7. előadás: A szilárd biomassza formák átalakítása biogázzá

7.1. Fermentálás, biogáz előállítás.
7.2. Állati trágyakezelés. Biogáz termelés „energianövényekből”.
7.3. Kommunális szennyvízkezelés.
7.4. Biogáz előállítás melléktermékei, felhasználásuk: széndioxid, biotrágya, Gázmotorok

---

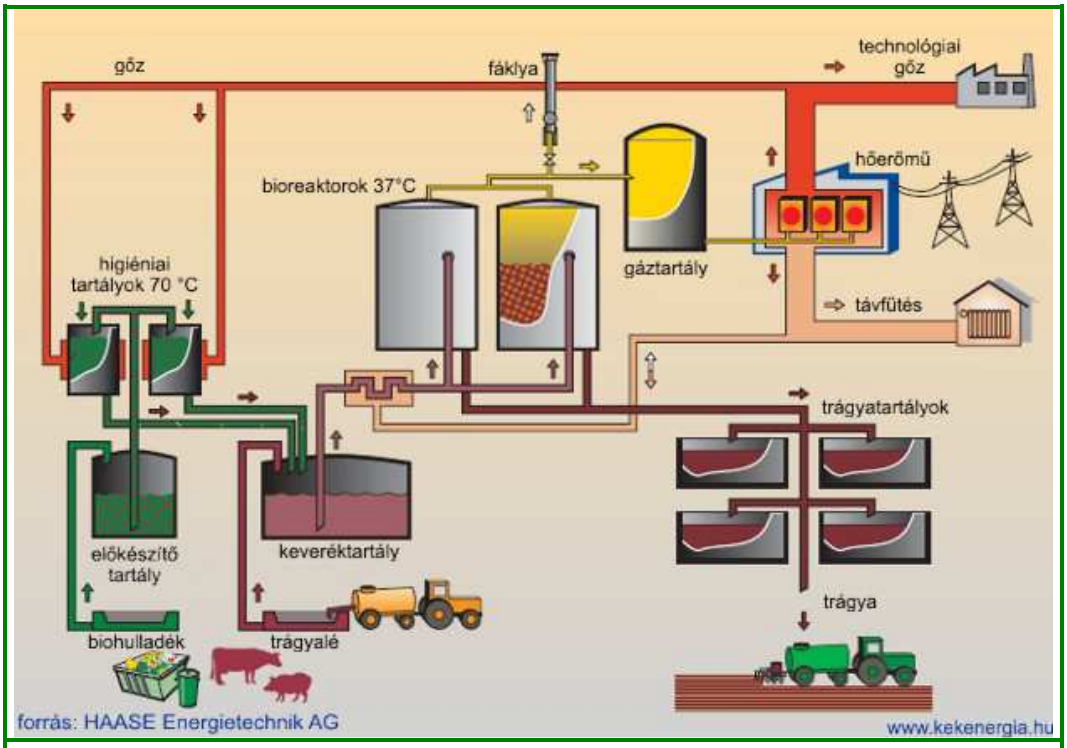
7.1. Fermentálás, biogáz előállítás

A **biogáz** szerves anyagok anaerob lebomlásánál keletkező **metántartalmú** gáz. **Biogáz előállítására alkalmas** (alapanyag - szubsztrát) a trágya, fekália, élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok, zöld növényi részek, háztartási hulladék, kommunális szennyvíz, stb., tehát **valamennyi szerves anyag** kivéve a szerves vegyipar termékeit.

Feldolgozható anyagok osztályozva:
- Hígtrágya, almos trágya, sílókukorica, rozs, cukorcirok, csicsóka, szudáni fű, széna, zöldségfélék, stb.;
- Élelmiszeripari-, takarmánygyártási és szeszipari hulladékok, fogyasztásra alkalmatlan élelmiszerek, használt étolaj, ételmaradékok, biohulladék;
- Állati eredetű anyagok, mint vágóhídi hulladék, zsiradékok stb.
- Szennyvíziszap.

7.1. Táblázat. A biogáz főbb komponensei:

Összetevő	Koncentráció v/v %	Metánképző baktériumok
Metán	50 - 75	Metán, széndioxid, víz, majd
Széndioxid	25 - 45	$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$



7.1. ábra. Biogáztelep szokásos, mezofil reaktoros blokksémája

Biogáz potenciál Magyarországon

• Állattartó telepekről nyerhető gáz teljesítmény: 5 – 8 MW,
• Közepes, nagy városok szennyvíziszap feldolgozó biogáz üzemek: 10 – 15 MW,
• Nagy városok szerves hulladékát kezelő biogáz üzemek: 10 – 20 MW.

7.2. Táblázat. 5. Szekunder (**háziállatok**), tercier (**állati trágya**) mezőgazdasági produkció

Megnevezés	**Száma**	**Súlya**	**Trágya**	**Energiája**
	(Ezer db)	**(kt/év)**	**(Mt/év)**	**(PJ/év)**
Szarvasmarha	800	640	4,0	40
Sertés	4000	560	4,0*	40
Juh	1100	80	0,6	6
Baromfi	20 000	80	0,5	5
Összesen			**9,1**	**91,0**

Az anaerob baktériumos, gázfejlődéssel járó erjedés két fázisra bontható: **egy mezofil** illetve egy **termofil folyamatra**. A két folyamat közötti különbség nemcsak a mezofil 32-38 ^{o}C-os hőmérsékletéhez képest a termofil 55-60 ^{o}C-os hőmérséklete, hanem a folyamatokban résztvevő baktériumok fajtája és a reakciók ideje is. Ugyancsak különbség, hogy a reakció lejátszódását tekintve a mezofil folyamat során a baktériumok a zsírokat, proteineket és szénhidrátokat bontják le. Ez általánosságban 25-30 nap, de a fermentációs idő nagymértékben függ a rendszerméretektől, az alkalmazott fermentációs technológiától, a bevitt anyagoktól, más néven a receptúrától.

A biogáztermelés technológiáját a szubsztrátumok **szárazanyag-**tartalma szerint csoportosítják:

- száraz fermentálás 25 - 35 %-os,
- félszáraz fermentálás 15 - 25 %-os szárazanyag tartalom esetén,
- nedves fermentálás 15 %-s szárazanyag tartalomig.

A **reaktor** (*digester*) **hőmérsékletének beállítása és fenntartása hőcserélőn keresztül történik**. A **szervesanyag tárolók** és az **erjesztő kamrák** legtöbbször betonból készülnek, belülről hőszigeteléssel ellátottak és a jobb hőmérséklettartás érdekében földbeágyazottak. Fűtésük többnyire alulról és oldalról történik.

<u>A mezofil eljáráshoz képest a termofil eljárás leírása és előnyei:</u>

Az **istállótrágya kezelésének** (tisztítása, ártalmatlanítása) hagyományos (mezofil) eljárása során kevés a megtermelt gáz mennyisége, előfordulhat, hogy a saját üzemeltetésre sem elegendő. A **termofil eljárás során,** a trágya 55-60 ^{o}C körüli hőmérsékleten történő kezelése, a növényi hulladékokkal az iszapba kerülő **gyom magvakat csírátlanítja**, **elpusztítja továbbá a toxicitást előidéző mikroorganizmusok nagy részét is. Magasabb százalékban**, rövidebb idő alatt keletkezik metán. Ahol a **jószágtartó telepen kívül, vágóhíd, húsfeldolgozó is üzemel,** a veszélyes hulladék kategóriába sorolt vágóhídi melléktermékek (húslási maradékok) is mentesíthetők.

A lebontási folyamat végén a **biotrágya** magas belső tartalmi értékekkel rendelkező, stabilizálódott közeg. A **kirothadt iszap** (biotrágya) jobban felhasználható**,** ami egyben az eddig használt **műtrágyák kiváltását is eredményezi**.

7.2. Állati trágyakezelés. Biogáz termelés „energianövényekből”.

Az **állattenyésztő telepek és a fermentorok** (mezofil, termofil fermentáció) ott használhatók, ahol van kellő számú állatállomány, szennyvíz, állati hulladék. A **fermentorok szerepe elsősorban** az állattenyésztés során keletkezett nagymennyiségű szerves anyagnak (hígtrágya), a szennyvízkezelés során keletkező szennyvíziszapnak, és a vágóhíd, bőrgyártás során keletkező, zsíroknak, húslási maradékoknak fermentálás útján történő **mentesítése**.

A trágya mentesítésekor keletkezik a **gáz halmazállapotú biogáz** (fő komponense a metán, mellékkomponense széndioxid), és a sterilizált, trágyaként felhasználható, maradék **szilárd anyag**. Már az ilyen gázkeverékre, mint biogáznak nevezett (égéshője jelentősen kisebb, mint a földgázé, mivel benne a metán csak 60-65 %), kifejlesztettek motorokat. Ezek is generátort meghajtva, kisebb teljesítményben (1 MW) elektromos energiát állítanak elő, füstgázuk pedig fűtésre szolgálhat. A fermentorban a feldolgozást követően maradó száraz anyag (biotrágya) talajjavító, trágyázásra alkalmas termék.

<u>A biogázüzemben zajló folyamatok áttekintése</u>

1. A **teljes eljárás folyamata** a sertés hígtrágyának a telepre érkezésével kezdődik. Itt a **gyűjtő-egalizáló medencébe** kerül. Ide tanácsos telepítni a szálas anyag aprítót, valamint a zárt rendszerű veszélyes hulladék megsemmisítőt (vágóhídi hulladék, elhullott állati tetemek) Itt történik a **hőkezelés**, aprítás és a bevitt anyag továbbítása. Az **egalizáló medencében** kell beállítani a szárazanyag tartalmat. **Ez a medence szintén hőt igényel, fűteni kell**.

2. Ennek az anyagnak az összekeverése után következik az aktuális **reaktorba való betáplálása**. A gyűjtő medencéből kell ezt a keveréket betáplálnunk a soron következő reaktorba, úgy hogy a **betápláló vezetéket hőcserélővel 60 ^{o}C-ra melegítjük**.

3. A fermentorban történik a rothadás. A **ciklus ideje alatt** a gáz termelése nem egyenletes, de folyamatos. **A termofil fermentációhoz a reaktorok belső terét egyenletesen 55-60 ^{o}C** (más esetben akár 65-70 ^{o}C) **hőmérsékleten kell tartani, amit automatikus keveréssel kell megoldani.**

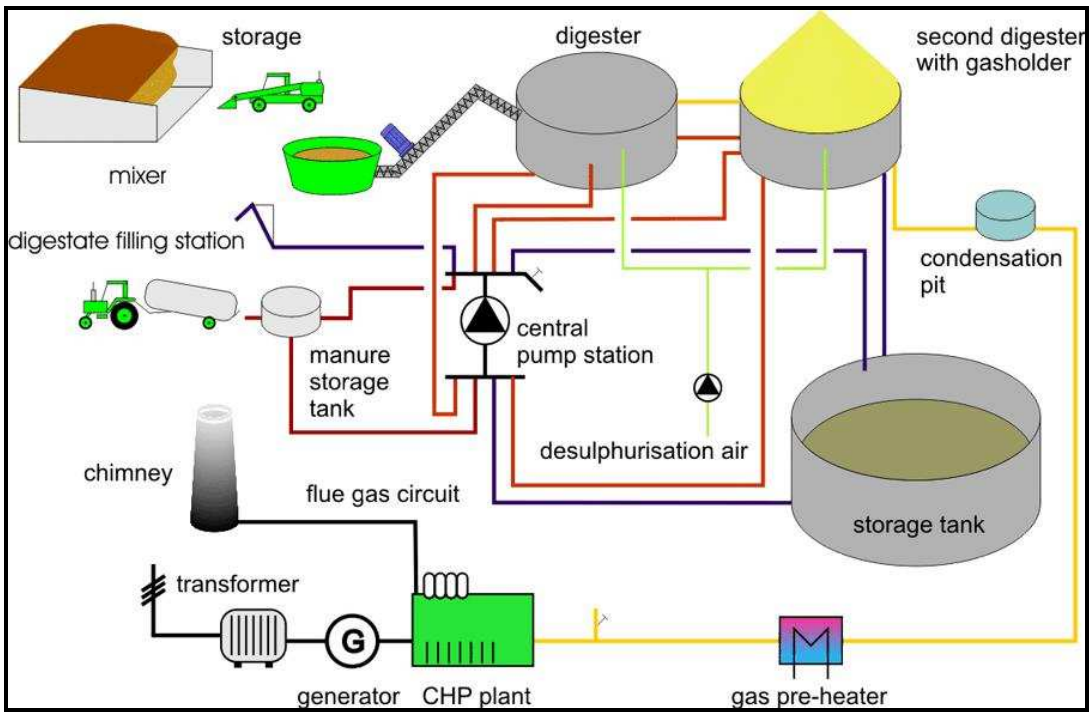
4. A **ciklus végére** a teljes lebontási folyamat végbemegy, ezután kerül a reaktor tartalma az **utóerjesztőbe**, ahol további lehetőség van a rothadási folyamat befejezésére, az iszap stabilizálódására, majd leürítésre. **Az iszap ekkor az iszapkezelőbe jut.**

5. A gáz elvezetése a fermentorból a „kezelőbe”, tisztítóba, automatizált, minden biztonsági előírásnak megfelelően kivitelezett. A **nyers biogázból a** tisztítósoron a kondenzációs edényben leválasztódik a víz (pára), majd a kénmentesítési folyamat következik. Itt szétválasztják a metánt, a ként, és a széndioxidot. A **metán** különböző

szűrőkön keresztül, az előírás szerinti biztonságtechnikai megoldásokkal a **tárolóba kerül**. Biztosítani kell az el fáklyázás lehetőségét is.

6. Az iszap tárolására több hagyományos megoldás áll rendelkezésre. Az egyik legolcsóbb megoldás a betontárolókba való elhelyezés. A tárolóba került kirothadt iszapból a vizet gravitációs úton elszivárogtatjuk, a csurgalékvíz gyűjtőbe továbbítjuk, szükség esetén kezeljük, majd visszaforgatjuk a gyűjtő-egalizáló tartályba.

7.2. ábra. Mezőgazdasági biogáz telep madártávlatból



7.3. ábra. Biogáz telep sémája

7. A leválasztott **kén, illetve széndioxid értékesítésre kerülhet** további felhasználás céljából. **A ként** a növényvédő szereket gyártók, míg a **széndioxidot a zöldségtermesztők** az öntözővíz Ph értékének beállítására, valamint a gyümölcsök tárolhatóságának fokozására hasznosítják. Ezzel a zöldségtermesztésben használt savak káros hatását meg lehet szüntetni.

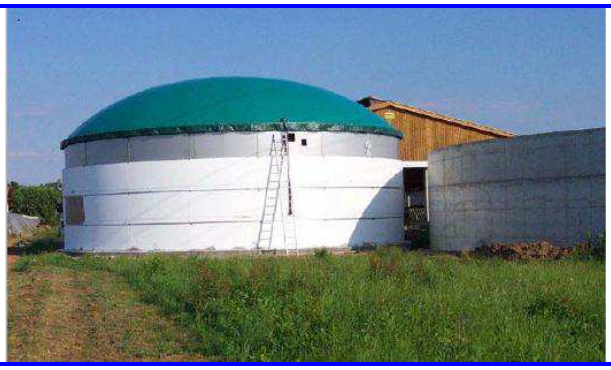
8. A biogáz telepen a rothasztó reaktorban keletkező metán gázon kívül ott marad **a kiülepedett iszap**, amely **bőségesen tartalmaz anaerob baktériumokat**. A talajba bedolgozva magukkal viszik az etilént termelő mikroorganizmusokat. Tehát a talaj készen kapja ezeket, így a **biohumusz bevitele az etilén dúsulását idézi elő** még gyakori földforgatás esetén is.

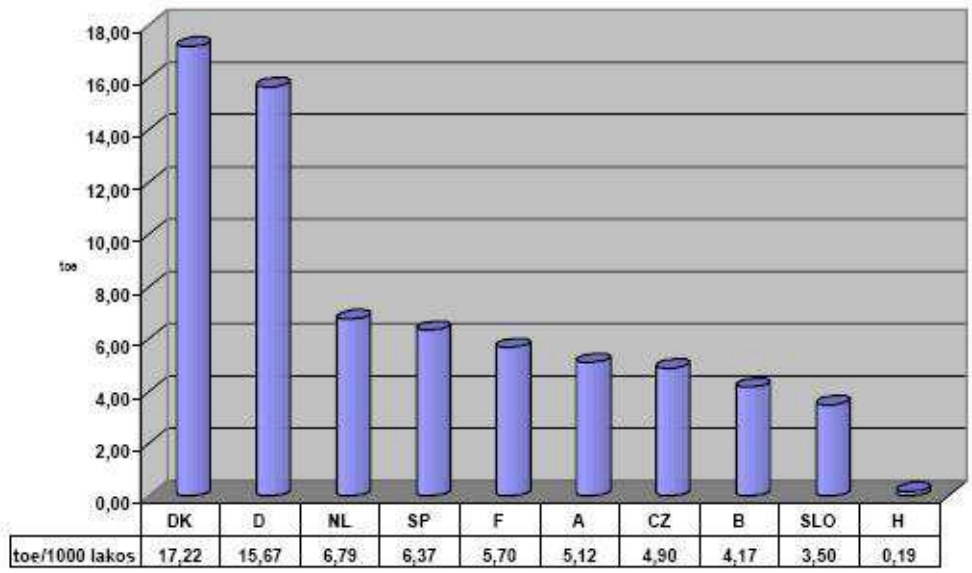
A **biotrágya sokkal előnyösebb** a műtrágyához képest, mivel azzal bejuttatott nitrát-nitrogén lassítja az etilén termelést. Heves oxidációs és redukciós folyamatokat gerjeszt, így az anaerob szervezetek „nem jutnak lélegzethez” és elszaporodnak a fakultatív anaerob mikroorganizmusok. Ezek a nitrátot használják anyagcseréjükhöz, amelyet végső fázisban nitrogénné redukálnak. Elillan a talajból, így elvész a növény számára még mielőtt az anaerob szervezetek hozzáfognának az etilén termeléshez. Az etilén termelés kimaradása számos ártalommal jár. Elszaporodnak a talajban a kórokozók (pl. a kukorica levél fodrosodását okozó helminto spórium, a paradicsomvészt előidéző fitoftóra gomba és sok egyéb). Tehát a műtrágyázás mellőzhető.

7.3. Táblázat. Néhány szerves anyagból keletkezett biogáz mennyisége (Sinoros)

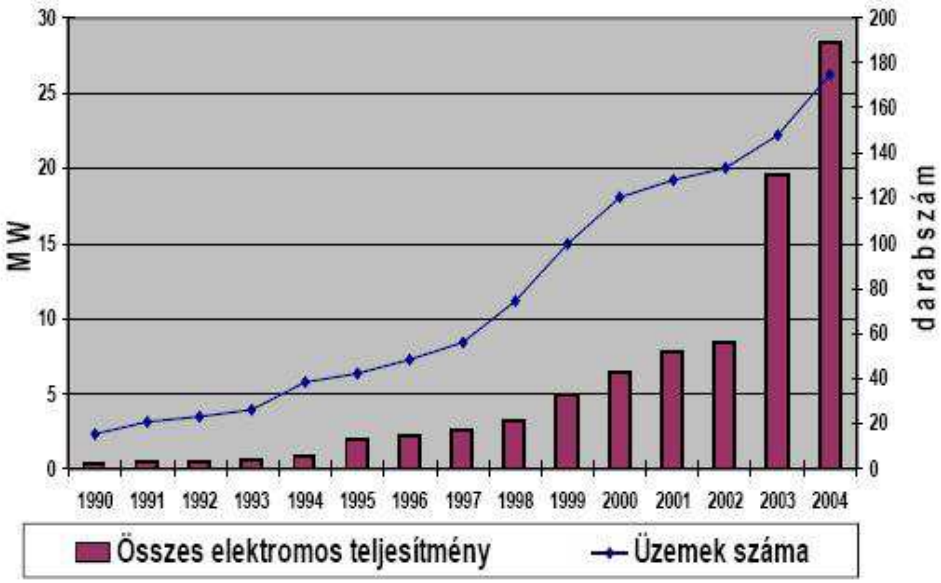
Szerves anyag	**Biogáz mennyisége (m^3/t)**
Marhatrágya	90-310
Sertéstrágya	340-550
Baromfitrágya	310-620
Istállótrágya	175-280
Kukoricaszár	380-460

Mezőgazdasági körzetben telepített fermentorok, biogázüzemek Auszttriában

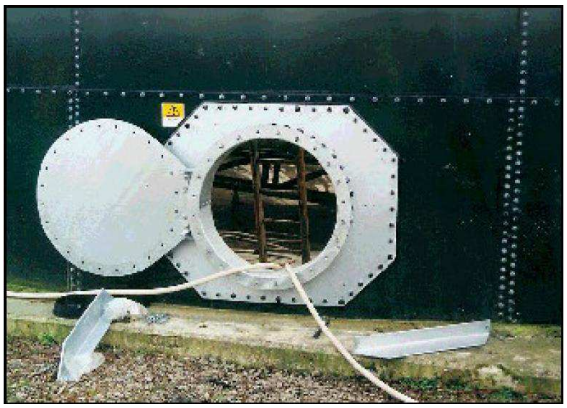
7.4. ábra	7.5. ábra
7.8. ábra	7.7. ábra
	
7.8. ábra	7.9. ábra
7.10. ábra	7.11. ábra



7.12. Az egy főre eső biogáz termelés az Európai Unió országaiban



7.13. A biogáz termelés növekedésének üteme Ausztriában



7.14. Egy fermentor kivezető nyílása

7.15. Gázelvezető csövek

7.3. Kommunális szennyvízkezelés.

A **szennyvíz és az iszapkezelés,** valamennyi művelete több – kevesebb energiát igényel. Energiát fogyasztanak a mechanikai tisztítás gépei, az átemelők szivattyúi, a biológiai tisztítás levegőztető berendezései, kotrói, szivattyúi, keverői és az iszapkezelés, elhelyezés eszközei is.

Energiatermelés csak a **rothasztás (anaerob iszapstabilizálás)** melléktermékéből, a biogázból helyben megoldható. A rothasztás előnyei azonban nem csak energetikai jellegűek. Rothasztásnál **az iszap szervesanyagának mintegy a fele lebomlik**, megszűnik a bűzős volta, mennyisége felére, harmadára csökken. Az iszapban lévő kórokozók, féregpeték és patogének közel 90%-a elpusztul és a maradék életképessége is gyengül.

A **rothasztott iszap minősége, szemben a nyersével**, tartósan állandó jellegű, ami a víztelenítését nagymértékben megkönnyíti, vegyszerszükségletét csökkenti. A rothasztóban állandó tárolótér áll rendelkezésre, ami lehetővé teszi, hogy a munkaszüneti napokon, vagy üzemzavar esetén az anaerob stabilizálást követő műveleteket ne végezzék el.

A felsorolt előnyök ellenére a 60-as éveket követően sokáig nem építettek rothasztókat, mert az iparosodott kivitelezők a piaci túlkínálat miatt nem vállalkoztak a csak hagyományos építéstechnológiával és nagy élőmunka igénnyel megvalósítható vasbeton rothasztók építésére. A vállalkozói kedvet csökkentették a fokozott minőségi előírások, a tökéletes víz-, és gázzárás követelményei is.

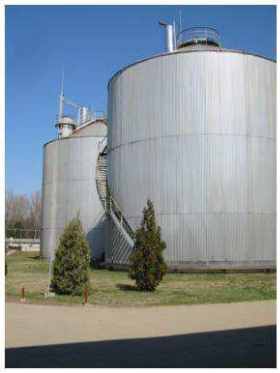
Az anaerob iszapstabilizáláskor keletkező biogáz olyan gázelegy, amelynek közel kétharmada metán, egyharmada széndioxid és kisebb mennyiségű hidrogént, kénhidrogént, oxigént és nitrogént is tartalmaz.

1 kg szervesanyag lebontásakor 750 - 1000 l gázhozamra lehet számítani. A rothasztóba betáplált szervesanyagra vonatkoztatva ez az érték 400 - 500 l/kg. Az átlagos összetételű **biogáz fűtőértéke** 23.500 kJ/m^3 **23 MJ/m^3** (5500 kcal/m^3).

A kazánokkal melegvizet állítanak elő, s ezzel fűtik a rothasztókat és elégítik ki a telep egyéb hőigényét. A megoldás nem optimális, mivel a nyári időszakban a gáz nagy részét el kell fáklyázni, télen pedig változó mennyiségű földgázpótlásra van szükség a telep teljes hőigényének a fedezéséhez.

A **biogáz teljes körű hasznosításának** egyik lehetséges módja a **gázmotoros** hasznosítás. A gázmotorral meghajtva a generátort, elektromos energiát lehet előállítani, a motor hűtővizének, kenőolajának és kipufogógázának hulladékhőjével fűteni lehet.

A továbbiakban példaként felsorolt **tisztítótelepek közül** a kisebbeknél a biogázt kazánokban elégetve tüzelőanyagként hasznosítják, máshol gázmotorral elektromos energiát állítanak elő.

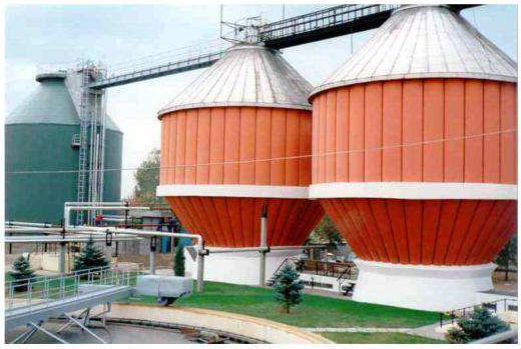


1. kép: Váci elő-, és utórothasztó

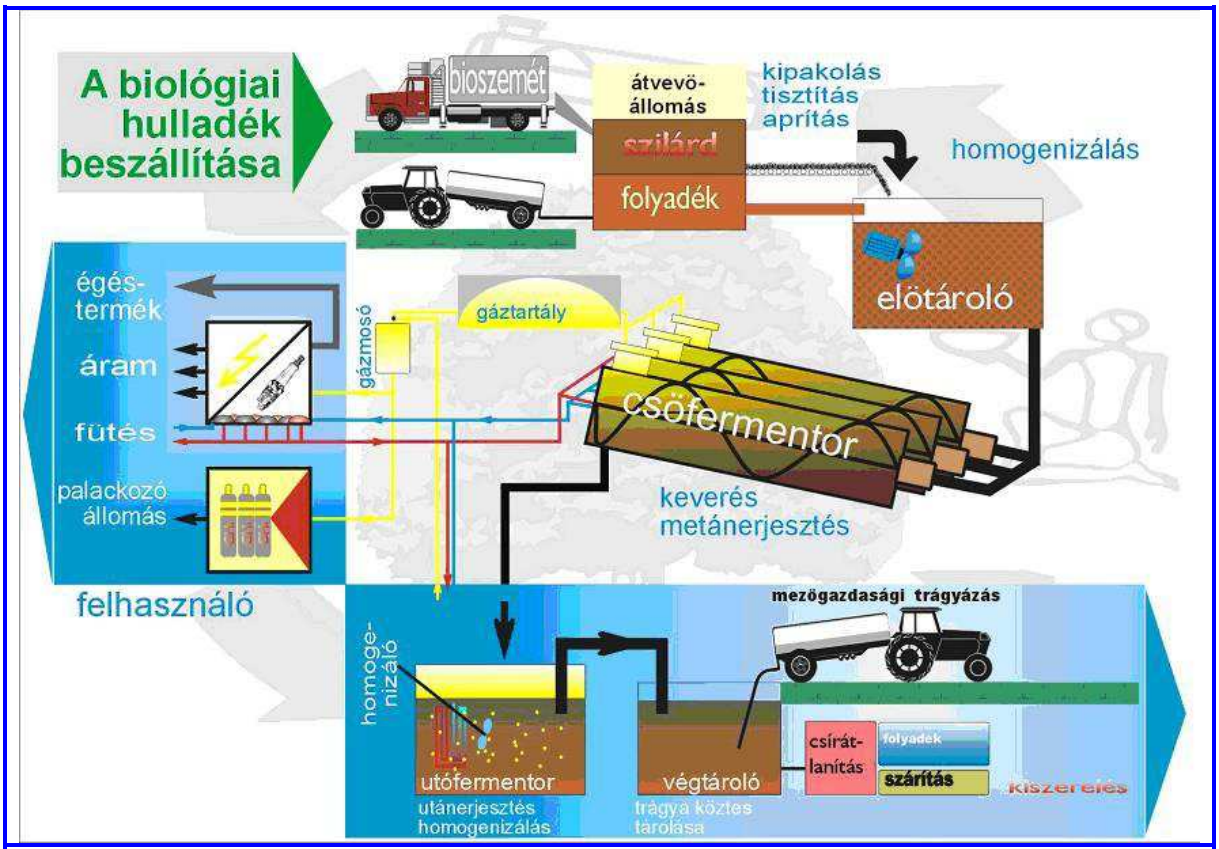
2. kép: Komlói rothasztók

6. kép: Nyíregyházi rothasztók

3. kép: Székesfehérvári rothasztók



4. kép: Kecskeméti rothasztók



7.16. Trágyakezelés iszapkezelés, termék hasznosítás teljes rendszere

7.4. Biogáz előállítás melléktermékei: széndioxid, biotrágya, Gázmotorok

7.17. Biogáz kezelő rendszer gázmotorral

8. kép: Gázmotorok Debrecenben

Hivatkozások:

KF-II-7.1	Bagi Zoltán, Dr. Kovács Kornél Gáz halmazállapotú energiahordozók és hajtóanyagok (biogáz, biohidrogén)	
KF-II-7.2	Kovács Kornél előadása, EMB CEERES 2006. február Biogáz a természetes erőforrás	
KF-II-7.3	Kovács Attila, Fuchsz Máté, EMB, 2007. április 27. Pécs Biogáz Magyarországon: Egy növekvő piac perspektívái	
KF-II-7.4	2007 Biogáz Fórum - Biogázról mindenkinek http://www.biogaz-forum.hu	
KF-II-7.5	Szabó Sábdor: Biogáz termelő és hasznosító berendezés http://fenntarthato.hu/epites/leirasok/telepules/hulladekkezeles/biogaz-termelo	
KF-II-7.6	Bai Attila: Kinek éri meg előállítani biogázt? http://www.agraroldal.hu/energia-3_cikk.html	
KF-II-7.7	Barótfi István: Környezettechnika; 1.5.3. Biogáz http://www.hik.hu/tankonyvtar/site/books/b108/index.html	
KF-II-7.8	Petis Mihály: Szerves hulladékok újrahasznosítása (biogáz) Agrárágazat, 2004-11 http://www.agraroldal.hu/biomassza-2_cikk.html	
KF-II-7.9	Biogáz, Wikipédia http://hu.wikipedia.org/wiki/Biog%C3%A1z	
KF-II-7.10	Sinóros-Szabó Botond ifj; Bioreaktorok Magyarországon; Agr. Közl 2005/16 http://www.date.hu/acta-agraria/2005-16/sinoros-szabo.pdf	
KF-II-7.11	Kovács Gábor Graboplan Kft. Zártláncú biogáz hasznosítási technológia http://www.nkth.gov.hu/main.php?folderID=486&ctag=articlelist&iid=1&articleID=3519	
KF-II-7.12	Biogáz laborGödöllő, Greenergy Kft. http://www.artisjus.hu/opencms/export/greenergy/hu/projectek/projectek_0_1_3.html	
KF-II-7.13	Bráda Csaba: Biomassza, biogáz. http://okoenergia.uw.hu/biomassza.html#bm1	
KF-II-7.14	HÍGTRÁGYA TECHNOLÓGIA, UNITRADE'94 http://www.unitrade94.hu/tartalom.php?mid=3&sid=2	
KF-II-7.15	Anerobic Digestion for Sustainable Effluent Management; PERMASTORE www.permastore.co.uk	
KF-II-7.16	Szíj Bálint: A biogáz termelés Ausztriában; Sopron http://www.hirado.hu/cikk.php?id=78217	
KF-II-7.17	Állattenyésztő telepek biogáz-termelési lehetőségeinek gazdasági elemzése. http://www.agraroldal.hu/telep-2_cikk.html	
KF-II-7.18	Iszaprothasztás gázmotoros biogáz hasznosítással, Boda János, Mélyépterv Rt. http://www.aquadocinter.hu/themes/Vandorgyules/pages/5szekcio/boda.htm	
KF-II-7.19	ENTEC Biogas GmbH; Biogas http://www.entec-biogas.at/	
KF-II-7.20	Biogas production by treating sludge of a waste water treatment plant http://www.oneview.de/home/comments.jsf?linkID=999383	
KF-II-7.21	Boros Tiborné Nagy lignocellulóz tartalmú biomasszafajták (fa) biogázzá alakítása.	
KF-II-7.22	Termofil mikroorganizmusok és társaik; Székely Katalin http://www.sulinet.hu/termeszetvilaga/archiv/2000/0002/13.html	

Kérdések:

KF-II-7.1. Milyen fizikai körülmények mellett keletkezik biogáz? Mit jelent ez a szó anaerob?
KF-II-7.2. Sorolja fel, milyen anyagok használhatók fel biogáz előállítására?
KF-II-7.3. Milyen főbb gázkomponensekből áll a biogáz és ezeknek mi a tipikus értékük?
KF-II-7.4. Mennyi sertés, szarvasmarha, juh és baromfi van Magyarországon, és mennyi ezek után az éves trágyamennyiség?
KF-II-7.5. Jellemezze az anaerob baktériumos, gázfejlődés két fő hőmérséklet tartományát!
KF-II-7.6. Nevezze meg, hogy a szubsztrátumok szárazanyag-tartalma szerint milyen biogáztermelés technológiákat különböztet meg!
KF-II-7.7. Sorolja fel, milyen főbb egységei vannak egy biogáz telepnek!
KF-II-7.8. Mi elsősorban a fermentor szerepe?
KF-II-7.9. Mi a szerepe a gyűjtő-egalizáló résznek?
KF-II-7.10. Mi a szerepe az utóerjesztőnek**?**
KF-II-7.11. Milyen feladatokat lát el a gáztisztító?
KF-II-7.12. Mire használható a kén, a széndioxid?
KF-II-7.13. Mit nevezünk „biometánnak”?
KF-II-7.14. Mit nevezünk „biotrágyának”?
KF-II-7.15. Milyen előnyökkel jár a termofil fermentáció a mezofilhoz képest?
KF-II-7.16. Milyen mennyiségű biogáz képződik a szarvasmarha-, a sertés-, és a baromfi trágyából kilógramonként?
KF-II-7.17. Hányszorosa Dániában, Németországban az egy főre eső biogáztermelés a Magyarországi értékhez képest?
KF-II-7.18. Milyen előnyökkel jár a szennyvíz és az iszapkezelés során a rothasztás (anaerob iszapstabilizálás)?
KF-II-7.19. Mennyi gázhozamra lehet számítani 1 kg szervesanyag lebontásakor**?**
KF-II-7.20. Hogyan lehet gázmotorral a biogázt értékesíteni?

Pécs, 2012. január 20.

Dr. Német Béla