

## PROIZVODNJA BIOPLINA I FERMENTIRANOG OSTATKA IZ SVINJSKE GNOJOVKE

### BIOGAS AND AD RESIDUE PRODUCTION FROM PIG MANURE

**Tajana Krička, N. Voća, Vanja Jurišić, Ana Matin, Tea Brlek Savić, Nikola Bilandžija**

Izvorni znanstveni članak  
Primljeno: 20. siječnja 2009.

#### SAŽETAK

Cilj ovog rada bio je istražiti mogućnost proizvodnje bioplina i daljnjeg korištenja higijenski ispravnog fermentiranog ostatka kao biognojiva, dobivenog nakon anaerobne fermentacije svinjske gnojovke. Istraživanja su provedena na laboratorijskom bioplinskom postrojenju na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu pri mezofilnim uvjetima anaerobne fermentacije. Istraživanja su obuhvatila kemijske analize kakvoće bioplina kao goriva i fermentiranog ostatka kao gnojiva poljoprivrednih površina, sukladno Pravilniku o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (NN 91/2001) u RH. Bioplin proizveden anaerobnom fermentacijom zadovoljavajuće je kakvoće s visokom koncentracijom metana. Budući da je utvrđeno da je fermentirani ostatak svinjske gnojovke bogat hranivima, ima zadovoljavajuće N:P:K i C:N odnose, teške metale u zakonskim granicama te je higijenski ispravan, može se zaključiti da je njegova primjena u poljoprivrednoj proizvodnji (posebice u ratarstvu i travnjaštvu) kao organskoga gnojiva moguća.

**Ključne riječi:** anaerobna fermentacija, svinjska gnojovka, bioplin, fermentirani ostatak

#### UVOD

Na temelju Uredbe o kakvoći biogoriva iz 2005. godine, bioplin se definira kao plinsko gorivo koje se proizvodi od biomase i/ili od biorazgradivoga dijela otpada, koje se može pročistiti do kakvoće prirodnoga plina, da bi se koristilo kao biogorivo ili generatorski plin. Anaerobna fermentacija postaje sve atraktivniji način obrade otpada s visokim udjelom organske tvari, poput svinjske gnojovke, budući da rezultira proizvodnjom obnovljive energije, metana te visokovrijednog fermentiranog ostatka, koji se može koristiti kao biognojivo (Chae i sur., 2008).

Bioplin pak nastaje anaerobnom fermentacijom organske tvari djelovanjem anaerobnih bakterija, koje su kao mikroorganizmi prisutne u tvarima i odgovorne za proces razgradnje (Sterling i sur., 2001; Lansing i sur., 2007).

Proces anaerobne fermentacije događa se u nekoliko stupnjeva koji uključuju različite vrste bakte-

---

Prof. dr. sc. Tajana Krička, doc. dr. sc. Neven Voća, Vanja Jurišić, dipl. ing., Ana Matin, dipl. ing., Nikola Bilandžija, dipl. ing.; Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska.

rija. U prvoj fazi, hidrolitičke i fermentativne bakterije razgrađuju ugljikohidrate, proteine i masti što se nalaze u biomasi te ih prevode u masne kiseline, alkohol, ugljikov (IV) oksid, vodik, amonijak i sulfide. Ovaj stupanj se naziva hidroliza (ili likvefakcija). Potom, u drugoj fazi, acidogene i acetogene bakterije dalje razgrađuju produkte hidrolize u kiseline, vodik i ugljikov (IV) oksid. Po završetku druge faze anaerobne fermentacije, proizveden vodik omogućava da dođe do porasta parcijalnog pritiska vodika, što sprječava razmjenu tvari acetogenih bakterija. Naposljetku, u fazi metanogeneze, metanogene bakterije prevode međuprodukte u bioplin i fermentirani ostatak kao biognojivo. Metanogene bakterije karakterizira relativno uski spektar supstrata i dugo vrijeme rasta i razmnožavanja, a kisik na njih djeluje neposredno toksično (Harper i Pohland, 1986; Yu i sur., 2002).

Proces anaerobne fermentacije odvija se u fermentoru u strogo kontroliranim uvjetima (bez kisika). Međutim, zbog kompleksnosti mikrobnih interakcija, koje se odvijaju pri anaerobnoj fermentaciji, proces je vrlo teško kontrolirati (Boekhurst i sur., 1981). Brzina anaerobne fermentacije ovisi o temperaturi pri kojoj se proces odvija, a uvjeti mogu biti psihofilni (do 20 °C), mezofilni (30-44 °C) ili termofilni (45-55 °C). U praksi, bioplinska postrojenja koriste mezofilni proces, a razlog je što se proces odvija zadovoljavajućom brzinom uz mali utrošak energije.

Supstrati za proizvodnju bioplina su sve vrste biljnih materijala koji se mogu anaerobno razgraditi. U poljoprivrednim bioplinskim postrojenjima, koja rade isključivo po principu tekuće fermentacije (manje od 12% suhe tvari), kao osnovni supstrat najčešće se koristi tekući stajnjak. Naime, zbog svog sastava, tekući stajnjak stabilizira proces fermentacije i s aspekta kakvoće ujednačava odstupanja u fermentaciji. Kako bi se dobila što veća količina bioplina po 1 m<sup>3</sup> fermentora, osnovnom supstratu dodaju se drugi organski materijali kao kosupstrat. Najveći energetske potencijal imaju supstrati koji sadrže masti i ulja. Vrijednost supstrata ocjenjuje se prema potencijalu za proizvodnju metana, brzini razgradnje i potencijalnom riziku s obzirom na štetne tvari, odnosno prisutnost patogenih organizama. U ovisnosti o tijeku procesa, anaerobnom fermentacijom postiže se inaktiviranje patogenih mikroorganizama. Kod primjene mezofilnog procesa (35-45 °C), na

uklanjanje mikroorganizama najviše utječu kemijski čimbenici. Za uspješnu inaktivaciju patogenih mikroorganizama, proces se mora odvijati u termofilnim uvjetima, iznad 45 °C. Međutim, i kod ovakve fermentacije pojedini virusi i paraziti mogu preživjeti. Prilikom fermentacije sve hranjive tvari uglavnom ostaju očuvane, no zbog gubitka ugljika smanjuje se C:N odnos. Međutim u ovisnosti o sadržaju organske suhe tvari i postignutom stupnju razgradnje, dolazi do značajnog porasta koncentracije hranjivih tvari. Naime, pri razgradnji organske tvari, mineraliziraju se hranjive tvari i prelaze u oblik lako dostupan biljci.

Anaerobni proces smanjuje neugodne mirise gnojovke, ona ima veću tecivost, što dovodi do bržeg prodiranja do biljke, a to opet smanjuje možebitne emisije amonijaka i neugodne mirise. Nadalje, fermentirani ostatak nakon procesa anaerobne fermentacije i dobivanja bioplina može se koristiti kao biognojivo (Amon i sur., 2006), kao i za potrebe navodnjavanja poljoprivrednih površina. Fermentirani ostatak ima nekoliko prednosti kada se koristi kao biognojivo, a to su visoki udio hranjivih tvari, humusne karakteristike te velika količina vode.

Cilj ovog rada bio je istražiti mogućnost proizvodnje bioplina i daljnjeg korištenja higijenski ispravnog fermentiranog ostatka kao biognojiva, dobivenog nakon anaerobne fermentacije svinjske gnojovke.

## METODIKA ISTRAŽIVANJA

Istraživanja su provedena na laboratorijskom bioplinskom postrojenju na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, dok je supstrat uzet sa svinjogojke farme u blizini Zagreba. Proces anaerobne fermentacije bio je mezofilni te se odvijao pri temperaturi od 35 °C u vremenskom razdoblju od 40 dana. Sastav bioplina praćen je na plinskom kromatografu (Varian CP-3800).

Kemijske analize fermentiranih ostataka obuhvatile su određivanje pH, izravno iz uzoraka na pH-metru s kombiniranom elektrodom, elektroprovodljivost (E.C.) pomoću konduktometra MA5964 s kombiniranom elektrodom, dušika metodom po Kjeldahlu (Kjeltec system 1026 Distilling Unit), fosfora metodom molibdat-plavo na UV/VIS spektrofotometru (Perkin Elmer, Lambda 25), kalija i natrija pla-

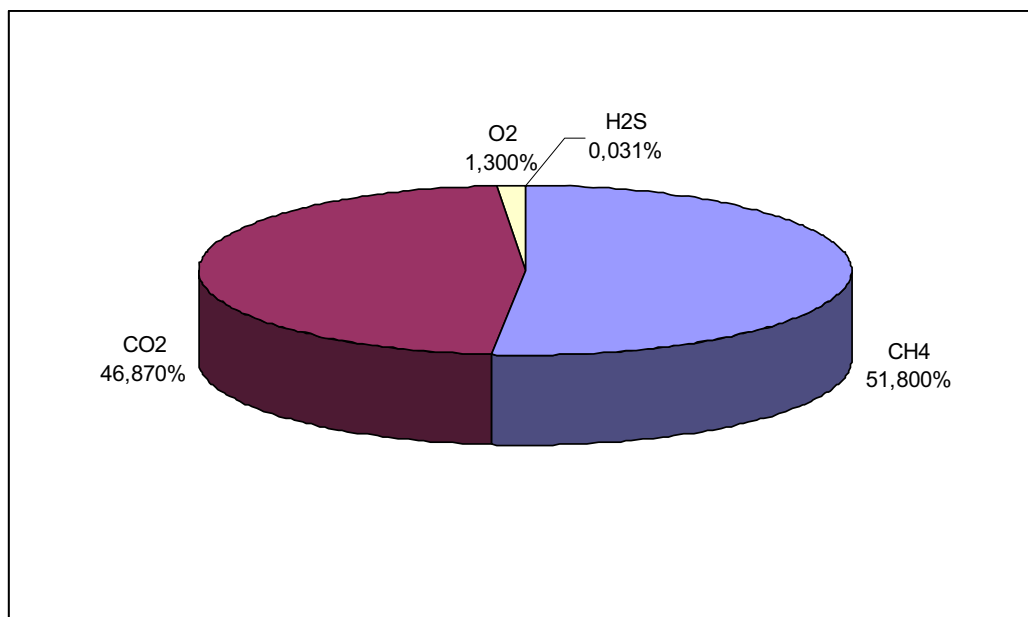
menofotometrijskom metodom, dok su svi ostali elementi (Ca, Mg, Mn, Zn, Cu, Fe, Pb, Cd) određeni atomskom apsorpcijom (AAS, Perkin Elmer AAnalyst 400) (APHA, 1995). Spaljivanje uzoraka provedeno je u mikrovalnoj peći Milestone ETHOS D prema protokolu *Milestone application notes for microwave digestion*.

Nadalje, provedene su bakteriološke analize i to opća analiza, analiza na patogene bakterije rodova *Salmonella* spp. i *Listeria* spp. kao i broj bakterija u uzorku – *Colony Forming Units* (CFU). Ove analize obuhvatile su inkubaciju uzorka fermentiranog ostatka pri temperaturi do 4 °C, 35 °C i 55 °C na hranjivim podlogama (XLD, neutralni krvni agar). Za temperature od 4 °C i 55 °C, inkubacija je trajala 72 sata, dok je za uzorak inkubiran pri temperaturi od 35 °C učinjen FU (broj izraslih kolonija u 1 mL uzorka) zbog porasta različitih bakterijskih kolonija. Izoliranost patogenih bakterija napravljena je primjenom metode selektivnih bujona. Zbog uvida u mogućnost daljnje primjene fermentiranog ostatka u poljoprivredi, uzorci su sterilizirani u autoklavu pri 121 °C u vremenskom razdoblju od 15 minuta, nakon čega su bakteriološke analize ponovljene.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

Osnovni cilj proizvodnje bioplina u bioplinskim postrojenjima je dobivanje metana koji se koristi prije svega za proizvodnju električne energije. Anaerobna fermentacija svinjske gnojovke uz dodatak inokuluma provedena je u mezofilnim uvjetima u laboratorijskom bioplinskom postrojenju, a na slici 1 prikazan je prosječni sastav bioplina dobivenog iz svinjske gnojovke.

Udio metana u bioplinu, ovisno o sirovini obično iznosi 50-70%. Ovo istraživanje pokazalo je da je anaerobna fermentacija svinjske gnojovke moguća u mezofilnim uvjetima. Performanse reaktora bile su stabilne i zadovoljavajuće, no udio metana od 52% u dobivenom bioplinu bio je relativno nizak. Slični rezultati dobiveni su i prilikom anaerobne fermentacije kravljeg gnoja s visokim udjelom amonijaka (Zeeman, 1991; Angelidaki i Ahring, 1993; Hansen i sur., 1998), što moguće upućuje na slabu aktivnost metanogenih bakterija. No međutim, s druge strane, u dobivenom bioplinu prisutne su gotovo zanemarive količine sumporovodika, što smanjuje troškove njegova daljnjeg pročišćavanja.



Slika 1. Prosječni sastav bioplina iz svinjske gnojovke nakon anaerobne fermentacije u mezofilnim uvjetima tijekom 35 dana

Figure 1. Biogas content from pig manure after anaerobic digestion in mesophylic conditions during 35 days

U ovisnosti o sadržaju organske suhe tvari i postignutog stupnja razgradnje, koncentracija hranjivih tvari naglo raste, pri čemu se one mineraliziraju i prelaze u oblik dostupan biljkama. Na taj način se povećava udio dušika u obliku amonijaka. Na tablici 1 prikazan je osnovni sastav svježe svinjske gnojovke, dok je na tablici 2 prikazan kemijski sastav fermentiranog ostatka svinjske gnojovke.

**Tablica 1. Sastav svježe svinjske gnojovke**

**Table 1. Composition of raw pig manure**

% s.tv. - % dry matter		6,38
pH		5,38
%N	U prirodnom obliku	0,68
	In natural sample	
	NH <sub>3</sub> -N	0,63

**Tablica 2. Kemijski sastav fermentiranog ostatka**

**Table 2. Chemical analysis of fermented residue**

% s.tv. - % dry matter (105 °C)		6,53 ± 0,28
% H <sub>2</sub> O		93,47 ± 0,28
E.C. (mS/cm)		45,22 ± 1,65
pH		7,98 ± 0,12
% žareni ostatak - % burning residue (550 °C)		22,55 ± 2,58
% gubitak žarenjem - % burning loss		77,45 ± 2,58
% C-organski - % C-organic		41,00 ± 2,00
% N	u prirodnom uzorku – in original sample	0,63 ± 0,02
	ukupni na s.tv. – overall on dry basis	9,36 ± 0,58
	NH <sub>3</sub> -N	0,64 ± 0,11
% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		2,29 ± 0,59
% K <sub>2</sub> O		1,98 ± 0,05
% Ca na s.tv. - % Ca on dry basis		4,33 ± 0,22
%Mg		1,40 ± 0,10
% Na		1,78 ± 0,36
mg/kg Mn		110,21 ± 11,17
mg/kg Zn		80,23 ± 5,24
mg/kg Cu		18,45 ± 0,85
mg/kg Fe		532,10 ± 22,25
mg/kg Pb		0,77 ± 0,01
mg/kg Cd		0,21 ± 0,025

Nakon procesa anaerobne fermentacije, provedene su kemijske analize na fermentiranom ostatku svinjske gnojovke. Utvrđeno je da je došlo do znatnog povećanja udjela suhe tvari u fermentiranom uzorku (6,53%) u odnosu na svježi (6,38%), kao i bogata opskrbljenost organskom tvari (77,45%) u fermentiranom uzorku, što je u skladu s literaturnim podacima (Jeyabal i Kuppuswamy, 2001), iz čega proizlazi da se analizirani uzorci mogu razvrstati u tekuća organska gnojiva. Visoka razina organske tvari u uzorcima rezultira i visokim sadržajem organskog ugljika (41,00%). Utvrđeno je da su uzorci obojene suspenzije, neugodnog mirisa, na što će trebati obratiti pažnju prilikom eventualne primjene u poljoprivredi. Razrjeđenjem s vodom ne dolazi do naknadnih kemijskih reakcija, kao niti do oslobađanja plinova. Nadalje, iz tablice 2, vidljivo je da je pH fermentiranog ostatka u blago alkalnom području (pH 7,98) te je očito povećanje pH vrijednosti u odnosu na svježi uzorak svinjske gnojovke (6,38), najvjerojatnije zbog prisutnosti povećane količine kalcijevih iona. No, pH vrijednost je i dalje unutar graničnih vrijednosti.

Elektroprovodljivost u fermentiranom ostatku određena je sa svrhom utvrđivanja ukupne količine soli u otopini (Voća i sur., 2005) te je iznosila 45,22 mS/cm. Razlog ove povišene vrijednosti može se potražiti u pretpostavci da je ulazni supstrat bio bogat mineralima.

U svrhu utvrđivanja kakvoće fermentiranih ostataka nakon anaerobne fermentacije, praćena je količina najvažnijih biogenih elemenata u istraživanom ostatku (kalcij, magnezij i natrij). Iz tablice 2 vidljivo je da je koncentracija kalcija u fermentiranom ostatku u granicama te da iznosi 4,33%, izraženo na suhu tvar. Utvrđena je količina magnezija u vrijednosti od 1,40% te količina natrija u vrijednosti od 1,78%. Na temelju ovih podataka, koji su u skladu s literaturnim podacima (Jeyabal i Kuppuswamy, 2001), može se utvrditi da su biogeni elementi u fermentiranom ostatku svinjske gnojovke u umjerenim količinama te da se mogu koristiti kao gnojivo u poljoprivrednoj proizvodnji.

U svrhu utvrđivanja pogodnosti istraživanih fermentiranih ostataka kao biognojiva u poljoprivredi, izračunati su relativni odnosi osnovnih biogenih elementima dušika, fosfora i kalija te za svinjsku gnojovku N:P:K iznosi 0,28:1:0,86.

Govoreći o C:N odnosu, on za fermentirani ostatak svinjske gnojovke iznosi 4,38:1, što je još ispod uobičajenih graničnih vrijednosti za biognojiva (10:1-15:1). Stoga se može reći da će ovakvo gnojivo rezultirati brзом mineralizacijom, posebice u suhim vremenskim uvjetima, visokim udjelom vode u tlu (osigurano navodnjavanjem), dobrom aeracijom i dobrom drenažom (Le Silva i sur., 2006). Kao i kod fermentiranih ostataka, uzetih s industrijskih bioplin-skih postrojenja, i ovi laboratorijski fermentirani ostaci mogu se primjenjivati u poljoprivrednoj proizvodnji, posebice u gnojdbi travnjaka i ratarskih kultura.

Kao što je vidljivo iz tablice 2, utvrđeni teški metali u fermentiranom ostatku svinjske gnojovke nalaze se u koncentracijama nižim od propisanih te zadovoljavaju zahtjeve Republike Hrvatske (Pravilnik o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda, NN 91/2001) i mogu se slobodno koristiti u ratarskoj proizvodnji, uz obveznu pret-hodnu analizu tla.

Nadalje, provedene su bakteriološke analize fermentiranog ostatka svinjske gnojovke nakon anaerobne fermentacije. Utvrđeno je da pri temperaturi od 4 °C nije bilo porasta kolonija bakterija na hranjivim podlogama tijekom inkubacije od 72 sata. Pri inkubaciji od 35 °C, na hranjivim podlogama porastao je manji broj bakterija iz rodova *Bacillus* i *Micrococcus*. Broj bakterija iznosio je oko  $22 \times 10^4$  (CFU). Inkubacijom na temperaturi od 55 °C izraslo je tridesetak kolonija pripadnika roda *Bacillus*. Metodom prebogaćenja i bogaćenja u selektivnim bujonima nije dokazana prisutnost bakterija iz rodova *Salmonella* i *Listeria*. Nadalje, zbog prevencije razvoja patogenih bakterija te rekontaminacije, fermentirani materijal trebao bi se sterilizirati. Stoga su uzorci fermentiranog ostatka nakon provedenih bakterioloških analiza sterilizirani, nakon čega je ponovljena analiza. Budući da na hranjivim podlogama nije došlo do rasta kolonija, može se utvrditi da su uzorci bili sterilni.

## ZAKLJUČAK

Na osnovi provedenih istraživanja, može se zaključiti sljedeće:

1. Provedeni proces anaerobne fermentacije svinjske gnojovke u mezofilnim uvjetima bio je sta-

bilan te je rezultirao zadovoljavajućom količinom bioplina.

2. Kumulativni prirast bioplina nakon anaerobne fermentacije pokazao je da je bioplin bio zadovoljavajućeg sastava, pri čemu je utvrđeno 51,8% metana, 46,87% ugljikovog (IV) oksida te kisika i sumporovodika u gotovo zanemarivim koncentracijama.

3. Rezultati kemijskih analiza uzoraka fermentiranog ostatka nakon anaerobne fermentacije svinjske gnojovke ukazuju da razrjeđenjem s vodom ne dolazi do naknadnih kemijskih reakcija, kao niti do oslobađanja plinova. Nadalje, mjerenjem pH vrijednosti, utvrđena je gotovo neutralna reakcija gnojiva (pH 7,98) koja ukazuje na to da je fermentacija protekla ispravno, odnosno da nije došlo do zaustavljanja produkcije metana. Glede količine osnovnih biogenih elemenata, analizirani uzorci su dobro opskrbljeni dušikom (9,36% N na suhu tvar), fosforom (2,29%  $P_2O_5$ ) i kalijem (1,98%  $K_2O$ ). N:P:K u analiziranom uzorku iznosio je 0,28:1:0,86, dok je C:N odnos iznosio zadovoljavajućih 4,38:1. Koncentracije teških metala u analiziranom uzorku su ispod maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK), propisanih Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima (NN 15/92).

4. Rezultati bakterioloških analiza fermentiranog ostatka svinjske gnojovke nakon anaerobne fermentacije pokazuju da pri temperaturi od 4 °C nije bilo porasta kolonija bakterija tijekom inkubacije od 72 sata. Pri inkubaciji od 35 °C, na hranjivim podlogama porastao je manji broj bakterija iz rodova *Bacillus* i *Micrococcus*. Inkubacijom na temperaturi od 55 °C izrasle su kolonije roda *Bacillus*. Metodom prebogaćenja i bogaćenja u selektivnim bujonima nije dokazana prisutnost bakterija iz rodova *Salmonella* i *Listeria*.

5. Budući da je utvrđeno da je fermentirani ostatak svinjske gnojovke bogat hranivima, ima zadovoljavajuće N:P:K i C:N odnose, teške metale u zakonskim granicama te je higijenski ispravan, može se zaključiti da je njegova primjena u poljoprivrednoj proizvodnji kao organskoga gnojiva moguća.

## LITERATURA

1. American Public Health Association, APHA (1995): Standard methods for the examination of water and

- wastewater. American water works association and water pollution control federation. APHA, Washington DC.
2. Amon, T., Amon, B., Kryvoruchko, V., Machmüller, A., Hopfner-Sixt, K., Bodiroza, V., Hrbek, R., Friedel, J., Pötsch, E., Wagentristl, H., Schreiner, M., Zollitsch, W. (2006): Methane production through anaerobic digestion of various energy crops grown in sustainable crop rotations. *Bioresour Technol*, 98(17), 3204-3212.
  3. Angelidaki, I., Ahring, B.K. (1993): Thermophilic anaerobic digestion of livestock waste: effect of ammonia. *Appl Microbiol Biotechnol*, 38, 560-564.
  4. Boekhurst, R. H., Ogilvie, J. R., Pos, J. (1981): An overview of current simulation models for an anaerobic digester. U: *Livestock Waste: A renewable Resource*. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, str. 105-108.
  5. Hansen, K. H., Angelidaki, I., Ahring, B. K. (1998) Anaerobic digestion of swine manure: Inhibition by ammonia. *Wat Res*, 32(1), 5-12.
  6. Harper, S. R., Pohland, F. G. (1986): Recent developments in hydrogen management during anaerobic biological wastewater treatment. *Biotechnol Bioeng*, 28, 585-602.
  7. Jeyabal, A., Kuppuswamy, G. (2001): Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response in rice-legume cropping system and soil fertility. *Eur J Agron*, 15, 153-170.
  8. K. J. Chae a, Am Jang a, S. K. Yim b, In S. Kim (2008): The effects of digestion temperature and temperature shock on the biogas yields from the mesophilic anaerobic digestion of swine manure. *Bioresour Technol*, 99, 1-6.
  9. Lansing, S., Botero Botero, R. I., Martin, J. F. (2007): Waste treatment and biogas quality in small-scale agricultural digesters. *Bioresour Technol*, u tisku.
  10. Le Silva, P. S. da Silva, J., de Oliveira, F. H. T., de Sousa, A. K. F., Duda. G. P. (2006) Residual effect of cattle manure application on green ear yield and corn grain yield. *Hortic Bras*, 24(2), 166-169.
  11. Sterling, M. C., Lacey, R. E., Engler, C. R., Ricke, S. C. (2001): Effect of ammonia nitrogen on H<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> production during anaerobic digestion of dairy cattle manure. *Bioresour Technol*, 77, 9-18.
  12. Voća, N., Krička, T., Čosić, T., Rupić, V., Jukić, Ž., Kalambura, S. (2005): Digested residue as a fertilizer after the mesophilic process of anaerobic digestion, *Plant, soil and environment*, 51(6), 262-266.
  13. Yu, H. Q., Fang, H. H. P., Gu, G. W. (2002): Comparative performance of mesophilic and thermophilic acidogenic upflow reactors. *Proc Biochem*, 38, 447-454.
  14. Zeeman, G. (1991): Effect of NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N and total solids concentration on the anaerobic digestion of animal slurries in CSTR systems. *Disertacija*. Agricultural University, Wageningen, Nizozemska.
  15. .... DIN EN 12506:2003 (2003): Characterization of waste - Analysis of eluates - Determination of pH.
  16. .... ISO 10390:2005 (2005): Soil quality -- Determination of pH.
  17. .... ISO 1871:1975 (1975): General directions for the determination of nitrogen by the Kjeldahl method.
  18. .... ISO 7888:1985 (1985): Water quality - Determination of electrical conductivity.
  19. ....Milestone application lab (1995): Milestone application notes for microwave digestion. Bergamo, Sorisole.
  20. ....Narodne novine 91/2001 (2001): Pravilnik o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnju biljnih proizvoda.
  21. ....USDA-SCS-NSCS (1992): Soil survey laboratory methods manual, Soil survey investigations report No. 42, Version 2.0.

## SUMMARY

The objective of this paper was to determine the possibilities of biogas production and further utilization of AD residue after anaerobic digestion of pig manure. The mesophilic anaerobic fermentation of pig manure was conducted in a lab-scale biogas digester at the Faculty of Agriculture University of Zagreb. Both, biogas and AD quality were monitored, according to the Croatian Regulation on ecological production in plant cultivation and plant products (Official Gazzette, 91/2001). It was found that biogas was of satisfactory quality with high methane content. Moreover, since AD residue had satisfactory N:P:K and C:N ratios, heavy metals within approved limits, and was hygienically correct, it can be used in agricultural production, especially in plant production and grassland cultivation.

Key words: anaerobic digestion, pig manure, biogas, AD residue