

KONVERZIJA ORGANSKOG GNOJA U BIOPLIN

D. Brdarić⁽¹⁾, *D. Kralik*⁽²⁾, *S. Kukić*⁽³⁾, *R. Spajić*⁽⁴⁾, *G. Tunjić*⁽⁵⁾

Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper

SAŽETAK

Jedno od obećavajućih alternativnih energetske rješenja je proizvodnja bioplina anaerobnom razgradnjom organskog otpada, naročito iskorištenjem organskog gnoja kod uzgoja životinja, te drugih ostataka iz poljoprivredne proizvodnje. Prema podacima o stočarskoj proizvodnji u vremenu od 2005. do 2007. godine, dnevna količina životinjskih ekskremenata u RH, na bazi broja uvjetnih grla (UG) iznosi 784 015,26 m³. Cilj rada je utvrditi mogućnost proizvodnje bioplina iz najzastupljenijih vrsta domaćih životinja u RH. Anaerobnom fermentacijom u trajanju od 40 dana pri mezofilnim uvjetima proizvedeno je iz 1 kg goveđe gnojovke 31 litra bioplina, a iz svinjske gnojovke 14,83 litre bioplina. Iz naših istraživanja slijedi da bi se u RH godišnje (na bazi broja UG) moglo proizvesti 426.995.250,00 Nm³ bioplina. S obzirom da je RH prisiljena uvoziti većinu energenata, korištenjem bioplina smanjio bi se uvoz pojedinih energenata što je naročito vidljivo kod uvoza el. energije.

Ključne riječi: stočarska proizvodnja, bioplin, goveđa gnojovka, svinjska gnojovka

UVOD

Stočarska proizvodnja je značajna poljoprivredna grana koja osigurava sirovine za prehrambenu, tekstilnu, farmaceutsku i kemijsku industriju. Međutim stočarska je proizvodnja, s obzirom na koncentraciju velikog broja životinja na malom prostoru, potencijalni zagađivač okoliša. Velike koncentracije stajskog gnoja ugrožavaju tlo, atmosferu, nadzemne i podzemne vode, stoga su propisane norme o potrebnim minimalnim površinama po jednom UG. Republiku Hrvatsku kao zemlju kandidata za članicu EU očekuje prilagođavanje zakonskim odredbama i normama koje su važeće u zemljama EU. Maksimalni broj UG po jednom hektaru je 2 UG, zbog čega uzgajivači životinja moraju transparentno prikazati način zbrinjavanja stajskog gnoja. Postoji nekoliko načina zbrinjavanja: od apliciranja stabilizirane gnojovke direktno u tlo, apliciranja organskog gnojiva na tlo, prerade stajskog gnoja u kompost ili anaerobnom fermentacijom proizvoditi bioplin i organsko gnojivo. Cantrell (2008.) navodi pogodnost korištenja životinjskog otpada za produkciju bioenergije. Stajski gnoj je smjesa gustih i tekućih izmeta domaćih životinja i stelje. Vrijednost stajskog gnoja ovisi o vrsti životinje, vrsti prehrane, starosti životinje, vrsti stelje, postupku skladištenja i načinu primjene na polju. Prosječan sastav je: 0,20-0,60% dušika (N₂), 0,04-0,30% fosfora (P₂O₅), 0,10-0,80% kalija (K₂O), 0,07-1,00% kalcija (CaO) i 0,03-0,06% magnezija (MgO). Prisutni su i sastojci bora, cinka, molibdena i mangana u manjim količinama. Stajski gnoj možemo razvrstati po porijeklu na: goveđi, ovčji, konjski, svinjski i gnoj od peradi. Prema sadržaju vode dijelimo ga na topli i hladni. Goveđi gnoj je hladan zbog velikog sadržaja vode. Značajan je jer se najviše proizvodi. Vrlo dobar je za pješčana tla, jer povezuje raspršene čestice tla, a teža tla čini rahlijima. U tlu djeluje dulje od konjskoga, barem 3-4 godine. Tovna goveda daju najbolji stajski gnoj. Topli gnoj je gnoj konja, magaraca, ovaca, koza, mazgi i mula, a hladni gnoj je gnoj goveda i svinja. Za proizvodnju bioplina pogodan je svaki biorazgradivi materijal (gnoj, biomasa, kanalizacijski mulj, komunalni otpad i sl.). Biomasa, kao osnova, pripada u sirovinu od koje se najviše očekuje u

(1) Dario Brdarić, dipl.sanit.ing. – Zavod za javno zdravstvo Osječko-baranjske županije, Franje Krežme 1, 31000 Osijek; (2) Prof.dr.sc. Davor Kralik – Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Trg Svetog Trojstva 3, 31000 Osijek; (3) Srećko Kukić, dipl.oec. – Bioplin-Baranja d.o.o., Tina Ujevića 7, 31327 Bilje; (4) Robert Spajić - Belje d.d., Industrijska zona 1, Mece, 31326 Darda; (5) Goran Tunjić - Farma Ivankovo, P.Z. "OSATINA", Kralja Tomislava bb, 31402 Semeljci

produktivni obnovljive energije. Produkcijom bioplina iz goveđeg gnoja, govedarske farme mogu postati značajni proizvođači energije i smanjiti emisiju stakleničkih plinova sprječavajući odlazak metana u atmosferu (Uranjek, 2007.).

Bioplin je zapaljivi plin proizveden biološkim procesima, odnosno procesom anaerobne razgradnje ili fermentacije na niskim temperaturama bez prisustva zraka. Bioplin zadržava 55-80 % metana (CH₄), 20-40% ugljikovog dioksida (CO₂), u tragovima sumporovodika (H₂S) i ostale primjese (Truong, 2005.). Anaerobna fermentacija ili razgradnja je od iznimne važnosti, jer dolazi do proizvodnje bioplina iz biomase, koji može biti iskorišten u proizvodnji električne i toplinske energije (Verrier, 1983.; Mata-Alvarez, 1992.; Ahring, 2002.) uz manje emisije stakleničkih plinova (metan CH₄, dušikov oksid N₂O) i amonijaka NH₃ (Amon, 2006.). Kako bi se postigla što veća proizvodnja i kvaliteta bioplina potrebno je znati na koji način vanjski i tehnološki čimbenici utječu na sam proces.

Čimbenici su podijeljeni u tri grupe (Đulabić, 1986.):

- fizikalni tehnološki čimbenici: temperatura, tlak, usitnjenost i vrsta supstrata, vrijeme zadržavanja u fermentatoru, miješanje, otklanjanje kore sa površine supstrata;

- kemijski tehnološki čimbenici: pH, inhibitori, anaerobnost, odnos C:N, odnos suhe tvari i vode;

- biološki tehnološki čimbenici: hranjive tvari, kvaliteta metanskih bakterija.

Odnos vode i organske suhe tvari važan je u svim fazama anaerobne razgradnje. Količina vode posebice je važna u fazi hidrolize, jer je u nedostatku vode usporen rad bakterija. Ukoliko je vode previše, tada osim što je usporen rad bakterija razgradnja se ne može obaviti u predviđenom obimu pa supstrat izlazi iz fermentatora gotovo nerazgrađen (Kralik, 2006.).

Razvoj obnovljivih izvora energije važan je iz nekoliko razloga: važna uloga u smanjenju emisije ugljičnog dioksida (CO₂) u atmosferu; obveza RH u zamjeni konvencionalne energije s obnovljivim izvorima energije te na taj način povećanje energetske održivosti sustava; pomaže u poboljšavanju sigurnosti dostave energije na način da smanjuje ovisnost o uvozu energetskih sirovina i električne energije. Očekuje se da će obnovljivi izvori energije postati ekonomski konkurentni konvencionalnim izvorima energije u srednjem do dugoročnom razdoblju.

Osim za proizvodnju električne i toplinske energije, bioplin se može koristiti kao biogorivo za pokretanje motornih vozila ili kao zamjena za zemni plin (u tom slučaju mora biti pročišćen na 98% metana - biometan). Količinom bioplina proizvedenog iz jednog hektara obnovljivih sirovina, motorno vozilo može prijeći do 70.000 km (Schulte-Schulze, 2005.). Iako najnovija istraživanja Food and Agriculture Organization (FAO) govore da će zalihe nafte potrajati za još 44, a zemnog plina 74 godine, u svijetu se trenutno upotrebljava svega 6-13 % ukupne energije iz biomase, s trendom porasta.

MATERIJAL I METODE

Radi utvrđivanja potencijala proizvodnje bioplina iz goveđe i svinjske gnojovke, korišteni su svježi uzorci gnoja s govedarske i svinjogojске farme. Prema Thompsonu (2001.) određen je sadržaj krute tvari, postotak vlage, sadržaj pepela i organske tvari. Elektrokemijskim mjerenjem utvrđen je pH. Istraživanje je postavljeno u diskontinuiranim bioreaktorima (zapremine 1000 ml) pri mezofilnim uvjetima (40°C) u tri ponavljanja. Retencijsko vrijeme zadržavanja supstrata je 40 dana. Proizvedeni bioplin, kroz zasićenu otopinu, prikupljan je u potopljenim graduiranim posudama. Svakodnevno je očitana količina proizvedenog plina. Proizvedeni plin je analiziran plinskim kromatografom Varian 3900 prema modificiranoj metodi HRN ISO 6974-4:2000. Plinskom kromatografijom detektiran je udio (%): N, CO₂, i CH₄. Za određivanje udjela H₂S koristio se Vortex i senzor za plin Xgard-model-1-H₂S.

REZULTATI I RASPRAVA

Prema statističkom godišnjaku, 2007. godine u RH broj goveda je 467.000, a svinja 1.348.000 (Tablica 1.), preračunato u uvjetna grla (UG) goveda je 345.590, a UG svinja 412.620 (Tablica 2.). Po broju uvjetnih grla najviše su zastupljene svinje.

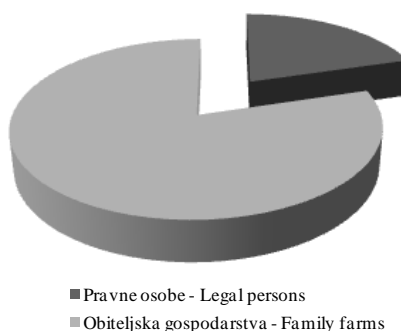
Tablica 1. Broj životinja u Republici Hrvatskoj u 2007. godini*Table 1. Number of animals in Republic of Croatia in 2007*

Ukupan broj životinja (000) <i>The total number of animals (000)</i>	Goveda <i>Cattle</i>	Svinje <i>Pigs</i>	Konji <i>Horses</i>	Ovce <i>Sheep</i>	Perad <i>Poultry</i>
11882	467	1348	14	646	10053

Tablica 2. Broj uvjetnih grla u Republici Hrvatskoj u 2007. godini*Table 2. Number of livestock unit (LSU) in Republic of Croatia in 2007*

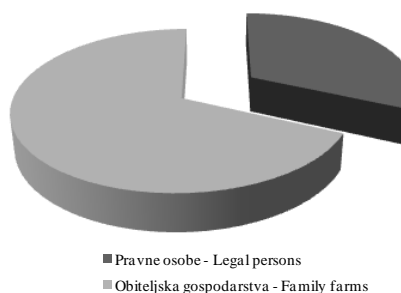
Ukupno UG (000) <i>The total number of LSU (000)</i>	Goveda <i>Cattle</i>	Svinje <i>Pigs</i>	Konji <i>Horses</i>	Ovce <i>Sheep</i>	Perad <i>Poultry</i>
874, 29	345, 59	412, 62	16, 80	54.,42	44, 86

Prema zastupljenosti životinja po gospodarstvima gdje se uzgajaju i dalje je najveća koncentracija životinja na malim privatnim obiteljskim gospodarstvima. U 2007. godini uzgojen je veći broj goveda u obiteljskim gospodarstvima (79,66 %), za razliku od broja goveda uzgojenih od strane pravnih osoba (20,34 %) (Grafikon 1.).

Goveda - Cattle**Grafikon 1. Odnos uzgojenih goveda između obiteljskih gospodarstava i pravnih osoba u 2007. godini***Graph 1. Relation of cultivated cows between family farms and legal persons in 2007*

Veća zastupljenost svinja je na obiteljskim gospodarstvima (68,25 %), dok je broj svinja uzgojenih od strane pravnih osoba manji (31,75 %) (Grafikon 2.).

Koncentracija životinja na velikim farmama (pravne osobe) kreće se od 20 do 30 % u odnosu na male farme (obiteljska gospodarstva).

Svinje - Pigs**Grafikon 2. Odnos uzgojenih svinja između obiteljskih gospodarstava i pravnih osoba u 2007. godini***Graph 2. Relation of cultivated pigs between family farms and legal persons in 2007*

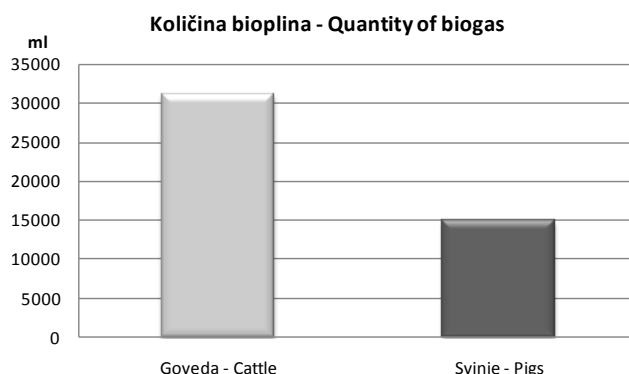
Dnevna količina životinjskih ekskremenata u RH, na bazi broja uvjetnih grla (UG) iznosi 784.015,26 m³, što je oko 286.165.569,9 m³ godišnje, od čega 5.535.225 m³ gnoja dolazi iz svinjogojske proizvodnje. Ta količina je zanemariva u usporedbi s navodima Sevrin-Reyssac o proizvodnji svinjskog gnoja u Francuskoj (19 milijuna tona na godinu) (Sevrin-Reyssac, 1995.).

Iz obiteljskih gospodarstava i pravnih osoba lako je organizirati prikupljanje otpada zbog velike količine otpada na malom prostoru, što predstavlja opterećenje za okoliš zbog visokih koncentracija suspendiranih tvari, kemijske potrošnje kisika, dušikovih i fosfornih spojeva (Zhang, 1997., Boopathy, 1998.).

Jedno UG goveda dnevno izluči 45,99 litara fekalija. Istraživanjima je utvrđeno da je moguće proizvesti 1.427,89 litara bioplina po jednom UG goveda, odnosno 1,43 Nm³ po UG. U svinjogojskoj proizvodnji jedno UG svinje dnevno izluči 50 litara fekalija. Prema istraživanjima ostvarena je proizvodnja od 741,67 litara bioplina po jednom UG svinje, odnosno 0,74 Nm³ po UG. Prema literaturnim podacima jedno UG goveda dnevno proizvede 1,20 Nm³ po UG, a jedno UG svinje može dnevno proizvesti 1,3 Nm³ (Đulabić, 1986.).

Grafikonom 3. prikazana je kumulativna količina bioplina proizvedena tijekom hidrauličkog retencijskog vremena (HRT) u trajanju od 40 dana. U našem istraživanju količina proizvedenog bioplina kod govedeg gnoja je 31.045,89 ml, a iz svinjskog gnoja 14.833,33 ml (Grafikon 3.). Usporedbom naših rezultata proizvodnje bioplina iz svinjskog gnoja, s literaturnim podacima, ostvarena je slabija proizvodnja bioplina u našim istraživanjima za 43%, iako je u jednom ponavljanju ostvarena proizvodnja od 1,13 Nm³ po UG što približno odgovara literaturnim podacima.

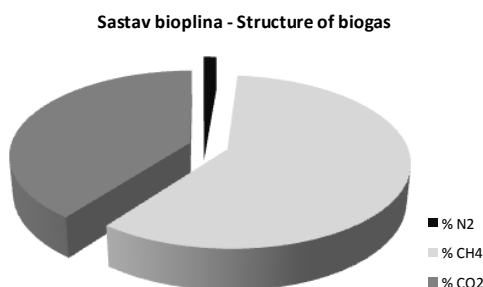
Anaerobni bioprocesi široko su korišteni i u tretiranju otpadnih voda sa svinjogojskih farmi zbog stabiliziranja organske tvari u proizvodnji bioenergije u obliku metana (Hwang, 2001.; Angenent, 2002.; Ahring, 2003.).



Grafikon 3. Količina bioplina iz govedeg i svinjskog gnoja u periodu od 40 dana

Graph 3. Quantity of biogas from cows and pigs manure

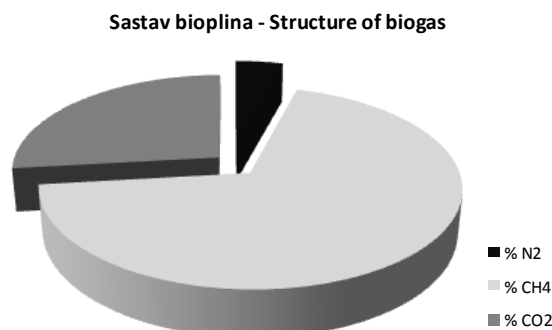
Sastav bioplina dobivenog iz svinjske gnojovke iznosio je: 1,35 % dušika (N₂), 59,02 % metana (CH₄) i 39,63 % ugljikovog dioksida (CO₂) (Grafikon 4.).



Grafikon 4. Sastav bioplina od svinjske gnojovke

Graph 4. Structure of biogas from pigs manure

Kod bioplina dobivenog iz goveđe gnojovke količine dušika (N_2) i metana (CH_4) su veće nego iz svinjske gnojovke, dok je količina ugljikovog dioksida (CO_2) bila manja. Sastav bioplina dobivenog iz goveđe gnojovke iznosio je: 4,35% dušika (N_2), 68,83 % metana (CH_4) i 26,81% ugljikovog dioksida (CO_2) (Grafikon 5.).



Grafikon 5. Sastav bioplina od goveđe gnojovke

Graph 5. Structure of biogas from cows manure

Energetska vrijednost bioplina ovisi o odnosu količine metana (CH_4) i ugljikovog dioksida (CO_2), što iznosi 20-25 MJ/Nm³. Od 1 Nm³ bioplina dobije se oko 6-8 kWh energije. Energetska vrijednost bioplina ovisi o koncentraciji metana (CH_4):

1. bioplin s 56% metana – vrijednost 20 MJ/Nm³,
2. bioplin s 62% metana – vrijednost 22,1 MJ/Nm³,
3. bioplin s 70% metana – vrijednost 25 MJ/Nm³.

Iz naših istraživanja moguće je ostvariti 532.380,99 Nm³ bioplina iz govedarske proizvodnje i 394.290 Nm³ svinjogojske proizvodnje. Moguće je ostvariti 61.134,97 kWh električne energije dnevno iz goveđe gnojovke, a iz svinjske 21.628,05 kWh. Toplinska energija, proizvedena iz goveđeg gnoja iznosi 72.381,50 kWh, a iz svinjskog gnoja 25.606,79 kWh, što je ukupno približno 98 MWh toplinske energije. Na farmama u vlasništvu pravnih osoba (lakše prikupljanje gnojovke), moglo bi se proizvesti 19,33 – 22,50 MWh električne energije i 22,85 – 26,64 MWh toplinske energije.

Na bazi ukupnog broja uvjetnih grla svinja i goveda, prema našim rezultatima, moguće je izgraditi 83 bioplinska postrojenja snage 1 MW.

ZAKLJUČAK

Proizvodnja bioplina iz stajskog gnoja osigurava očuvanje okoliša i dobra tehnološka rješenja za zbrinjavanje otpada koji se pretvara u iskoristivu energiju. Takav način prerade otpada smanjuje troškove uvoza energije i naftnih derivata. Proizvodnjom bioplina iz goveđeg i svinjskog gnoja farme mogu postati proizvođači električne i toplinske energije te na taj način smanjiti misiju stakleničkih plinova i spriječiti odlazak metana u atmosferu. Na bazi ukupnog broja goveda i svinja u RH moguće je izgraditi 83 bioplinska postrojenja od 1MW. Koristeći gnoj samo s farmi u vlasništvu pravnih osoba (veća koncentracija životinja – lakše prikupljanje gnoja), moguće je proizvesti 19,33 – 22,50 MWh električne energije i 22,85 – 26,64 MWh toplinske energije. Korištenjem bioplina smanjila bi se koncentracija ugljikovog dioksida u atmosferi, jer se smanjuje potrošnja fosilnih goriva. Isto tako Hrvatska bi ostvarila svoje obveze prema EU u zamjeni konvencionalnih goriva s obnovljivim izvorima te povećala broj zaposlenih.

LITERATURA

1. Ahring, B.K. (2003): Perspectives for anaerobic digestion. In: Ahring, B.K. (Ed.), Biomethanation. Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin, New York, pp. 3–7.
2. Ahring, B.K., Mladenovska, Z., Iranpour, R., Westermann, P. (2002): State of the art and future perspectives of thermophilic anaerobic digestion. Water Sci Technol; 45:298-308.

3. Amon B., Kryvoruchoko V, Moitzi G, Amon T. (2006): Greenhouse gas and ammonia emission abatement by slurry treatment. *Int Congress Ser*;1293:295–8.
4. Angenent, L.T., Sung, S., Raskin, L. (2002): Methanogenic population dynamics during startup of a full-scale anaerobic sequencing batch reactor treating swine waste. *Water Research* 36:4648–4654.
5. Boopathy, R. (1998.): Biological treatment of swine waste using anaerobic baffled reactors. *Bioresource Technology* 64:1–6.
6. Cantrell K.B., Ducey T, Ro KS, Hunt PG. (2008): Livestock waste-to-bioenergy generation opportunities. *Bioresource Technology*; 99:7941–53.
7. Đulabić, M. (1986.): Biogas, dobijanje, korišćenje i gradnja uređaja, Tehnička knjiga, Beograd.
8. Hwang, S., Lee, Y., Yang, K. (2001): Maximization of acetic acid production in partial acidogenesis of swine wastewater. *Biotechnology and Bioengineering* 75:521–529.
9. Kralik D., Tolušić Z., Kralik I., Majkovčan I. (2006.): Zootehnički i ekonomski aspekti proizvodnje bioplina iz svinjske gnojovke. *Krmiva* 48, Zagreb, 3:107-112
10. Mata-Alvarez J., Cecchi F., Llabres P., Pavan P. (1992): Anaerobic digestion of the Barcelona central food market organic waste: plant design and fermentability study. *Bioresour Technol.* 42:33–42.
11. Schulte-Schulze, A.B. (2005): Stand der Technik zur Nutzung von aufbereitetem Bio- und Klargas in Europa – Anwendungsbeispiele aus Schweden und der Schweiz, *Proceedings of Conference "Kraftstoffe der Zukunft"*, Block III 1-9, Berlin, Deutschland.
12. Sevrin-Reyssac, J., de la Noue, J., Proulx, D. (1995): *Le recyclage du lisier de porcs par lagunage* Lavoisier, Paris.
13. Thompson, W.H. (ed.) (2001): *Test Methods for the Examination of Composting and Compost*. The United States Composting Council Research and Education Foundation. The United States Department of Agriculture.
14. Truong, L.V.A., Abatzoglou, N. (2005): A H₂S reactive adsorption process for the purification of biogas prior to its use as a bioenergy vector. *Biomass Bioenergy* 29(2):142–51.
15. Uranjek, N., Kralik, D., Kanižai, G., Vukšić, M. (2007.): Proizvodnja bioplina iz govede gnojovke, *Krmiva* 49(4):215-219
16. Verrier, D., Ray, F., Florentz, M. (1983): Two stage anaerobic digestion of solid vegetable wastes: bench-scale studies. In: *Proceedings of the 3rd international symposium of anaerobic digestion*, 17-19 Aug., Boston, USA.
17. Zhang, R.H., Yin, Y., Sung, S., Dague, R.R. (1997): Anaerobic treatment of swine waste by the anaerobic sequencing batch reactor. *Transactions of the ASAE* 40:761–767.

CONVERSION OF ORGANIC MANURE INTO BIOGAS

SUMMARY

Production of biogas with anaerobic degradation from organic waste is one of the pledge alternative energetic solutions, especially from organic manure made from animal farming and other residuals of agricultural production. According to 2005 livestock manufacture data daily quantity of animal excrements in Croatia, based on LSU number, is 784 015.26 m³. The aim of this paper is to determine the possibility of production of biogas from the most common types of domestic animals in Croatia. Anaerobic fermentation period of 40 days in mesophilic conditions produced from 1 kg of beef, 31 litres of biogas slurry and from pig slurry 14.83 litres of biogas. From our study it follows that the Republic of Croatia (based on the number of UG) could produce 426,995,250.00 Nm³ biogas annually.

Exploitation of biogas can decrease import of the referred energents, especially electric energy.

Key-words: livestock manufacture, biogas, beef manure, pork manure

(Primljeno 15. rujna 2009.; prihvaćeno 29. listopada 2009. - Received on 15 September 2009; accepted on 29 October 2009)