

A C/N arány és a biogáz hozamok összefüggésének vizsgálata a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzemben

Mézes Lili¹ – Bíró Tibor¹ – Petis Mihály²

¹Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma,
Mezőgazdaságtudományi Kar,

Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Debrecen

²BátorTrade Kft., Nyírbátor

mezes@gissserver1.date.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A Nyírbátori Regionális Biogáz Üzemet a Bátortrade Kft. 2002-ben építette, és azóta üzemelteti. A vegyes összetételű szerves alapanyagok hatékonyabb erjesztése érdekében a biogáz üzem 6 mezofil és 6 termofil fermentorral rendelkezik. A regionális üzem egy többfunkciós rendszer, amely egyrészt mezőgazdasági tevékenységet folytat, másrészt magas metán-tartalommal rendelkező biogázt állít elő.

A kutatás célja az erjesztési rendszerbe naponta bevitt szerves anyagok mennyiségi és minőségi vizsgálata, ezen keresztül a beadagolt szerves anyagok szezonális, időszakonkénti és esetszerű változásainak nyomon követése volt. A mennyiségi és minőségi adatok idősorainak elemzésével a biogáz hozamok ingadozásainak okait tártuk fel. A feladott szerves anyagok 11-13 között C/N arányúak voltak, a maximális gázhozam értékek 12,2-12,35-ös hányadosoknál jelentkeztek.

Kulcsszavak: biogáz, vegyes összetételű alapanyagok, vágóhídi hulladék, C/N arány

SUMMARY

The Regional Biogas Plant of Nyírbátor was built by the Bátortrade Ltd. The biogas plant contains 6 mesophil and 6 thermophil fermentation tanks, because the biogas production is based on mixed compositions. The regional plant is a multifunctional system. It produces agricultural products and biogas with high methane content. The utilization of biogas is also accomplished here; gas-engines transform it to electricity and heat-energy. The product electricity is used by the local plants, the surplus is sold.

The aim of the research is the examination of the quality and quantity of the input materials that put into the mixers and follow the seasonal, periodical and optional changes of the input materials. The analyzation of the quality and quantity data can give an answer to the optional changes of biogas production because the input materials determine the composition of the examined recipe. The C/N ratio was between 11-13, the maximal value of the biogas yield was observed by 12.35 C/N ratio.

Keywords: biogas, mixed composition, slaughterhouse waste, C/N ratio

BEVEZETÉS

Biogáznak nevezzük a szerves anyagokból biológiai úton, anaerob baktériumos erjedéssel keletkező gázt. A biogáz elsősorban metán (CH₄) és szén-dioxid (CO₂) keveréke, de összetétele függ a betáplált anyagoktól (Boros, 1993). Nyomokban

egyéb gázokat is tartalmaz, mint pl. nitrogént, ammóniát (NH₃), kén-dioxidot (SO₂), kénhidrogént (H₂S) és hidrogént (www.humboldt.edu).

A biogáz-előállítására valamennyi természetes eredetű szerves anyag alkalmas, így a szerves trágya, élelmiszer-ipari melléktermékek és hulladékok, zöld növényi maradványok, háztartási hulladékok, kommunális szennyvizek és iszapjaik (Kacz és Neményi, 1998). Ezen alapanyagok közül találhatunk a mikroorganizmusok számára könnyen és nehezebben bontható anyagokat is. A rossz bontási hatékonysággal rendelkező anyagok esetében különböző előkezeléseket szükséges alkalmazni, mellyel meggyorsíthatjuk a tápanyagok feltáródását, így lerövidítve a tartózkodási időt (Petis, 2007). Amennyiben kellő körültekintéssel állítjuk össze a recepturát, magasabb metán-tartalmat érhetünk el a biogázban, illetve a folyamatra káros kén-hidrogén és nehézfém mennyiséget is csökkenthetjük.

A lebontási folyamat igen bonyolult, számos baktériumtörzs szimbiotikus kapcsolatán keresztül történik (www.biogas-forum.hu). A mikrobák aktivitásától függ az erjesztés folyamatának hatékonysága, időtartama, illetve a keletkező gáz mennyisége és minősége. A baktériumok számára szükséges tápanyagokat tehát következetesen, egyenletes arányban kell biztosítani (www.unu.edu). A folyamat emellett függ a kémhatástól, hőmérséklettől, C/N aránytól, stb. (Van der Berg és Kennedy, 1983; Kovács és Bagi, 2007).

A biogáz-termelés során felhasználásra kerülő szerves anyagok összeállításánál kiemelkedő figyelmet kell fordítani a szén- és nitrogén-tartalmakra, valamint a C/N arányra (www.unu.edu; www.energia.bme.hu). A C- és N-tartalom szélsőséges ingadozása, illetve nem megfelelő C/N arány kedvezőtlenül befolyásolja az erjedés folyamatát. A nem optimális tápanyagbázis lelassítja a baktériumtörzsek szaporodását, sőt le is állíthatja azt.

A mikrobák fenntartása szempontjából az optimális C/N arány Parkin és Owen (1986), Malik és Tauro (1995), Bardiya és Gaur (1997) szerint 20-30:1, Bai (2007) kiváló kategóriájú értéknek a 20-25:1-es arányt tünteti fel, egy internetes forrás már magasabb, 30:1 arányú értéket határoz meg (www.unu.edu). A sertés hítrágya – nagy C:N aránya miatt – a biogáz gyártásnak kevésbé alkalmas nyersanyaga, mint a marhatrágya. Szalma, pelyva, fűfélék hozzáadása szűkíti a C:N arányt, és ezáltal növeli a gázkihozatalt (www.mosz.agrar.hu).

A biogáz-technológia egyrészt a biohulladékok által okozott környezetterhelést csökkenti, másrészt, jelentős mennyiségű megújuló energiaforrás kihasználását eredményezi (Sembery és Tóth, 2004; Kovács és Bagi, 2007). Az anaerob fermentálással történő biogáz-előállítás technológiai háttere gyorsan fejlődik, mára különböző technológiai megoldások és üzemi méretek közül választhatunk.

A Debreceni Egyetem AMTC MTK Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszéke több éve folytat kutatást a Nyírbátori Regionális Biogáz-üzem telepén. A biogáztelepet a Bátortrade Kft. üzemelteti egy olyan helyi vállalatcsoport tagjaként, melynek termelési struktúrájában jelentős szerepe van a komplex mezőgazdasági termelési-feldolgozási tevékenységnek, így nagy mennyiségű biomassza képződik (Petis, 2005). A biogázt a vegyes alapanyagoknál bevált alacsony fermentorokban állítja elő. A biogázt gázmotorokkal használhatja, melyekkel villamos- és hőenergiát egyidejűleg termel (Petis, 2005, 2007).

A kutatás célja az erjesztési rendszerbe naponta bevitt szerves anyagok mennyiségi és minőségi (C%, N%, C:N arány, szárazanyag-tartalom, szervesanyag-tartalom) vizsgálata, ezen keresztül a beadagolt szerves anyagok szezonális, időszakonkénti és esetszerű változásainak nyomon követése volt. Kiemelkedő és általánosan előforduló probléma a téli időszakban bekövetkező gázhozam-csökkenés (Yadvika et al., 2004). A recepturavizsgálat a 2007-2008-as évek közötti időszakot ölelte fel. A mennyiségi és minőségi adatok összevetésével választ kaphatunk a biogáz hozamok időnkénti ingadozásainak okaira, mely segítségével recepturavariánsok összetevői is optimalizálhatók.

A C- és N-tartalom szélsőséges ingadozása, illetve nem megfelelő C/N aránya tehát lelassíthatja a baktériumtörzsek szaporodását, sőt le is állíthatja azt. Így a hidraulikus tartózkodási idő (HTI) nem kívánt mértékben megnövekedhet. A biogáz üzemekben az anaerob fermentáció ideje általában 30-50 nap (Yadvika et al., 2004).

Jelen tanulmányban kizárólag a szén- és nitrogén-tartalom, illetve az azokból számolt C/N arányok és a hozzájuk tartozó biogáz-hozamok összefüggéseit mutatjuk be.

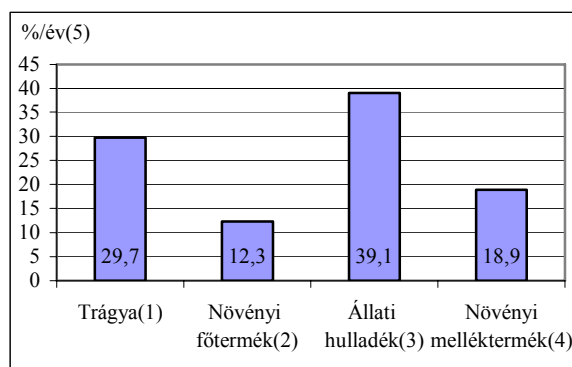
ANYAG ÉS MÓDSZER

A Nyírbátori Regionális Biogáz-üzem

Az üzemben rendelkezésre álló kapacitás 17.000 m³ fermentor térfogattal, 2.600 kWh villamos energia-termelő kapacitással, 17-20.000 m³/nap biogáz termeléssel és 110.000 t/év alapanyag felhasználással jellemezhető (Petis, 2005, 2007, 2008).

A Nyírbátori Regionális Biogáz Üzemben a biomassza 29%-a istállótrágya, 13%-a termelt növényi főtermék, 19%-a növényi melléktermék és hulladék, valamint 39%-a állati hulladékból tevődik össze (1. ábra) (Petis, 2008).

1. ábra: A rendelkezésre álló alapanyagok megoszlása (2007)



Forrás: Petis, 2008

Figure 1: Distribution of the available raw materials (2007)
Manure(1), Cropping products(2), Slaughterhouse waste(3), Cropping byproducts(4), Year(5)

A biogáz termelés akkor gazdaságos, ha az alapanyag ellátás a helyben lévő mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladékokra és melléktermékekre épül (Tamás et al., 2006; Petis, 2007). Az üzem egy szarvasmarha telep és egy baromfifeldolgozó mellé épült, így közvetlenül csővezetéken jut el a hígtrágya és a vágóhídi szennyvíz fermentációs térbe, lecsökkentve ezzel a szállítási költségeket, és biztosítva az üzem folyamatos ellátását. A biogáz üzemben képződő meleg vizet a baromfifeldolgozó használja. A termelt villamos energiából 1.000-1.200 kWh-t a kapcsolódó üzemek hasznosítanak, a többlet pedig értékesítésre kerül. A fermentált végterméket szeparálják. A folyadékfázist nyomóvezetéken keresztül közvetlenül a környező szántóföldi területekre juttatják ki, ill. szükség esetén tárolják. A szilárd fázist trágyaként hasznosítják.

Vizsgálati módszerek ismertetése

A Nyírbátori Regionális Biogáz-üzem akkreditált műszerekkel, a biogáz minőségi paramétereinek vizsgálatához megfelelő eszközzel ellátott laboratóriummal rendelkezik.

A kutatás 2007-2008 közötti időszakot ölelte fel, mely során vizsgáltuk a keverőbe (2 db) juttatott alapanyagok mennyiségi és minőségi paramétereit. A biogáz üzemben a homogenizált nyersanyagok feladása négyóránként, a két keverőből felváltva történt (Bíró et al., 2008). A fermentorokba közvetlenül is juttattak könnyen feltárolható anyagokat, ill. az optimális pH beállításához szükséges puffereket.

Az egyes alapanyagok minőségi paramétereit (C%, N%, C/N arány, száraz- és szervesanyag-tartalom) a mennyiségi adatokkal súlyoztuk, majd a kapott értékeket – az átlagos hidraulikus tartózkodási idő (HTI) figyelembevételével – összevetettük a biogáz hozamokkal. Mind az alapanyagok, mind a végtermék esetében három különböző pontról történt a mintavétel napi, illetve heti kétszeri rendszerességgel. A minták homogenizálása után

történt a mérés, mely három vizsgálati eredmény számtani átlaga.

A szárazanyag-tartalmat az ide vonatkozó szabványok alapján (MSZ 318-3:1979, MSZE 21420-18:2005) a minta megfelelő homogenitásának biztosítása után 105 °C-on, tömegállandóságig történő szárítással, szervesanyag-tartalom esetében pedig 650 °C-on, tömegállandóságig történő égetéssel (MSZ EN 13039:2001, MSZ 318-3:1979) határoztuk meg. Az alapanyagok és a végtermék kémhatását és hőmérsékletét WTW Multi 330i hordozható pH mérő műszerrel (SenTix elektród: mérési pontosság: +/- 0,01 pH, hőmérséklet: +/- 0,1 K, mérési tartomány: -2 – +16 pH, 5-105 °C) mértük.

A C%-ot, a N%-ot, majd a kapott értékekből a C/N arányt VARIO EL[®] univerzális analizátor segítségével határoztuk meg. A kvantitatív CHNS-O elementáris analízis alapja a szerves és számaszerveetlen szilárd vagy folyékony minta magas hőmérsékletű feltárásán alapul. A gázformájú reakciótermékek keverékét tisztítás után komponenseire választják szét, majd ezt követően alkalmas detektorral (WLD, IR) analizálják (www.aktivit.hu). A biogáz üzem laboratóriumában használt analizátor a C és N elemek detektálását képes elvégezni. A detektorjelek integrálásra kerülnek és a vezérlő/kiértékelő PC-ben tárolt kalibrációs görbék alapján megtörténik az elem-tartalom értékek kiszámítása, melyek a kijelzéssel párhuzamosan tárolásra kerülnek (www.aktivit.hu).

A biogáz összetételét Chemec gyártmányú BC20 típusú precíziós gázelemző határozza meg a biogáz üzemben, folyamatos üzemmódban. Számítógéphez csatlakoztatható, közvetlen jelkimeneti egységgel rendelkezik, így lehetőség nyílik ezen adatok folyamatos mérésére, számítógépen való közvetlen elemzésére, tárolására is. A metán-, szén-dioxid, ammónia és kénhidrogén koncentrációjának meghatározása adott hullámhosszokon való abszorbancia-mérés alapján történik. A gázmennyiség mérését gázáramlás-mérő műszer végzi.

Az átlagos tartózkodási idő a fermentorok maximális térfogatából (V_{max}) és a naponta feladott nyersanyagok mennyiségének átlagolásából ($m_{\text{át}}$) számítható ki (18 napos mozgó átlagok). A mezofil és termofil fermentorok esetében külön meghatároztuk a tartózkodási időket, ezeket összegezve pedig megkaptuk a teljes HTI-t.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A növényi alapanyagok nitrogénben szegények, ellenben magas emészthető szénhidrát-tartalommal rendelkeznek (www.unu.edu). A silókukorica esetében ez 290 g/kg-ot jelent (www.agraroldal.hu). Jól hasznosíthatók a C/N arány beállításánál, és alapvető fontossággal bírnak a gázkihozatal szempontjából (www.unu.edu). A frissen vágott zöld növényi részek bomlása gyorsabban megy végbe,

mint a magas cellulóz-, esetenként lignin-tartalmú növényi melléktermékeké.

A biogáz üzemben növényi alapanyagok közül kukoricasilót, friss zöld anyagot, napraforgó törkölyt, kukorica csóvéget, zabos búkkönyt, cukorcirkot, szecs-kázott lucernát, esetenként cukorrépa szeletet, zöldbabot, zöldborsót használnak fel.

Glicerint is hasznosítanak, melyet könnyen feltárható szén-forrása miatt közvetlenül a fermentorokba juttatnak.

Az állati eredetű hulladékok (trágya, hígtrágya, szennyvíz, vágóhídi hulladék) nitrogénben gazdagok (www.unu.edu), melyek közül fontos fermentálási alapanyag a szarvasmarha trágya, hiszen nagy szervesanyag-tartalom, a biogáz-előállítás szempontjából előnyös C/N arány (www.mosz.agrar.hu), jelentős mikroba-, gyommag- és parazita-mennyiség és nagy gázkihozatal jellemzi (Sembery és Tóth, 2004). A húslé, melyet a vágóhídi hulladékok (pl. bendő, gyomor, egyéb belső szervek, vér) sterilizálásával (130 °C, 10 perc) állítanak elő, adja a biogázpotenciál jelentős részét. Edström et al. (2003) szerint a vágóhídi hulladékból származó teljes biogáz potenciál értéke 1300 MJ/szarvasmarha és 140 MJ/sertés. A hőkezelt húslé nagy, könnyen feltárható N-tartalommal rendelkezik, ezért közvetlenül a fermentorba adják fel. Felhasználása nemcsak a biogáz hozam növelése miatt, hanem gazdasági szempontból is előnyös, hiszen hazánkban ártalmatlanítása költségtényezőt jelent, ugyanakkor biogáz célú hasznosításával hő- és villamos energia termelhető. Ezen kívül hígtrágyát, baromfiszennyvizet és technológia szennyvizet juttatnak a keverőkbe nagy mennyiségben, melyek az alkalmazott nedves eljárás során szükséges szárazanyag-tartalom beállításánál fontosak. Őszi és téli időszakban fermentált, szeparált anyagot forgatnak vissza a rendszerbe, azzal a céllal, hogy a visszamaradt szervesanyagot további gáztermelésre hasznosítsák.

Tejsavót és sajtsavót, mésztejet elsősorban pufferként használják az optimális pH beállítására.

A feladott szubsztrátumok közül néhány csak szezonálisan használható fel, így érdemes az egyes jellegzetes időszakokra néhány különböző recepturavariánst meghatározni.

A vizsgált alapanyagok közül a húslé, a szarvasmarha trágya, a kukoricasiló, a kis szárazanyag-tartalommal rendelkező hígtrágya és a technológiai szennyvíz áll rendelkezésre az egész év folyamán, tehát a szezonálisan felhasznált alapanyagok mennyiségi bevitelét – természetesen a minőségi paramétereinek függvényében – ezekhez a nyersanyagokhoz érdemes igazítani. A friss zöld növényi anyagok időszakosan (tavasz, nyár) állnak rendelkezésre (például vágott zöld növényi részek, zöldborsó, zöldbab).

A legstabilabb minőségű anyagnak az elemzések alapján a szarvasmarhatrágya és a kukoricasiló bizonyult.

A C/N arány alakulása az előfermentorban a vizsgált időszakban

A nitrogén százalékos értéke a vizsgált időszakban szűk határok között ingadozott (2,5-3,7%). Ezzel ellentétben a szén-tartalmat illetően évszakos váltakozás figyelhető meg. Májustól októberig fokozatosan növekedett

(30 → 40%), majd a téli hónapokban csökkent az alapanyagok szén-tartalma. A nyári időszakban a nagy mennyiségben rendelkezésre álló, könnyen feltáródó széntartalommal rendelkező friss zöld alapanyagok (szecskázott cukorcirok, fű, zöldborsó) nagy arányával magyarázhatjuk a széntartalom ilyen irányú változását (2. ábra).

2. ábra: A C- és N-tartalom napi változása 2007-2008 között a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem mezofil fermentoraiban

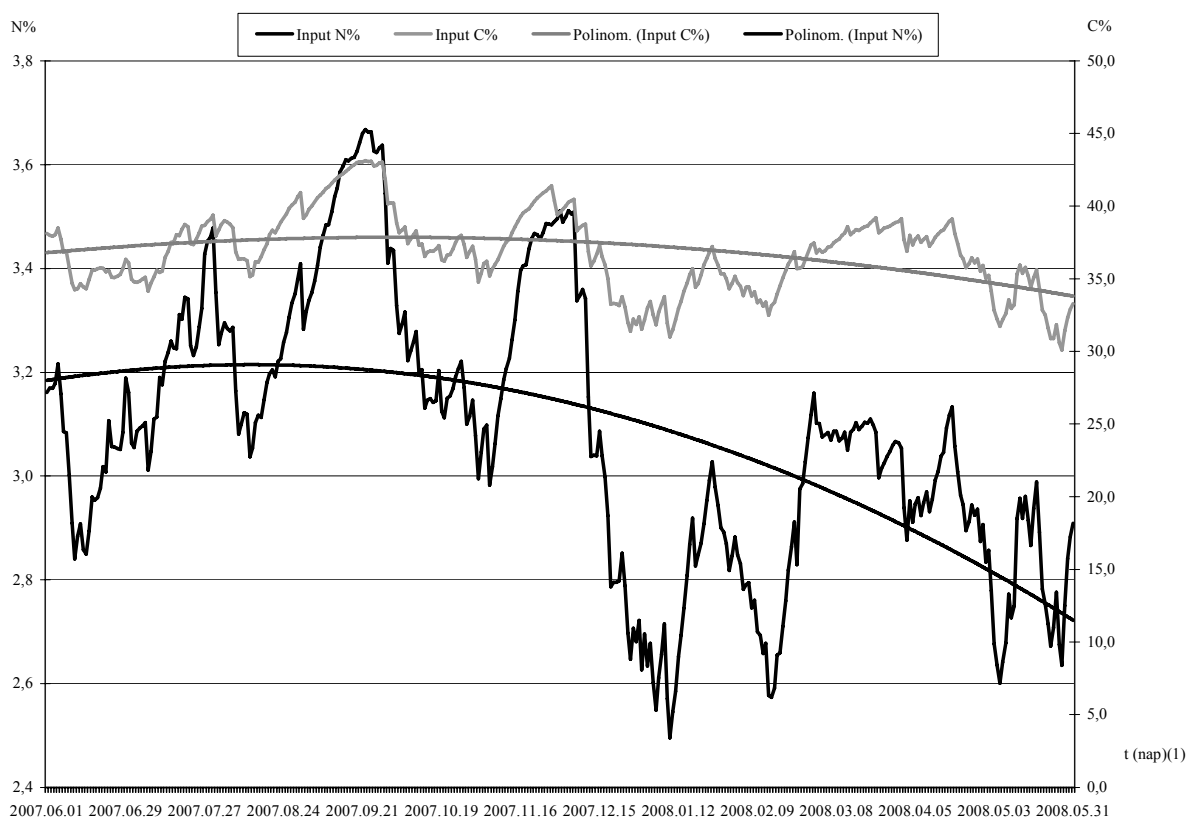


Figure 2: The daily change of C- and N-content in mezophilic digesters of the Regional Biogas Plant in Nyírbátor between 2007-2008 Day(1)

A 2007-2008 között feladott alapanyagok minőségi paramétereinek statisztikai elemzésének eredményeit szemlélteti az 1. táblázat. A mezofil fermentor N-tartalma a vizsgált időszakban átlagosan 3,1% volt, melyhez 0,26 szórás tartozott. A széntartalom relatív szórása a nitrogén %-hoz hasonló volt. Az átlagos C/N arány 12 körül alakult.

A júniustól-decemberig terjedő időszakban alacsony és szűk határok között (11-12) változott a C/N arány (3. ábra), ami a N-tartalmú anyagok, főleg a húslé megnövekedett felhasználására (8-21,5%) vezethető vissza. Ez az érték januártól áprilisig hirtelen megnőtt, a maximális C/N arány 13 volt. Ekkor szén-forrásként kukoricasilót és glicerint alkalmaztak.

1. táblázat

A Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem input szerves anyagainak minőségi paramétere (2007-2008)

Input(1)	N %	C %	C/N arány(2)
Átlag(3)	3,08	36,84	11,97
Szórás(4)	0,26	2,73	0,41
Minimum(5)	2,49	30,10	11,11
Maximum(6)	3,67	43,13	12,98

Table 1: The quality parameters of input organic matters Input(1), C/N ratio(2), Mean(3), Standard deviation(4), Minimum(5), Maximum(6)

3. ábra: A C/N arányok napi változása 2007-2008 között a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem mezofil fermentoraiban

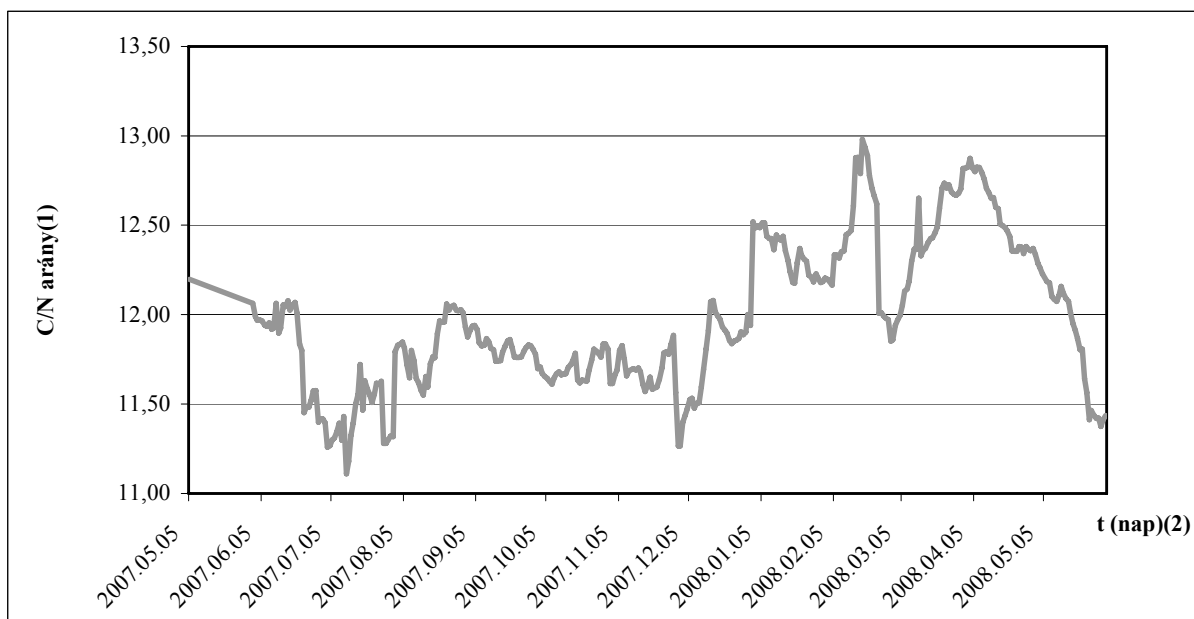


Figure 3: The daily change of C/N ratio in the mezophil digesters of the Regional Biogas Plant in Nyírbátor between 2007-2008
C/N ratio(1), Day(2)

Abban az esetben, ha a C/N arány túl szűk, tehát a nitrogén feleslegben van, a fölösleges nitrogén nem tud eltávozni ammónia formájában, és csökkenti a metántermelés hatékonyságát. A naponta beadagolt nyersanyagok összeállításánál a C/N arányra ezért

fokozott figyelmet kell fordítani. Az alapanyagok C/N arányai és a hozzájuk tartozó biogáz-hozamok között csak gyenge összefüggés ($r^2=0,24$) állítható fel (4. ábra), mely a vizsgált tartományon belüli optimumra utal.

4. ábra: Az alapanyagok C/N aránya és a biogáz hozamok közötti összefüggés a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzemben 2007-2008 között

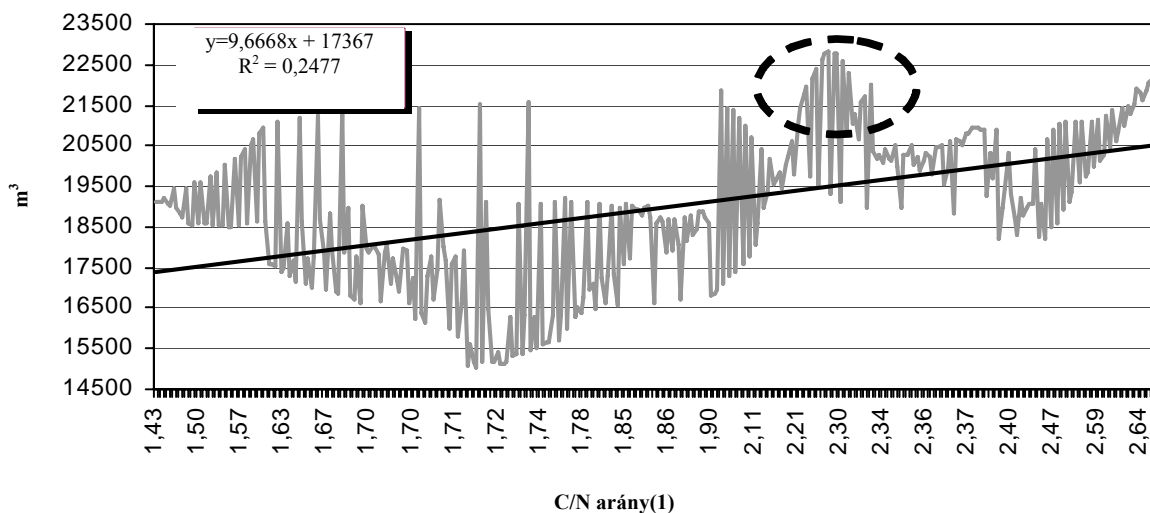


Figure 4: The connection between the meaned input C/N ratio and the biogas yield in the Regional Biogas Plant in Nyírbátor between 2007-2008
C/N ratio(1)

A nitrogén mennyiségének túlzott bevétele a biogáz-hozam csökkenését eredményezte, míg az optimális tartomány kiegyenlített, magas gáztermelést eredményezett. A maximális gázhozam

értékek – a 4. ábrán külön kiemelt szakasz – 12,2-12,35-ös C/N arányoknál jelentkeztek, mely a szakirodalmi adatoktól jelentős mértékben eltér, ezért tervezzük a befolyásoló paraméterek kiszűrését, az

alanyagok elemzését további szempontok (száraz-, szervesanyag-tartalom, pH, hőmérséklet) figyelembevételével. Így pl. vizsgáljuk majd a hőmérséklet, alanyag-összetétel, pH és gázhozam adatok összefüggéseit is, valamint az input és az output anyagok minősége közötti különbségeket.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton köszönjük Dr. Petis Mihálynak, a Bátortrade Kft. igazgatójának, hogy lehetőséget adott a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzemben végzett vizsgálataink elvégzéséhez. A kutatás az Asbóth Oszkár projekt (BIOENKRF) támogatásával valósult meg.

IRODALOM

- Bai A. (szerk.) (2007): A biogáz. Száz magyar falu könyvesháza Kht. Budapest. 13-15.
- Bardiya, N.-Gaur, A. C. (1997): Effects of carbon and nitrogen ratio on rice straw biomethanation. *J. Rural Energy*. 4. 1-4: 1-16.
- Bíró, T.-Mézes, L.-Hunyadi, G.-Petis, M. (2008): Effects of biomass recipes on the output liquid phase of biogas production. *Cereal Research Communications*. 36. 2071-2074.
- Boros T. (1993): A biogáz-termelés és -felhasználás feltételei. Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár. Budapest.
- Edström, M.-Nordberg, A.-Thyselius, L. (2003): Anaerobic treatment of animal byproducts from slaughterhouses at laboratory and pilot scale. *Biochem. Biotechnol.* 109. 1-3: 127-138.
- Kacz K.-Neményi M. (1998): Megújuló energiaforrások. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest. 71-75., 144-148.
- Kovács K.-Bagi Z. (2007): A biogáz keletkezése. [In: A biogáz (szerk.: Bai A.)]. Száz magyar falu könyvesháza Kht. Budapest.
- Malik, R. K.-Tauro, P. (1995): Effect of predigestion and effluent slurry recycling on biogas production. *Indian J. Microbiol.* 35. 3: 205-209.
- Parkin, G. F.-Owen, W. F. (1986): Fundamentals of anaerobic digestion of wastewater sludges. *J. Environ. Eng.*, 112: 867-920.
- Petis M. (2005): Üzemszerű biogáz-termelés biomasszából. „Biomassza-energia” a mezőgazdaságból. Háromhatár konferencia. FVM. MGI. Nyitra. 121-124.
- Petis M. (2007): Biogázról a gyakorlatban. *Bioenergia. Bioenergetikai Szaklap. Szekszárdi Bioráma Kft. Szekszárd.* 2. 2: 21-25. (<http://www.dcc.uni-miskolc.hu/content/3/image003.jpg>)
- Petis M. (2008): Biogáz hasznosítása. *Energiapolitika 2000 Társulat. Energiapolitikai Hétfő Esték.* 2008. 02. 11. Budapest. (<http://www.enpol2000.hu/files/Petis%20Mihály-Biogáz.ppt#257,1>)
- Sembery P.-Tóth L. (2004): Hagyományos és megújuló energiák. *Szaktudás Kiadó Ház. Budapest.* 274-279.
- Tamás J.-Petis M.-Bíró T. (2006): Kutatási eredmények a biomassza regionális felmérésétől a biogáz termelés technológiai paraméterezésig. X. Nemzetközi Agrárökonómiai Tudományos napok. Károly Róbert Főiskola. Gyöngyös, CD.
- Van der Berg, L.-Kennedy, K. J. (1983): Comparison of advanced anaerobic reactors. In: *Proceedings of III. International Conference on Anaerobic digestion.* August 1983. Boston. NRCC. no. 22613.
- Yadvika, S. T.-Sreekrishnan, R.-Sangeeta, K.-Vineet, R. (2004): Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques - a review. *Bioresource technology.* 95: 1-10.
http://www.agraroldal.hu/kukorica-9_cikk.html
<http://www.aktivit.hu>
<http://www.biogas-forum.hu>
<http://www.energia.bme.hu>
<http://www.humboldt.edu>
<http://www.mosz.agrar.hu/szakert/eloener.htm>
<http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/80434e/80434E0k.htm>