból (a néhány példából) látható, mily sokféle alapanyag áll rendelkezésre.

Biogáz fejlesztés lehetséges alapanyagai	Az 1 kg szárazanyagból fejleszthető metán m ³ /kg
Csatornaiszap	0,520
Disznóürülék	0,440
Baromfitrágya	0,460
Szarvasmarha trágya	0,200
Földimogyoróhéj	0,360
Növényi magvak	0,620
Lótrágya	0,250
Birkaurülék	0,200
Istállótrágya	0,225
Napraforgólevél	0,300
Takarmány cukorrépa levél	0,450
Istállótrágya	0,230
Búzaszalma	0,250
Rozsszalma	0,250
Árpszalma	0,280
Zabszalma	0,300
Repceszalma	0,200
Zöldségmaradékok	0,345
Burgonyaszár	0,380
Cukornádszál	0,170
Rizsszalma	0,230
Len	0,360
Kender	0,360
Fű	0,410
Elefántfű	0,500

Természetesen a táblázat felsorolása nem teljes, más hulladékok, fehérje-, szénhidrát- és zsírtartalmú anyagok is fejlesztésbe vonhatók.

Feltűnő lehet, hogy a táblázatban kevesebb metánfejlődést találnak, mint amennyi az alapanyag széntartalma alapján remélhető lenne. A valóságban nem lehetséges a teljes széntartalmat metánná alakítani. Elméletileg sem lehetséges. Meg kell elégedni azzal, hogy a széntartalom fele vagy harmada alakul át metánná.

Ez tulajdonképp előnyös. A kiindulási anyag nagyobb molekuláit a bontó mikroorganizmusok sokkal kisebb vegyületekké alakítják. Ami nem konvertálódik metánná, az megreked a

kismolekulájú szerves vegyületek formájában. A növények ezeket a kisebb vegyületeket jobban, hatékonyabban és könnyebben fel tudják venni. **A biogáz fejlesztésnek nem is a metán a fő értéke, hanem a visszamaradt értékes trágya**, amely nagyobb termést eredményez, mint a hagyományos- vagy műtrágyák!

Hazánkban a növénytermesztésből kb. 8 millió tonna melléktermék áll rendelkezésre évente. Az állattenyésztés mellékterméke (az almos és hígtrágya) hozzávetőleg ugyanennyi (7-8 millió tonna). Hozzávéve az élelmiszeripar hulladékait valamint a települési hulladékokat is, évente kb. 900 PJ energia volna előállítható (metánon keresztül), amely kb. 100 G/ha potenciális lehetőséget jelent. (Évente néhány millió tonna olaj eltüzelése volna megtakarítható!)

Az ország területének legnagyobb része mezőgazdaságilag művelt. Így a melléktermékek eloszlása közel egyenletesnek vehető. A hulladékokat részint higiéniai okok miatt (a trágyáknál), másrészt a hulladékok kis sűrűsége miatt (pl. a kis térfogatsúlyú szalmánál) nem célszerű, nem gazdaságos messzire szállítani. A biogáz fejlesztés eredményét, a kierjesztett maradékot, az értékes bioenergia pótló trágyát is célszerűbb (gazdaságosabb) helyben felhasználni. Ezekből az következik, hogy a biogáz fejlesztőkből sok kisebbet, mintsem néhány nagyobbat célszerű építeni. Akkora területet kell kiszolgáltatni, amely legfeljebb kb. 20-25 km távolságra van. Esetleg oda kell telepíteni, ahol nagyobb számú állatot tenyésztnek, s a trágya nagy tömegben rendelkezésre áll.

Befolyásoló tényezők

A C/N arány

A biogáz fejlesztésnél közreműködő mikroorganizmusok működésükhöz a környezetből tápanyagokat vesznek fel, testüket is építik, szaporodnak. Szükséges az ütemes működéshez a nitrogén forrás is. Tapasztalat szerint az a legjobb, ha a biogáz alapanyagban a szén és nitrogén aránya kb. 20-30. (C/N ~30). Ez nem jelenti azt, hogy a C/N ~3 arányú hulladékban nincs metángáz fejlődés, csak a fejlődés lassúbb. Célszerű ezért, ha többféle hulladék is rendelkezésre áll, a hulladékokat vegyesen, összekeverve adagolni, lehetőleg jobban megközelítve az optimális C/N arányt. Közel ideális a kommunális hulladékok C/N aránya. Az egyes mezőgazdasági hulladékok atomaránya igen különböző lehet:

Alapanyag (szerves anyag)	C/N arány
Vágóhídi hulladék	2-4
Élelmiszeripari hulladék, alga	5-10
Marha-, csirke- és sertéstrágya	5-10
Széna, fű, zöldsgfélék	10-20
Háztartási (konyhai) hulladék	30-40
Szalma	50-150
Fa, fűrészpor	200-500

Jobb hatásfokú fejlesztés érhető el vegyes hulladékokkal. Gyakorlatban bevált keverési módokat mutat a következő két táblázat:

Adagolt anyag	A keverék aránya %	40 nap alatt nyerhető biogáz m ³ /kg szerves anyag
Marhatrágya	-	0,380
Sertétrágya	-	0,570
Baromfitrágya	-	0,620
Szennyvíziszap	-	0,270
Gyomnövények	-	0,280
Marhatrágya+sertétrágya	50+50	0,510
Marhatrágya+baromfitrágya	50+50	0,528
Marhatrágya+szennyvíziszap	50+50	0,407
Sertés-, marha-és baromfitrágya együtt	50+25+25	0,585
Szennyvíziszap+gyomnövények	50+50	0,387

Hulladék	Víztartalom %	Gázhozam 100 nap alatt m ³ /kg szerves anyag	Gázhozam 100 nap alatt m ³ /kg szárazanyag
Szarvasmarha istálló- trágya	82	0,328	0,281
Sertés szilád ürülék	82	0,160	0,131
Híg fekália	94	0,266	0,155
Szennyvíziszap	89	0,529	0,370
Nádhulladék+szennyvíz- iszap	82	0,341	0,290
Rizspelyva+szennyvíz- iszap	82	0,245	0,181
Szőlőtörköly	82	0,120	0,102
Szőlőtörköly+szennyvíz- iszap	82	0,227	0,185

A hőmérséklet hatása

Biogáz fejlesztő mikroorganizmusokat egyaránt találtak gleccserek vizében és hóforrásokban is. Ez azt jelenti, hogy +4 °C és 70 °C (90 °C ?) tartományban egyaránt lehetséges a biogáz fejlesztés. Természetesen az eltérő hőmérsékleten más-más mikroorganizmusok érzik magukat jól, működnek és szaporodnak. Ha a közeg hőmérséklete megváltozik, akkor véglegesen nem szűnik meg gázfejlődés, hanem idő kell, míg lassan felszaporodnak azok a baktériumok, melyek a megváltozott hőmérsékletet kedvelik. A biogáz fejlesztés szempontjából az a jó, ha állandó a hőmérséklet. Ezt vagy úgy érik el, hogy az erjesztő reaktort a földbe süllyesztik (a talajhőmérséklet közel állandó), vagy a fejlesztett biogáz egy részével állandóan melegítik a fermentort (akár a biogáz 30%-át is erre használva), és még az erjesztő tartályt kívülről valamiképp hőszigetelik is.

A hőmérséklet a gázfejlődés (és minden részfolyamat) sebességét is befolyásolja. Minél magasabb a hőmérséklet, annál nagyobb a gázfejlődés sebessége (és a kémiai reakciók sebessége is általában). Ebből az következne, hogy lehető legmagasabb hőmérsékleten kellene járítani a bioreaktort. Mégsem ez a gyakori, mert a magasabb hőmérsékleten tartáshoz több energia kell, jobban kell fűteni és hőt szigetelni.

A fejlett világban leggyakrabban ún. **mezofil** eljárásokat működtetnek (30-35 °C). Ritkábbak a **pszichrofil** eljárások (~15 °C) és **termofil** eljárások (~54 °C). A legnagyobb számú biofejlesztő a fejlődő (szegény) országokban működik, ahol talajba süllyesztett vagy környezeti hőmérsékletű (nem mesterségesen fűtött) rendszereket építettek.

Az alkalmazott hőmérsékletnek további járulékos hatása a fertőtlenítés. Az esetlegesen fertőző kórokozókat, gyom magvakat a magasabb hőmérsékleten működtetett biogáz fejlesztő hamarabb, nagyobb arányban előli.

Az idő tényező

A feltöltött és anaerob módon lezárt biogáz fejlesztő gáztermelése az időben egy gáz-kromatogram kirajzolódásához hasonló (tranziens jel szerű) változást mutat:

1. Kezdetben lassan növekszik a gáztermelés (mert idő kell, míg elszaporodnak a mikroorganizmusok, másrészt az alapanyag részleges lebomlásának (a savas erjedésnek) kell előbb végbemenni, hogy ezt követően a második lépésben a metántermelés is megindulhasson.
2. Amikor már bőséges a fejlődés, a görbe menete (a gázfejlődés sebessége—idő függvényen) eléri a maximumát, s majd lassan csökkenő menetet mutat. Ez szükségszerű, mert ahogy fogy az alapanyag, úgy csökken a metántermelés sebessége is.
3. A maximum görbe leszálló ága egyre kisebb meredekséggel még sokáig tart. Ez az ún. „farok” rész hosszan elnyúló. Ha az eltelt időt az indulástól kezdve mérjük, akkor a maximális gázfejlődésig (sebességig) eltelt időnek többszöröse (akár 5-10-szerese is) lehet az az idő, míg gyakorlatilag megszűnőnek vehetjük a gázfejlődést.

Ha a bioreaktorban hosszú időt biztosítunk a gázfejlődéshez (azért, hogy minél nagyobb térfogatú biogázt foghassunk fel), akkor a fermentor tartályt nagy térfogatúra kell választani (amely költséges beruházás). Ha megelégszünk a „farok” nélküli gáztermeléssel, akkor kisebb fermentor tartály is elég, de ez esetben elvész a maradék metán.

A pH hatása

A biogáz fejlesztőben lejátszó folyamatok rendkívül összetettek. Először a hulladék hidrolízise játszódik le (baktériumok, enzimek közreműködésével) és savképzés miatt csökken a pH. (Ez az ún. 1. szakasz, fokozat). Ezt követően játszódik le metánképződés (2.

szakasz, fokozat). A hulladék komponensei, a szénhidrátok, zsírok és fehérjék egyaránt lebomlanak:

A szénhidrátokból etilalkohol, propilalkohol, butilalkohol, hangyasav, ecetsav, propionsav, vajsav, tejsav, borostyánkősav, szén-dioxid, hidrogén, stb. fejlődik az első fokozatban.

A zsírokból glicerin, hangyasav, ecetsav, propionsav, vajsav, tejsav, borostyánkősav, etilalkohol, butilalkohol, szén-dioxid, hidrogén, stb. fejlődik az első fokozatban.

A fehérjékből aminosavak, rövid láncú peptidek, ammónia, stb. fejlődnek kezdetben.

Amint látható, sokféle sav keletkezik az első fokozatban. A savas közeg, alacsony pH nem kedvez a metanogén baktériumoknak és a metánfejlődés a pH-csökkenés miatt lelassul. A szerves hulladék ütemes adagolásával, esetleg a savakat semlegesítő adalék (oltott mész, magnézium-oxid, stb.) adagolásával ajánlatos elérni, hogy az erjesztőben ne alakulhasson ki alacsony pH.

Ha a pH az optimálisnál nagyobb (mert a képződő ammónia lúgosítja a vizes közeget), akkor a fehérje bomlásából képződő ammónia nagyobb arányban lesz jelen nem ionos (tehát semleges NH_3) formában, amely gátolja a metánt képező baktériumok működését.

A legfontosabb tehát a pH-követése és ha szükséges, annak módosítása az optimális pH~7,5 közelébe.

A víz hatása

A biogáz fejlesztőben szükséges, hogy a baktériumok könnyen megtalálják a táplálékot, a mikro-mozgásokra legyen lehetőség, azaz a közeg víztartalma kellően magas legyen (80-95%). Ha nagyon sok a víz, akkor a kevés szerves anyagból csak kevés metán fejlődhet. Ha kevés a víz és sok a szerves anyag, akkor a mozgásgátlás miatt lesz kisebb a mikroorganizmusok aktivitása. Amíg a híg trágya fermentációja vizes közegben végbemegy néhány hónap alatt, addig a háztartási hulladékokat szárazon felhalmozva a szeméttelenen, s lezárva, a „dombban” a biogáz (depóniagáz) fejlődés évtizedekig is eltarthat.

A hígabb, híg zagy jellegű masszát könnyebb mozgatni, szivattyúzni is. A spontán keveredés is könnyebb, amikor a fejlődött gázbuborékok egy diszpergált hulladékdarabkára tapadva lifteznek felfelé, s közben mozgatják a közeget.

Ha az alapanyag sűrű, akkor extra vízzel kell beállítani a sűrűséget. (A híg trágyánál inkább szilárd anyagot kell adagolni.). A víz lehet folyóvíz, talajvíz és artézi víz. Az adottság lehet különböző, de a legjobb a folyóvíz, mert abban a legkisebb az ásványi anyag tartalom. Ekkor a kiejert massa maradékát biztonsággal ki lehet juttatni a környező földekre. Minél kisebb a víz nátriumion tartalma, annál kisebb a szikesedés veszélye. (Ezért is előnyösebb a folyóvíz.)

Állattartó telepeket kiszolgáló biogáz fejlesztőknél ügyelni kell arra, hogy a hígtrágyába lehetőleg ne jusson tisztítószer, antibiotikum vagy fertőtlenítő szer maradéka, vízzel sem. (Az irodalomban adatokat találunk arra, hogy egyes szerek, hatóanyagok (pl. Bacitracin, Flavomycin, Lasalocid, Monensin, Spiramycin, Tysolin, Virginiamycin, Arzanilsav, Furazolidon, Sulfamethazin, Olaquinox, Kloroform, fenolok, aldehidek, stb.) akár 90%-os csökkenést eredményezhetnek a biogáz termelésben.) Különösen a nagyobb állattartó telepek

állományának egyidejű oltása, fertőtlenítése során lehet számottevő a trágyába kerülő szennyezés.

Alapanyag előkezelése

A jobb behatás eléréséhez szükséges az alapanyag minél apróbb részletre való darabolása (foszlatása). Ha ezt a különböző hulladékok előzetes összekeverését követően végezzük, akkor egyúttal a bioreaktorba kerülő anyag homogén eloszlását is elérjük (ami feltétele az ütemes biogáz fejlődésnek). Minél apróbb részletű az alapanyag, annál gyorsabb biogáz fejlődést remélhetünk.

Keverés

A biogáz fejlesztőben található masszát csupán csak a jobb hőátadás érdekében szükséges naponta átkeverni. (A fermentorba épített hőcserélő csövek környezetéből az átmelegedett rétegeket távolabbra juttatjuk, biztosítva a hidegebb részeknek is a felmelegedést.) Esetleg a „filcesedést”, a nem kellően feldarabolt hulladékból a reaktorban összetapadt réteget kell szétmozgatni.

Semmiképp sem szabad állandó (és intenzív) keverést alkalmazni! A különböző mikroorganizmusok egymáshoz tapadva (érintkezve) végzik az atom és töltéscserét. Ha keveréssel szét választanánk azokat, akkor lecsökkenne a gázfejlődés (a hidrogén átvitel gátlás következtében).

Technológiák

A Föld országaiban igen különböző, sokféle biogáz fejlesztő megoldás, technológia működik. Szerencsére a világpiacon változatos kivitelű berendezés kapható, kulcsrakész beruházásként is. Sok irodalomból, könyvekből sajtóíthatók el a fogások, kiviteli megoldások.

Mindenek előtt szükséges, hogy a leendő alkalmazó legyen tisztában a rendelkezésére álló hulladék mennyiségével, és azzal, milyen célt kíván elérni a biogáz fejlesztéssel.

Néhány szempont a döntéshez:

- Ha legolcsóbban szeretne megvalósítani, akkor a lehető legnagyobb arányban kell igénybe venni a már meglévő építményeket, műtárgyakat, s csupán a hiányzókat beszerezése szükséges. (Beton silók, tározók, könnyen lezárhatók az anaerob erjesztéshez. Ennek térfogata, aránya a hulladék mennyiséghez megszabja az erjesztés sebességét, az alkalmazható hőmérsékletet, stb.) Saját erővel kivitelezett létesítmények a legolcsóbbak. Több mint 9 millió minta (példa) található a legszegényebb országokban.
- Ha gyógyszeripari alapanyagok előállítására a cél, akkor válogatott (tisztá, ürületet nem tartalmazó) növényi anyagot kell fermentálni sztatikus módon. (Beadagolást követően

lezárják a fermentort és kivárik a fejlesztés végét.) Nem fontos az időigény. Több haszon van a gyógyszer alapanyagban, a visszamaradt masszán, mint a biogázon.

- Ha híg trágyát kell ártalmatlanítani, mert bűzével szennyezi a környezetet, akkor áramlásos technológiát kell választani, ahol ütemesen, kvázi folyamatosan lehet beadagolni. Minél hamarabb kerüljön be a híg trágya a fermentorba, a zárt rendszerbe, hogy a bűze ne terjedjen. Olyan hosszú tartózkodási időt kell biztosítani, hogy a kikerült maradék bűze már ne legyen jelentős. Ennél a technológiánál számolni kell azzal, hogy a fermentor után kell utóérlelő tartály (medence), ahol még kellő ideig tartózkodhat a maradék, hogy a patogén kórokozók száma minél nagyobb arányban csökkenjen le. Számolni kell azzal is, hogy a kiejesztett maradék mezőgazdasági területen csak előírások (trágyarendelet) szerint juttatható a talajba!
- Természetesen mindenféle trágya bontható sztatikusan is, ami azt jelenti, hogy egyszer feltöltik a fejlesztőt, és lezárják. Ez jobb, mert nagyobb arányban pusztulnak el a káros mikroorganizmusok. Nem fordulhat elő az, amely áramlásos rendszerrel nem kizárható, hogy a friss trágya hozzákerül a „kész”, kiejedt maradékhoz és úgy kerül a földekre, esetleg fertőzően!
- Ha kényszerítő körülmény a gyors működtetés, akkor fűtött biogáz fejlesztő tartályt kell beépíteni.
- Ha fontos a legnagyobb metán kihozatal, akkor fűtött, sztatikus rendszert kell választani.
- Ha „csupán” a globális felmelegedés mérséklése a fontos, akkor sztatikus és fűtött reaktor tér a jó megoldás.
- Ha nincs sok kézi munkaerő, akkor a folyamatos, automatizált megoldások között kell válogatni.

Termékek, haszon

A biogáz fő komponense a metán (kb. 50-70%), a maradék főképp szén-dioxid (kb. 50-30%). E mellett a fejlesztés hőmérsékletén telített vízgőz van benne, és még kis mennyiségben kénhidrogént (H_2S) és ammóniát (NH_3) tartalmazhat szennyezésként. Az egyéb anyagok esetlegesek (pl. depóniagázban szilán származék), és kis koncentrációjúak.

Összehasonlításként néhány metántartalmú gáz néhány jellemzője:

Jellemző	Földgáz	Biogáz	Szeméttelp depóniagáza
Szénhidrogén (CH_4) tartalom, %	94-98	50-70	45-55
CO_2 , %	0,0-3	27-42	30-35
Nitrogén, %	0,3-4	0-1	15-25
Egyéb gázok %	0,0-0,2	0-3	0-3
Fűtőérték, MJ/Nm ³	32-40	18-25	15-17
Sűrűség (15 °C-on), kg/m ³	0,8-0,9	1,10-1,15	1,15-1,20
Robbanási határkoncentráció, %	5-15	9-23	
Oktánszám	120-130	105-120	

A biogáz sokkal kevésbé tűzveszélyes, mint a tiszta metán, a földgáz. A metán levegővel keveredve, ha 5-15% arányban van jelen, akkor robbanó elegyet képez. Szikra hatására robban (pl. sujtólég robbanás a szénbányában!) Ezzel szemben, noha kb. tízmillió biogáz fejlesztő működik már, a biogázzal kapcsolatos robbanások, balesetek nem ismeretesek. A lomha viselkedés oka a szén-dioxid magas koncentrációja. Ez nem jelenti azt, hogy nem kell vigyázni. A belsőégésű motorokba (gázmotorba) vezetve igenis robban!

Csupán a vízgőzt célszerű leválasztani ahhoz, hogy tüzeléshez, világításhoz a biogáz jól felhasználható legyen. Ennek legegyszerűbb módja a talajba fektetett csöveken való átvezetés és a hidegebb talaj-környezetben kivált cseppfolyós kondenzvíz leválasztása.

Alkalmas a biogáz az ún. külső égésű motorok működtetésére. Ezeknél, mint pl. a Stirling motoroknál kívülről kell fűteni.

Ha belső égésű motorba kívánják vezetni, akkor célszerű a szén-dioxidot előzetesen kimosni a gázból (hogy a metán %-os aránya nagyobb legyen) és kén-hidrogén-, valamint ammónia mentesíteni is szükséges. (Ez azért szükséges, mert a robbanási térben a kén-hidrogénből savas anyag képződik, az ammóniából pedig nitrogén-oxidok képződnek. Mindegyik rongálja, megmarja a motort, és a kipufogó gázzal a levegőbe kerülve környezetszennyezők!)

A szén-dioxid eltávolítása legegyszerűbben vizes mosással lehetséges. Néhány bar nyomású (tehát kompresszorral összesűrített) biogázt vízzel érintkeztetik zárt térben. A széndioxid beoldódik a vízbe, miközben a metán alig oldódik. A metánból kb. 16 g oldódik 1 m³ vízben, ezzel szemben a széndioxidból kb. 800 g oldódik. Miután vízzel kimosták a szén-dioxidot, a metánra dúsabb gázt tovább viszik. A mosó vízből pedig atmoszféra nyomáson kiszellőztetik a szén-dioxidot (és sajnos, a kis mennyiségű metánt is), és újra felhasználható a víz a mosáshoz.

A kénhidrogén mentesítés biológiai módszere is elterjedt, amelynél néhány % levegőt juttatnak a biogázba és alkalmas mikroorganizmusok oxigén jelenlétében ként (S) választanak ki. E módszer különös gondosságot igényel és néhány százalék metán elvesztésével jár.

A biológiai módszernél hatékonyabb a kémiai kén-hidrogén mentesítés. Ennél pl. vas(III)-sókat oldatát használják, amelyen átvezetve a biogázt, annak kén-hidrogén tartalma a vas(III)-at vas(II)-szulfiddá (FeS) redukálja és elemi kén (S) válik ki. Mindegyik kéntartalmú termék szilárd, és visszamarad. Így a gázból eltűnik a kéntartalom.

Az ammónia a biogázból vízzel, esetleg savas oldaton való átvezetéssel mosható ki. (Ha van szén-dioxid kimosás, akkor az a gázfázisú ammóniát is eltávolítja.)

A biogáz, ha nagy mennyiségben állítják elő, esetleg az országos gáz hálózatba is táplálható (természetesen a szén-dioxid eltávolítását követően).

A biogáz sűrítve gáztartályokban alkalmas a közeli robbanómotoros munkagépek működtetésére. Mivel a metán igen nehezen cseppfolyósítható, (így nem teszik,) a tartályba

kevesebb főr (mint a cseppfolyós propán-bután üzemanyagból), ezért gyakrabban kell feltölteni az üzemanyag gáztartályt.

Tüzelésre a biogáz minden formájában alkalmas. Leggyakoribb a főzésre, fűtésre való használat.

Gond lehet, hogy épp a nyári időszakban, amikor a legtöbb biogáz fejlődik, a melegebb időjárás miatt kisebb a fűtési igény. Helyette össze kell szervezni olyan tevékenységeket a közelben amelyek hőt vagy biogázt igényelnek:

- A fás anyagokból brikettet és pelletet lehet készíteni, azonban a darabolás-préselés előtt az anyagot szárítani kell (pl. biogáz fűtéssel).
- Lehet biogázzal üzemeltetni az aszfaltkeverőt, vagy vulkanizáló üzem.
- Amennyiben abszorpciós hűtőgépet állítanak be, amelyet egyik oldalon melegíteni (fűteni) szükséges (pl. biogáz égetéssel), úgy hűtést (hűtőházat) lehet működtetni.
- Gázmotorokat+generátorokat beállítva, a biogázzal villamos energiát lehet előállítani, amit helyben lehet felhasználni, vagy a fölösleg villamos hálózatba táplálható. (pl. Szegeden a szennyvíztisztító telepen.)
- Egy igen figyelemre méltó lehetőséget mutatott meg Oláh György (Nobel díjas kémikus). Szerinte a kőolaj készletek kimerülése utáni világban a robbanó motorokat (autókat) metilalkohollal lehet majd üzemeltetni. A metanol cseppfolyós (hasonlóan a benzinhoz), és igen sok módon előállítható. Képezhető pl. metánból, de hidrogénnel a szén-dioxidból is, valamint víz+szén, víz + szén-monoxid, stb. reakciókból kiindulva. Mivel a biogázban mind a metán, mind a szén-dioxid is megtalálható, (és még kevés vizet is tartalmaz), ezért alkalmas lehet metanol előállítására. Példaként említhető az USA Utah állama, ahol napi 30000 liter metanol lesz előállítva 250000 sertés trágyáját felhasználva, vagy az USA Ohio állama, ahol a szemételep depónia gáza szolgálja ki az évi 15000 tonna metanol előállítását.
- A biogáz az ún. üzemanyag cellák üzemanyaga is lehet, amelyben a levegő oxigénje segítségével metánból áramot fejlesztenek. (Pl. Berlin, 2004-ben létesült MCFC üzemanyag cella, szintén a városi szemétből fejlődő metánra alapozva.)

Külön említendő haszon, a higiénizálás. A bűzös melléktermékekből kevésbé bűzös trágyázásra alkalmas anyag marad vissza a biogázos erjesztés után. A maradékban nem csupán lecsökken a bűzös vegyületek koncentrációja (mert a mikroorganizmusok azokat átalakították), hanem lényegesen lecsökken a csírázó képes gyommagvak száma is.

A biogázos erjesztés közben csupán a kiindulási anyag szerves vegyületeinek széntartalma kerül át a gázfázisba (a metán (CH_4) és szén-dioxid (CO_2) formájában) az összes többi elem és vegyület gyakorlatilag visszamarad a víztartalmú masszában. Az ammónia döntő része, a foszfortartalom, káliumtartalom, nyomelemek, stb. és a metánná át nem alakult szerves vegyületek mind alkalmasak a talajérő pótlására, a növények táplálására.

A választott biogázos technológiától és még inkább az alapanyagoktól függ, hogy egy adott országban és vidéken milyen módon, mely mezőgazdasági területre lehet kijuttatni az erjesztés maradékát. Aki biogáz telepet létesít, annak az érvényes előírásokat mindenképp figyelembe kell vennie és alkalmaznia kell. (Példaként említhető az Indiában alkalmazott

gyakorlat, amelyet a szerző a helyszínen megfigyelt. Ott a mezőkön csupasz kézzel gyűjtik össze a marhatrágyát, amelyet a vakolatlan vidéki házak falára kenik. A falon kiszáradó kerek korongokat arra használják, hogy egy botra (mint nyársra) szúrva, majd a földre vajt kis árokba tolva és meggyújtva, annak hőjével főzik az ételeket. Amikor megfőtt az étel, a botot kihúzzák, a trágyadarabot eloltják és félreteszik a következő főzésig. A mi vidékünkön ez a trágyahasznosítás elképzelhetetlen. Itt előírások (rendeletek) és nem szükségek, évezredes szokások szabályoznak!

A biogázból elkülöníthető szén-dioxid tiszta, a vegyiparban, élelmiszeriparban jól hasznosítható. (Sokkal tisztább, mint pl. hőerőművek kéményén keresztül távozó szén-dioxid.)

Összegzés

- Klímavédelmi célból minél több, az élő szervezetek által előállított növényi és állati hulladékot, mellékterméket, maradványt biogázos erjesztésbe kellene fogni.
- A metánnak szén-dioxiddá alakulását ellenőrzött módon, (ember által) szabályozva az üvegházhatást mérsékelhetjük.
- A klímavédelem a legegyszerűbb megoldásokkal is elérhető.
- A biogáz fejlesztés termékei, a metán, szén-dioxid és a visszamaradt massa (a kiejedt maradék) értékesíthetők.
- A biogázos fejlesztés maradékával történő talajerő pótlás jobb, mint a hagyományos vagy a műtrágyázás.
- A fertőtlenítés és bűzcsökkentés leggazdaságosabb módon biogázos fejlesztéssel lehetséges.
- Az optimális megoldás (kivitel) a rendelkezésre álló alapanyagok minőségétől és mennyiségétől függ, de a gazdasági körülmények is befolyásolnak.
- Biogáz fejlesztésnél a pH-követés a legfontosabb.
- Kivitelezés előtt a bőséges szakirodalom (szak-cikkek és könyvek) tanulmányozása, egyes rendszerek termelési adatainak, költségeinek összehasonlítása, valamint a piackutatás ajánlatos.
- A vonatkozó előírások, rendeletek betartása szükségszerű.

Felhasznált és ajánlott irodalom

- Oláh György, Alain Goepfert, G.K. Surya Prakash: **Kőolaj és földgáz után: a metanolgazdaság**, Better Kiadó, Budapest, 2007., ISBN 978-963-86233-5-5.
- Szerkesztő Bai Attila: **A BIOGÁZ**, Száz magyar falu könyvesháza Kht., Budapest, 2007., ISBN 978-963-7024-30-6.
- Heinz Schulz, Barbara Eder: **Biogázgyártás**, CSER Kiadó, Budapest, 2005., ISBN 963 7418 47 4
- Kissné Quallich Eszter: **A biogáz**, Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 1983, ISBN 963-231-622-3
- Fellner Ferenc (Témavezető Hannus István): **A biogáztermelés technológiája Magyarországon**, Diplomamunka, Önköltséges posztgraduális környezetvédő szakosító képzés, KÖTKORC, Szeged, 1999.
- Hanczár Tímea (Témavezető Kovács L. Kornél): **A metanotróf baktériumok biotechnológiai alkalmazási lehetőségei**, Szakdolgozat, SZTE, 2000.
- **A Biogáz** tájékoztató füzet, Magyar Biogáz Egyesület, 2008.