

Meggyes Attila - Nagy Valéria

Komplex energiaeelőkészítés és hulladékártalmatlanítás a mezőgazdaságban

Meggyes, Attila – Nagy, Valéria:

Complex Energy Generation and the Disposal of Waste in Agriculture

After our joining the EU the sustainable agricultural development and the increase of the proportion of renewable energy sources have become a topical economic problem. In the present economic environment the private sector with its own resources cannot solve the environment protection and energetic problems in their complexity. In our paper we presented such a biogas production and utilisation method which is suitable for providing the continuous operation of the existing biogas plants, as well as for determining the parameters of biogas plants to be established. The eco-energetic system can be built up taking into consideration the specific local conditions; it does not require the transformation of the agricultural structure. The system can be expanded by the utilisation of other organic materials, in this way supporting the efficient operation. Furthermore, it can be the basic pillar of energy independence in the countryside, since the ecological aspects that were taken into account when establishing the eco-energetic system, make this system sustainable.

Keywords: *biogas production, biogas utilisation, energy, complex system, environment.*

Áttekintés. Az Európai Unióhoz való csatlakozásunkat követően a fenntartható mezőgazdálkodási fejlődés, a megújítható energiaforrások arányának növelése időszerű gazdasági problémává vált. A jelenlegi gazdasági környezetben a versenyszféra kizárólag saját erőforrásaiból a maga komplexitásában nem oldhatja meg a környezetvédelmi és energetikai problémákat. Jelen cikkünkben olyan biogáz-előkészítési és hasznosítási módszert mutatunk be, amely egyaránt alkalmas a már létező biogáz üzemek zavartalan működésének biztosítására, illetve a létesítendő biogáz üzemek paramétereinek meghatározására. Az ökoenergetikai rendszer a helyi sajátosságok és adottságok figyelembevételével építhető ki, nem igényel mezőgazdasági szerkezetváltást. A rendszer a cikkben nem tárgyalt, egyéb szervesanyag-féleségek hasznosítása által bővíthető, alátámasztva ezzel a hatékony működést, továbbá a vidéki élet energetikai függetlenségének alappillére lehet,

hiszen az ökoenergetikai rendszer kialakítása során figyelembe veendő ökológiai szempontok a rendszert fenntarthatóvá teszik.

Kulcsszavak: biogáz előállítás, biogáz hasznosítás, energia, komplex rendszer, környezet

Bevezetés

A klímaváltozás, illetve a fosszilis energiahordozók tartós és folyamatos áremelkedésének szinergikus hatására – világ- és hazai viszonylatban is – előtérbe került a megújuló energiahordozók előállításának és hasznosításának. Az alternatív energiaforrások terjedésének legfőbb indoka az energiaellátás biztonságának növelése, optimális esetben a teljes energetikai függetlenség megteremtése. Cikkünk a biogáz energetikai célú előállításával és felhasználásával foglalkozik. A biogáz létjogosultságát az energetikai szempontok mellett környezetvédelmi, EU-s elvárások és gazdasági megfontolások is indokolják, ugyanis

környezetünk állapotának megőrzése és az energiaigények hatékony, gazdaságos kielégítése a hagyományos és a megújuló energiaforrások harmonizált alkalmazásával oldható meg.

1. KUTATÁSI FELADAT, CÉLKITŰZÉS

Cikkünkben a biogáz-előállítás és hasznosítás kérdéskörének a komplexitását vizsgáljuk. Kutatásainkat a Szolnoki Főiskola Műszaki és Gépezeti Tanszékén, illetve a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszékén végeztük. A biogáz elterjedését megalapozó kutatómunka során feltételeztük, hogy adott körülményekhez és kiindulási feltételekhez hozzárendelhető olyan energia előállítási és hasznosítási technológia, amely hulladék-ártalmatlanítási szempontból is az optimális megoldáshoz közelít. Célunk volt vizsgálati eredményekkel is alátámasztani, hogy a biogáz- előállítási és hasznosítási technológiai folyamatot együttesen, komplex rendszerként kell vizsgálni. A kutatás során elvégzendő feladatok:

- a sertés hígtrágya alapon különböző adalékanyagokból előállított biogázok gázmotorokban történő hasznosíthatóságának vizsgálata energianyerési céllal, különös tekintettel a károsanyag kibocsátásra;
- hulladék-ártalmatlanítás megvalósítása komplex hasznosítás révén.

Biogáz-előállítás és hasznosítás révén a koncentráltan keletkező szerves szennyező anyagok környezetbarát hasznosítása és az energiatermelés együttesen valósítható meg. Konkrét példán keresztül bemutattuk azt is, hogy egy adott sertéstelep hígtrágya problémájának EU konform kezelésével hogyan alakítható a telep stabil energiellátó és hulladék-ártalmatlanító egységé.

2. TUDOMÁNYOS ELŐZMÉNYEK

2.1. Biomassza alapú energiatermelés – biogáz

Az energetika összetett rendszer, ennél fogva az energiatermelés és az energetikai átalakítás rendszerszemléletű gondolkodást kíván, ami

hez elsősorban szemléletváltásra van szükség. Elsődleges szempont az energiaigény minél kisebb környezetterhelés mellett történő maradóktalan kielégítése [12]. Megállapítható, hogy a szükségszerű energetikai struktúra átalakulást a biomassza alapú energetikai rendszerek jelenthetik. A különböző összetételű biomasszából történő biogáz-előállítás, illetve hozamfokozás lehetőségeivel számos hazai és külföldi kutató és kutatócsoport foglalkozott, illetve foglalkozik. Azonban a biogáz- előállítást különálló technológiaként, nem pedig komplex hasznosítási rendszer részeként kezelik. Braun, R [1] elsődlegesen az alapanyagok típusait és azok lebomlási tulajdonságait, míg [8, 11] különböző sertés hígtrágya alapú szubsztrátok anaerob lebonthatóságát és a különféle előkezelő eljárások hozamfokozó hatását vizsgálták. Mások [3, 9, 10, 14] a trágyák és a különféle növényi eredetű anyagok fermentációját tanulmányozták, kísérleteikben a pozitív szinergikus hatások magasabb fajlagos metánhozamok lehetőségét teremtették meg. Egyes kutatók [5] a sertés hígtrágya integrált mechanikai, biológiai és fizikai-kémiai kezelését kutatták. Kidolgozta az anaerob lebontás matematikai modelljét, numerikus kísérletekkel feltárta és leírta a fő szabályozó tényezőket.

2.2. Biogázok felhasználása gázmotorban

A biogáz a földgázhoz hasonló, rendkívül sokoldalúan felhasználható gáz halmazállapotú anyag, azonban a földgázhoz képest eltérő tüzeléstechnikai és összetételbeli sajátosságokkal rendelkezik, ezért a földgáztüzeléshez képest eltérő feltételrendszert kíván [6]. A biogáz felhasználásának egyik módja a belsőégésű motorban történő hasznosítás. A tüzeléstechnikai célú kutatások meghatározó hazai bázisintézményei az inert tartalmú, alacsony fűtőértékű gázok – közöttük a biogázok – eltüzelésének lehetőségeit, alkalmazásuk műszaki-gazdasági hatását vizsgálják, illetve elemzik a biogáz tüzeléstechnikai tulajdonságait [7, 17]. Sándor Imre [16] már az 1960-as években végzett kísérleteket a gázmotorok szükségességének indokolására. Neyeloff, S - Gunkel, V [13] a

biogázok égésének modellezésével, szimulációjával foglalkozott, illetve vizsgálta a szén-dioxid gyulladási határra gyakorolt hatását. Egy kutatócsoport [15] azt vizsgálta, hogy a biomasszából előállítható bio-tüzelőanyag milyen feltételek mellett alkalmazható belsőégésű motorok hajtóanyagaként. Földgázzal, biogázzal, illetve azok keverékeivel üzemeltetett négyütemű egyhengeres motor működését és károsanyag-kibocsátását vizsgálták.

Mások [4] kísérleteiket egyhengeres négyütemű szikragyújtású üzemmódban működteztetett motorral végezték állandó fordulatszámú növekvő kompresszióviszony, adott CO₂ tartalom (37,5%) és adott légviszony tényező (0,97) mellett. A kompresszióviszony növelése intenzíven növekvő NO_x és HC kibocsátást okozott. [2] további vizsgálatokat is végzett változó CO₂ tartalom mellett. Megállapította, hogy növekvő CO₂ arány csökkenő NO_x kibocsátást eredményez, mely az égési sebesség és az égési csúcs-hőmérséklet csökkenésének köszönhető.

3. A KUTATÁS MÓDSZEREI ÉS EREDMÉNYEI

A biogáz-előállítási és hasznosítási kutatások együttes bemutatása révén a mezőgazdaság és az energetika egymásmellettségét kívántuk érzékeltetni, mintegy rámutatva a néhány száz

egyedes sertésstelepek hulladék problémájára, illetve a sertés hígrágya EU konform kezelési módjának megvalósíthatóságára, továbbá egy stabil energiatermelő egység kialakításának lehetőségére.

A Szolnoki Főiskola mezőtúri telephelyén végzett kutatásaink eredményei feltárják, hogy a sertés hígrágya és a különböző adalékanyagok fermentációjával mennyi és milyen összetételű biogáz keletkezik, hogyan lehet úgy üzemeltetni a fermentorokat, hogy a hasonló technológiát megvalósító üzemek az adott felhasználási lehetőségeknek megfelelő mennyiségű és összetételű biogázt termeljenek. A biogázok szikragyújtású belsőégésű motorban történő hasznosítása során információ gyűjtendő arról, hogy a különböző alap- és adalékanyagokból származó biogázok milyen hatással vannak a gázmotorok üzemére, különös tekintettel a károsanyag-kibocsátásra.

Kísérleti variánsokat dolgoztunk ki különböző növényi eredetű adalékanyagok felhasználásával sertés hígrágya bázisú biogáz előállításra. Az intenzív hozamfokozás nem ment a minőség (metántartalom) rovására, azonban a metántartalom stabilitása adalékanyag függő. Az 1. táblázat azokat a kísérleti variánsokat tartalmazza, amelyekből potenciálisan energianyerésre alkalmas mennyiségű és minőségű biogáz állítható elő.

1. táblázat A kiválasztott kísérleti variánsok

VARIÁNSOK JELE	SERTÉS HÍGRÁGYA	BAKTÉRIUM	CUKORCIROK PRÉSMARADVÁNY	GYÜMÖLCS TÖRKÖLY (eltérő arányban)	KUKORICA TÖRKÖLY	ÁTLAGOS BIOGÁZ MENNYISÉG [dm ³ /kg szszá], METÁNTARTALOM [%]
C/V.	+	-	+	-	-	417 52,0-59,0
E/VII.	+	+	-	-	+	589 52,2-59,5
F/I.	+	-	-	+ (50%)	-	512 62,5-74,9
F/II.	+	-	-	+ (25%)	-	453 66,8-77,1

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Jendrassik György Hőtechnikai Laboratóriumában végzett kutatómunkánk célkitűzése annak feltérképezése volt, hogy a különböző kísérleti variánsokkal előállított biogázok milyen hatással vannak a gázmotorok üzemére?

A különböző metántartalmú biogázokkal végzett kísérletek eredményei azt mutatják, hogy az általunk kidolgozott kísérleti variánsokkal előállított 60-72% metántartalommal rendelkező biogázok biztonságosan elégethetők hagyományos földgázmotorban. A biogázok metántartalmának csökkenésével (CO_2 tartalmának növekedésével) a gázmotor működési tartománya szűkül és a nagyobb légfeleslegek (1,2-1,6) irányába tolódik, az effektív teljesítmény értékek csökkennek (10-15%-kal) és kismértékben romlik (2-4%-kal) a hatásfok. Kísérleteink során azt is megállapítottuk, hogy a kidolgozott kísérleti variánsokkal előállított biogázok felhasználása esetén a gázmotor $\lambda=1,2-1,6$ légfelesleg tényező tartományban való működtetése kisebb károsanyag-kibocsátást eredményez.

4. KOMPLEX ENERGIAELŐÁLLÍTÁS ÉS HULLADÉK-ÁRTALMATLANÍTÁS

A megújuló energiaforrások előállítását és hasznosítását nemcsak energiapolitikai, környezetvédelmi, versenyképességi, hanem vidékfejlesztési szempontok is indokolják. Ennek okán olyan kutatási eredményeket mutatunk be, amelyek ígéretesek a már üzemelő energia-termelő és egyben hulladék-ártalmatlanító biogáz létesítmények zavartalan és hatékony működésének elősegítésére, biztosítására. Kutatómunkánk új érdeme, hogy a biogáz komplex biológiai előállítási és gázmotoros hasznosítási technológiai kísérleteivel a komplex ökológiai szemlélet szükségességét is igazoltuk. Kutatási eredményeink alapján megállapítható, hogy:

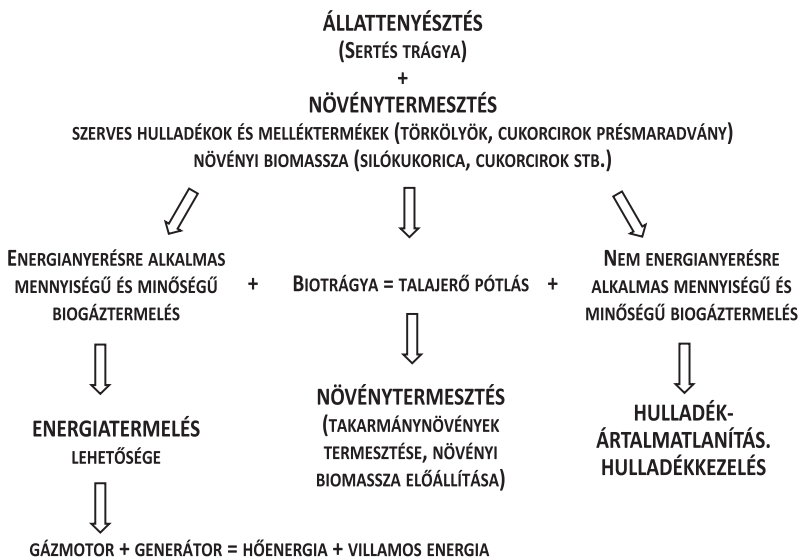
- az alapanyagok és a növényi eredetű adalékanyagok keverékeiből előállítható biomassza anaerob fermentációja révén gázmotoros hasznosításra alkalmas mennyiségű és minőségű biogáz nyerhető;
- az alkalmazott kísérleti variánsokkal kedvező feltételek teremthetők egy lehetséges megújuló energiaforrás – biogáz – üzemi szintű előállításához, illetőleg a biogáz előállításával egyidejűleg a hulladékártalmatlanítás is megvalósul.

4.1. Komplex biogáz-előállítás és hasznosítási rendszer

A kísérleti variánsok kidolgozásával megalkotunk egy komplex biogáz-előállítási és hasznosítási rendszert, amely segítségével mind az energetikai, mind pedig a környezetvédelmi célok együttesen érvényesíthetők. Az optimális megoldás érdekében a két célfüggvény változását is együtt szükséges elemezni, figyelembe véve, hogy a komplex optimalizálás súlypontja éppen a környezetbarát energetikai hasznosítás. Amennyiben nem biztosítható a kísérleti variánsok beállításához szükséges inputanyagok mennyisége és/vagy minősége, úgy csökkenhet az energiakihozatal, és háttérbe szorulhat a hulladék-ártalmatlanítás is. A biogáz előállító és hasznosító rendszerbe adaptált energia körforgalom modelljének vázlata az 1. ábrán (Lásd a 83. o.) látható egy alternatív mezőgazdasági rendszert feltételező állattartó telep példáján bemutatva.

A rendszer súlypontja az integrált hulladékgazdálkodás, a környezetbarát energetikai hasznosítás, ezek előnyei a lokális és globális környezetvédelmi eredményekben, külső hatásoktól független energiatermelésben, a vidéki területek népességmegtartó képességének javulásában rejlenek, valamint ökológiai és ökonómiai szempontból is optimum közeli megoldás, továbbá a zárt körfolyamat megvalósítására helyezi a hangsúlyt.

1. ábra. Biogáz előállító és hasznosító teleprendszer komplex folyamatábrája



4.2. Eredmények gyakorlati hasznosíthatósága

Feltételeztük, hogy egy adott gazdaságban, ahol 500-800 sertést tartanak, a sertés hígrágya mennyisége 1277,5 t/év, amely önmagában azonban nem elegendő a rendszer energiaellátását biztosító biogáz mennyiség és tüzelőanyag minőség előállításához, ezért egyéb mezőgazdasági eredetű melléktermékek és hulladékok, illetve energetikai célnövények adalékolása is szükséges. Lévé, hogy a biogáz üzemek folyamatos üzemeltetésük, ezért a hozamfokozó szervesanyag-ellátásukról az egész éves termelési ciklus folyamán gondoskodni kell. A kísérleti variánsok kidolgozása során szerves anyag adalékként mezőgazdasági eredetű melléktermékeket és hulladékokat alkalmaztunk. A megnövekedett biogázhozam

(metánhozam) mellett a kiegyenlített termelés, valamint az adott gazdaságban hulladékká vált szerves anyagok ártalmatlanításának lehetősége is fontos szerepet kapott a kiválasztásnál. A 2. táblázat a kísérleti variánsok megvalósítása során alkalmazott sertés hígrágya, illetve a szerves adalékanyagok éves szinten szükséges mennyiségét tartalmazza.

2. táblázat Szerves anyagból „energia”

ENERGIA ELŐÁLLÍTÁSRA ALKALMAS SZERVES ANYAGOK	SZERVESANYAG FÉLESÉG MENNYISÉGE [tonna/év]	KINYERHETŐ METÁN ÁTLAGOS MENNYISÉGE [m ³ /nap]
SERTÉS (HÍG)TRÁGYA	1277,5	Σ 130,7
GYÜMÖLCS TÖRKÖLY	219	
KUKORICA TÖRKÖLY	43,8	
CUKORCIROK PRÉSMARADVÁNY	18,25	
SILÓKUKORICA	25,55	

A táblázatban szereplő szerves anyagok nagy része a gazdaságban megtermelhető, továbbá a betakarítási időszakon (augusztus-november) kívül is rendelkezésre áll, ugyanis a rendszer zavartalan működése silótornyokban tárolt mezőgazdasági hulladékokkal, illetve élelmiszeripari, alkoholipari melléktermékekkel biztosítható. A gazdaság saját hulladékán felüli hiányzó szerves anyag mennyiség kezeletlen hulladék formájában rendelkezésre áll a mezőgazdaságban, illetve beszerezhető az alkoholiparból.

Az előbbiek alapján megállapítható, hogy mindenfajta szerves anyag lebontható a biogáz üzemben, azonban energetikai hasznosítási célú biogáz-előállítás szempontjából csak azoknak a szerves anyagoknak van létjogosultságuk, amelyek gyorsan lebomlanak és kellő mennyiségben állnak rendelkezésre a gazdaságban.

A telepen rendelkezésre álló kapacitás 2 db 115 m³ (átmérő 7 m, magasság 3 m) fermentortérfogatból és kb. 1600 t/év többkomponensű biomassa felhasználásból áll, amely fermentor m³-enként ~2,22 kg szerves szárazanyag napi terhelésnek felel meg. A keletkező biogáz fűtőértéke a szerves szárazanyagra vonatkoztatott metánkihozatal, vagyis a keletkező biogáz mennyisége, illetve annak metántartalma alapján határozható meg: a hozam, illetve a metán arányának növekedésével az energetikai érték is növekszik. A fentiek alapján átlagosan ~130,7 m³ metán termelődik naponta. 1 m³ gáztechnikai normálállapotú metán fűtőértéke ~34,014 MJ/Nm³. Például Micro F22 AP típusú gázmotort alkalmazva és napi 18 órás üzemidőt, valamint ~86%-os terhelést feltételezve ~130 m³/nap metánmennyiség (~216 m³/nap biogáz mennyiség) szükséges, melyből ~27,3 kW hőteljesítmény és ~14,5 kW elektromos teljesítmény állítható elő, figyelembe véve, hogy a gépegység összehatófok értéke 90,5%. Az így termelt elektromos- és hőenergia egy része felhasználható a telep, illetve a kialakított fermentorrendszer egyedi igényeire,

például fűtés, fermentorok temperálása stb. A termelt energiából saját hőenergia felhasználás 30%, saját villamosenergia-felhasználás 5%. A többlet villamosenergia hálózatra termelhető, míg a keletkező hőfelesleg folyamatos hasznosításának problémája akadályozó gyakorlati tényező lehet, azonban téli időszakban fűtésre, nyári időszakban például lucernaszárításra, szemestermény szárításra használható. Az előzőek alapján megállapítható, hogy optimális esetben a telep energetikailag teljesen függetleníthető.

A fermentálási maradékkal (biotrágya) a cirok, a silókukorica, illetve az egyéb takarmánynövények termesztésének tápanyagigénye szinte teljes egészében biztosítható. A kijuttatás ugyanis segíti a természetes körforgalmat, egyrészt mert értékes tápanyagok találhatóak benne (alkalmazásával javítható a talajszerkezet), másrészt pedig nem halmozunk fel hulladékot.

Az alacsonyabb metántartalommal rendelkező biogázt eredményező kísérleti variánsok tulajdonképpen a szerves hulladékok kezelése és ártalmatlanítása szempontjából a fenntartható fejlődés elveit szolgálják. Ez már önmagában is elegendő ok és indok a környezeti és energetikai szempontú optimalizálás lehetőségének megteremtésére. Hiszen mindannyian tudatában vagyunk a környezetünket fenyegető környezetkárosító hatásoknak, s azt is tudjuk, hogy minden felelősen gondolkodó ember kötelessége, hogy ezen ártalmakat az általa igénybe vehető eszközökkel visszaszorítsa.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A kísérleti variánsok kidolgozásával megalkotunk egy komplex biogáz-előállítási és hasznosítási rendszert, amelynek segítségével mind az energetikai, mind pedig a környezetvédelmi és hulladék-ártalmatlanítási célok együttesen érvényesíthetők. Az optimális megoldás ér-

dekében az előállítási és hasznosítási oldalt együttesen szükséges elemezni, figyelembe véve, hogy a komplex optimalizálás súlypontja éppen a környezetbarát energetikai hasznosítás. Amennyiben ugyanis nem biztosítható a kísérleti variánsok beállításához szükséges inputanyagok mennyisége és/vagy minősége, úgy csökkenhet az energiakihozatal és háttérbe szorulhat a hulladék-ártalmatlanítás is.

Irodalomjegyzék

- [1] BRAUN, R: Biogas-Methangärung organischer Abfallstoffe, Springer Wien, 1982
- [2] CROOKES, R. J.: Comparative bio-fuel performance in internal combustion engines; In: Biomass and Bioenergy, Volume 30, Issue 5, May 2006, p 461 – 468
- [3] GUNASEELAN, V N: Anaerobic digestion of biomass for methane production: A review; In: Biomass & Bioenergy 1997/13(1-2), p 83-114
- [4] HUANG, J – CROOKES, R J: Assessment of simulated biogas as a fuel for spark ignition engine; In: Fuel, Volume 77, Issue 15, 1998, p 1793 – 1801
- [5] KALYUZHNYI, S et al.: Integrated mechanical, biological and physico-chemical treatment of liquid manure. In: Water Science and Technology 2000/41(12), p 175-182
- [6] KAPROS TIBOR: Biogáztüzelés az ipari berendezésekben. In: Biogáz-előállítás és –felhasználás I. évf. 2009/1. szám p 38-41
- [7] KEREK ISTVÁN – RIBA DEZSŐ: Biogáz tüzelőberendezések fejlesztése. XXXV. Ipari Szeminárium, Miskolc 1999.
- [8] LLABRÉS-LUENGO, P – MATA-ALVAREZ, J: Influence of temperature, buffer, composition and straw particle length on the anaerobic digestion of wheat straw-pig manure mixtures; In: Resources, Conservation and Recycling, Volume 1, Issue 1, 1988 p 27-37
- [9] LEHTOMÄKI, A – HUTTUNEN, S – RINTALA, J A: Laboratory investigations on co-digestion of energy crops and crop residues with cow manure for methane production; In: Resources, Conservation and Recycling, Nov 2006, p 1 – 19
- [10] MATA-ALVAREZ, J – MACE, S – LLABRES, P: Anaerobic digestion of organic solid wastes. In: Biores Technol 2000/74, p 3-16
- [11] MÜLLER J ET AL.: Thermische, chemische und biochemische Desintegrationsverfahren. In: Korresp Abwasser 2003/50:796–804
- [12] NEMCSICS ÁKOS: A műszaki ökológia. In: Természetbúvár, 2003/1. p 37
- [13] NEYELOFF, S – GUNKEL, W: Performance of a CFR engine burning simulated anaerobic digester's gas. ASAE Publication 1981/2, p 324-329
- [14] PANICHNUMSIN, P – NOPHARATANA, A – AHRING, B – CHAIPRASERT, P: Production of methane by co-digestion of cassava pulp with various concentration of pig manure; In: Biomass and Bioenergy, Volume 34, Issue 8, 2010 p 1117-1124
- [15] PORPATHAM, E – RAMESH, A – NAGALINGAM, B: Investigations on the use of biogas and LPG in a spark ignition engine; PRITHVI International conference on environment friendly transportation, Trivandrum, India, 24-25 February, 2005
- [16] SÁNDOR IMRE: A mezőgazdaság, mint motorikus gázenergiaforrás; In: Járművek, Mezőgazdasági Gépek, 12. évf. 1965/3. szám, p 107-109
- [17] SELMECI JÓZSEF: Inert tartalmú gázok eltüzelésével kapcsolatos kísérleti tevékenység. XXXIV. Ipari Szeminárium, Miskolc 1998.