

ENERGETSKI POTENCIJALI BIOMASE IZ POLJOPRIVREDE U REPUBLICI HRVATSKOJ

ENERGY POTENTIAL OF BIOMASS AGRICULTURE IN CROATIA

Nadica Dobričević, S. Pliestić, Tajana Krička, Sandra Miletić, Ž. Jukić

Izvorni znanstveni članak
UDK: 636.085.53.535
Primljeno: 15. svibanj 1999.

SAŽETAK

Svjetska proizvodnja i prerada poljoprivrednih proizvoda svakodnevno raste, što je uvjetovano povećanjem broja stanovnika te povećanim prinosom po jedinici proizvodne površine ili jedinke (stočarstvo).

U svjetskim omjerima zastupljenost kvalitetnih proizvodnih površina svakodnevno se smanjuje, dok je situacija u Republici Hrvatskoj trenutačno suprotna, jer je zbog neriješene globalne strategije razvoja poljoprivrede dosta poljoprivrednog zemljišta neobrađeno ili nedovoljno uključeno u kvalitetnu proizvodnju.

Za kvalitetnu poljoprivrednu proizvodnju i preradu potrebno je mnogo energije, a s druge strane iz poljoprivrede ostaju velike količine "energetski vrijednog otpada" (slama, stabljika, koštice, ljuske i granje) koji nije adekvatno iskorišten. Često puta takav otpad zagađuje okoliš i opterećuje vodotokove ili zrak svojim razlaganjem.

Prema statističkim podacima iz 1995. godine u stočarstvu je moguće proizvesti 83.500 m³ bioplina.

Količina orezanih dijelova stabla voćaka i vinove loze kao biomasa iznosi 163.000 t.

Prerodom voća ostaju koštice ili ljuske čiji je energetski potencijal 27.2 TJ.

Biomasa slame pšenice i ječma te oklasak i stabljika kukuruza iznose 790.000 t, što daje energetski potencijal od 11,1 PJ.

Stabljika uljane repice, suncokreta, soje i graha iznosi 34.629,6 t, što daje energetski potencijal od 340 TJ. Kod uljane repice značajna je i energija dobivena iz ulja - biodizel gorivo.

Ključne riječi: biomasa, bioplina, energija, gorivo

UVOD

Energetska kriza sedamdesetih godina ovog stoljeća te svakodnevni porast stanovništva za koje je potrebno osigurati odgovarajuću količinu hrane, traže rasčlanbu energetske potencijala kako u svijetu tako i u Hrvatskoj. Za kvalitetnu proizvodnju hrane potrebni su odgovarajuće zemljište i energija. U svjetskim omjerima količina zemljišta se svakodnevno smanjuje, dok Hrvatska trenutno ima dosta neobrađenog zemljišta, što je posljedica gospodarske situacije i neriješene agrarne politike općenito. To i dalje ostavlja otvoreno pitanje proizvodnje kvalitetne i jeftinije hrane. Uz sve to energetske potrebe proizvodnje i prerade poljoprivrednih proizvoda svakodnevno rastu. Porastom poljoprivredne proizvodnje rastu i količine "energetski vrijednog otpada" (slama, stabljika, koštice i ljuske voća, granje itd.) koji nije odgovarajuće iskorišten ili često opterećuje okoliš.

Najznačajniji izvori energije iz poljoprivrede su svakako proizvodnja bioplina iz stočarske proizvodnje, zatim u voćarstvu masa orezanog granja, u preradi voća i povrća to je masa neupotrebljivog voća i povrća te koštice šljiva, višanja i maslina uz ljuske oraha, badema i lješnjaka, a u ratarstvu to je biomasa cerealijske žitarice, zatim uljarica i zrnatih leguminoza uz namjensku proizvodnju biodizela iz uljarica. Svaka od navedenih proizvodnji iziskuje zasebnu rasčlanbu, a u ovom radu detaljnije će se obraditi stočarska proizvodnja i teoretske količine bioplina koji je na raspolaganju od 1989. do 1998. godine prema broju stočnih jedinica, uz smjernice za budućnost.

PREGLED LITERATURE

Nastajanje plina metana iz organske mase poznato je odavno (Shirleyev izvještaj o "barskom plinu" iz 1667. godine), a mogućnosti proizvodnje bioplina (goriva smjesa metana i ugljik (II) oksida) te praktično iskorištavanje razvija se tek nakon drugog svjetskog rata.

Energetska kriza sedamdesetih godina pobudila je veće zanimanje za proizvodnju i

iskorištenje bioplina kao energenta ne samo u kućanstvu nego i šire. Anaerobnom fermentacijom životinjskog izmeta uz bioplin dobije se i gnojivo bolje kakvoće od gnojiva upotrijebljenog za fermentaciju.

Prema podacima iz literature raznih autora prinos bioplina iz stajnjaka i gnojnice domaćih životinja je različit ovisno o vrsti stoke, izboru fermentora, danima praćenja procesa i iznosi prosječno od 0,62 do 2,43 m³ SJ, a energetska vrijednost je 21,5 MJ/Nm³ ili 26,1 MJ/kg, uz energetske vrijednosti biomase od 5,8 do 18 MJ/kg, ovisno o količini metana i kemijskom sastavu mase (Šalamon i sur., 1982.; Vešnik i sur., 1982.; Golik, 1985.; Tajana Krička, 1985.; Beronja, 1994.; Ap Dew, 1994.; Domac i sur., 1998.).

Pregledom literature autori navode različita tehničko-tehnološka rješenja postrojenja za obradu biomase s mogućnošću primjene u različitim energetske postrojenjima za doradu i preradu poljoprivrednih proizvoda. Proizvodnja energije iz biomase je različita jer se osim direktne proizvodnje električne energije ili topline, biomasa može pretvarati u kruta, tekuća ili plinovita goriva. Biokemijskim procesima fermentacije i anaerobne razgradnje dobivaju se biogoriva, odnosno alkohol, biodizel i bioplin, a termokemijskim procesima spaljivanja i pirolize izravno energija (Katić, 1985.; Beronja, 1994.; Hanser, 1994.; Parrer, 1994.; Wörgetter, 1994.; Tajana Krička, Plietić, 1997.).

MATERIJAL I METODE RADA

Proizvodnja energije iz poljoprivrede je različita prema količini i energetske vrijednosti. Energetsko iskorištavanje biomase iz stočarstva značajno je po proizvodnji bioplina. Primjena bioplina je moguća u kućanstvu za grijanje, kuhanje i rasvjetu, te u kogeneracijskim postrojenjima manjih snaga za proizvodnju električne energije. Analiza stočarske proizvodnje u razdoblju 1989. do 1998. (SLJH 1998.) te svojstva i prinos bioplina iz stajnjaka domaćih životinja po stočnoj jedinici (Domac i sur., 1998.) daju prosječne dnevne količine bioplina u m³ prikazane na tablici 1.

Tablica 1. Prosječne dnevne količine bioplina (u m³) za razdoblje od 1989. do 1998.god.
Table 1. Average daily quantities of biogas (m³) for the period from 1989 to 1991.

Stočni fond - Livestock fund	Srednja vrijednost Mean value	Standardna devijacija Standard deviation	Varijanca Variance	Standardna greška Standard error	Koeficijent varijacije Variation coefficient	MIN-MAX
Vrsta stoke – Livestock	x	S	V	sx	CV(%)	
Telad i junad do 1. god Calves to 1. year old	84725.76	33505.32	1.12 x 10 ⁹	10595.31	39.55	49996.8-140851.2
Junad od 1 do 2 godine Calves from 1 to 2 years	24084.48	7370.33	54321742	2330.70	30.60	11827.2-34944
Junad preko 2. godine Calves over 2 years	3386.88	672.90	452788.2	212.79	19.87	2688-4300.8
Krave i steone junice Cows and pregnant heifers	501212.7	194206.4	3.77x10 ¹⁰	61413.46	38.75	53213.4-723414.6
Bikovi za priplod Bulls for breeding	2876.4	677.97	459648.7	214.39	23.57	1438.2-4314.6
Volovi – Ox	1720.32	1007.35	1014759	318.55	58.56	537.6-3225.6
Prasad do 2. mjeseca Pigs to 2 months old	117211.7	18331.65	3.36 x 10 ⁹	5796.98	15.64	96970.6-150713.3
Prasad od 2. do 6. mjeseca Pigs from 2 to 6 months	185675.3	33579.76	1.13x10 ⁹	10618.85	18.09	150713.3-236584.8
Svinje preko 6 mj. Pigs over 6 months	28799.1	3143.39	9880878	994.03	10.92	23950.56-33881.28
Krmače i suprasne nazimice Sows and pregnant	103194.4	11659.32	1.36x10 ⁸	3687.00	11.30	93044.16-121063.1
Nerasti za priplod Boars for breeding	2431.8	272.99	74528.37	86.33	11.23	2114.64-2643.3
Svinje u tovu Fattening pigs	124776.6	20146.13	4.06x10 ⁸	6370.77	16.15	101643.8-163856.9
Ždrebac i omad - Foals	1268.75	383.07	146744.8	121.14	30.19	875-1750
Kobile i ždrebne omice Mares and pregnant fillies	7087.5	2266.76	5138194	716.81	31.99	4812.5-10937.5
Pastusi i kastrati Stallions and bullocks	3150	1498.61	2245833	473.90	47.57	875-5687.5
Ovce podmladak do 1 god. Sheep to 1 year old	7634.93	1357.19	1841960	429.18	17.78	6200-9610
Ovce za priplod Sheep for breeding	32635.25	8696.47	75628631	2750.07	26.65	24490-45337.5
Ovnovi i jalove ovce Rams and barren ewes	2480	993.83	987694.4	314.28	40.07	1472.5-3952.5
Perad - Poultry	34825.28	6759.76	45694331	2137.62	19.41	26201.1-45005.6

Statistička obrada broja i vrsta stoke u proteklih deset godina s obzirom na teoretsku mogućnost proizvodnje topline dana na tablici 1. pokazuje prosječne dnevne količine od 1720,32 m³/dan kod držanja volova uz najveće variranje količine od 58,56% do 501.212,7 m³/dan kod krava i steonih junica uz koeficijent varijacije od 38,75%. Prema dobivenim rezultatima uočava se da su dnevne količine bioplina velike, te sumiranjem dobivenih rezultata od goveda je moguće dnevno ostvariti 618.006,54 m³, kod proizvodnje svinja 562.088,9 m³ kod konja 11.506,2 m³, kod ovaca 42.750,18 m³, a kod peradi 34.825,28 m³.

Karakteristike stočarske proizvodnje i neujednačenost proizvodnje bioplina pokazuju da dnevne količine bioplina nisu iskorištene u cjelokupnom obimu.

Od ukupne količine bioplina realno je iskoristivo 20% zbog nekoliko čimbenika kao što su raštrkanost stočnog fonda, držanje malog broja stoke na jednom mjestu te držanja stoke na otvorenom. Ovi čimbenici uzeti su u obzir kod definiranja raspoloživih količina bioplina za izračunavanje energetskeg potencijala.

Energetski potencijal iz voćarske i vinogradarske proizvodnje obuhvaća količinu i energetske vrijednosti orezanog drvnog materijala u nasadima jabuke, kruške, breskve, masline, šljive, višnje i vinove loze. Prosječna ogrjevna vrijednost orezanog materijala iznosi 14 MJ/kg.

Prerodom voća i povrća u poluproizvod ili gotov proizvod ostaje velika količina "otpada", gdje značajan dio čine koštice (šljive, višnje, trešnje i masline) te ljuške (oraha, lješnjaka i badema). Goriva vrijednost koštica iznosi od 10 do 15 MJ/kg.

U ratarskoj proizvodnji najznačajnija je energija iz biomase pšenice, kukuruza, ječma zatim uljarica i zrnatih leguminoza, uz poseban naglasak na namjenskoj proizvodnji uljarica za biogorivo. Energetska vrijednost biomase je različita i ovisi o količini vode u masi te njezinom kemijskom sastavu. Goriva vrijednost pšenične slame, biomase uljarica i leguminoza s približno 15% vode iznosi oko 14,5 MJ/kg. Jedan dio biomase vraća se u tlo kao organska tvar, a jedan dio se gubi prilikom sakupljanja i manipulacije, te se iskoristivost računa s 30%. Energetska vrijednost u proizvodnji

merkantilnog kukuruza odnosi se na oklasak, stabljiku i lišće, pa je energetska vrijednost za oklasak od 11,5 do 17 MJ/kg ovisno o količini vode. Energetska vrijednost lišća i stabljike s 20% vode je oko 15,3 MJ/kg.

Prerodom uljarica u biogorivo dobiva se metilester čija je energetska vrijednost 37,2 MJ/kg.

Definiranje raspoloživih vrijednosti, odnosno energetskeg potencijal pojedinih grana poljoprivredne proizvodnje umanjen je za dio koji se vraća u tlo kao organska tvar te gubitke koji nastaju u procesu sakupljanja i transporta.

REZULTATI I RASPRAVA

Proizvodnja hrane ima i stratešku važnost pa je stoga neophodno osigurati dovoljne količine goriva za poljoprivrednu proizvodnju. Svakako je jedno od mogućih rješenja već prije navedeno intenzivnije iskorištavanje poljoprivrednih potencijala. Osim toga ne samo da je proizvodnja hrane, već je opće poznato da je i proizvodnja dovoljnih količina energije za vlastite potrebe od strateške važnosti koja osigurava nezavisnost i eliminaciju svih mogućih opterećenja, kako gospodarskih tako i političkih.

Sadašnjim poticajnim mjerama Vlade Republike Hrvatske i Ministarstva poljoprivrede, doći će do povećanja stočarske proizvodnje, što znači i do povećanja količine. Imajući to u vidu, već sada bi bilo potrebno planirati i organizirati proizvodnju bioplina.

Značajne količine biomase nalaze se i u ostalim granama poljoprivredne proizvodnje i prerade. Prema raspoloživim količinama dobiven je energetskeg potencijal (PJ) za 1995. godinu a rezultati su dati na tablici 3.

Ukoliko se primijene novi grmoliki uzgojni oblici u voćarskoj proizvodnji, tada bi se granjevina kao energent mogla zanemariti. No, tako organizirana voćarska proizvodnja prouzročila bi povećanje ukupne biomase prilikom prerade voća.

Količina biomase orezanih grana u 1995. godini dana je na tablici 3.

Tablica 2. Ukupne i raspoložive godišnje količine bioplina te energetske potencijal za razdoblje od 1989. do 1998. godine (000 m³).

Table 2. Total and available annual quantities of biogas and energy potential for period from 1989 to 1998 (000 m³)

Godine Year	Goveda Cattle	Svinje – Pigs	Konji Horses	Ovce Sheep	Perad Poultry	Ukupno Total	Energ. potencijal u PJ Energy potential
1989.	65.499,09	51.169,56	1.341,38	4.203,52	3.161,69	125.375,2	3,13
1990.	65.050,62	48.334,82	1.245,56	4.248,78	3.285,41	122.287,4	3,05
1991.	61.002,36	49.009,02	1.149,75	4.260,10	3.172,07	118.593,3	2,96
1992.	48.465,80	35.731,08	830,38	3.049,39	2.524,67	90.601,31	2,27
1993.	12.544,93	38.471,57	702,63	2.976,71	2.439,18	57.135,01	1,43
1994.	43.312,64	41.500,33	670,69	2.511,93	2.401,91	90.397,50	2,26
1995.	41.542,59	36.469,24	670,69	2.562,85	2.309,89	83.555,26	2,09
1996.	38.669,66	36.686,51	670,69	2.415,75	2.111,83	80.554,44	2,01
1997.	37.817,01	36.585,01	606,81	2.562,85	2.102,61	79.674,29	1,99
1998.	37.240,07	36.367,74	511,00	2.415,75	1.913,19	78.447,76	1,96

Tablica 3. Ukupni energetske potencijali iz poljoprivredne proizvodnje u 1995. godini

Table 3. Total energy potential from agricultural production in 1995

Podrijetlo biomase – Biomass origin	Raspoloživo – Available	Energetske potencijal u PJ Energy potential
Bioplin iz stočarstva – Biogas livestock	8355257,0 (m ³)	2,09
Granjevina voćaka – Remain fruit trees	163590,24 (t)	0,69
Koštice iz prerade voća – Sheels from fruit	3625,0 (t)	0,03
Ostaci žitarica – Remains grain	790834,3 (t)	11,07
Ostaci uljarica i leguminoza – Remains oleifers and legumes	34629,6 (t)	0,34
Biogorivo iz uljarica – Biodisel fuel	5540,0 (t)	0,21
Ukupno – Total		14,43

Analizom sadašnjeg stanja poljoprivredne proizvodnje uočava se da se smanjenje cjelokupne proizvodnje odražava i na energetske potencijal koji je 1998. godine u stočarskoj proizvodnji smanjen za 37,38% u odnosu na 1989. godinu. Perspektive poljoprivredne proizvodnje i smjernice održive poljoprivrede temelje se na povećanju poljoprivredne proizvodnje uključujući dostupni zemljišni fond uz povećane količine ratarskih kultura, naročito uljarica, povećavanje broja stoke i uz to, povećavanje prerađivačkih kapaciteta. Cjelokupno povećanje proizvodnje traži veće

količine energije i povećava količine biomase kao potencijalnog energenta s kojim Hrvatska mora računati u sljedećem stoljeću.

Za ostvarenje navedenog cilja potrebno je u poljoprivrednoj proizvodnji riješiti nekoliko sljedećih zadataka:

1. neobrađene površine iskoristiti u proizvodnji gospodarski opravdanih i višestruko iskoristivih proizvoda.

2. novim agrotehničkim mjerama osigurati dovoljno hrane za predviđeno povećanje stanovništva.

3. primjenom novih tehničko-tehnoloških sustava racionalizirati utrošak energije.

4. pronaći alternativne izvore energije, posebice iz područja poljoprivredne proizvodnje, koje bi bile ostvarive pod načelom "iz poljoprivrede - u poljoprivredu".

ZAKLJUČAK

Proizvodnja i prerada poljoprivrednih proizvoda u stalnom je rastu kako bi se osigurala što veća količina i zadovoljavajuća kakvoća hrane. Rastući trend proizvodnje hrane zahtijeva i veće utroške energije, gdje se prema dobivenim rezultatima energetskog potencijala iz poljoprivrede zaključuje da sama poljoprivredna proizvodnja ima u sebi sakupljenu veliku količinu energije.

Statistička obrada desetogodišnjih raspoloživih količina bioplina (m^3) u proizvodnji svinja modelirana je polinomom regresije i dobivena je jednadžba:

$y = 276,06 x^2 - 1 \cdot 10^6 x + 1 \cdot 10^9$ uz koeficijent korelacije $r = 0,888$ i koeficijent determinacije $R^2 = 0,7886$.

Raspoloživa količina bioplina kod goveda modelirana je polinomom regresije i dobivena je jednadžba:

$y = 867,59 x^2 - 3 \cdot 10^6 x + 3 \cdot 10^9$
uz $r = 0,7511$ i $R^2 = 0,5642$;

Po stočnim jedinicama kod peradi, ovaca i konja raspoložive količine bioplina modelirane su linearnom regresijom i dobivene su slijedeće jednadžbe:

perad $y = -154,54 x + 310615$
uz $r = 0,9481$ i $R^2 = 0,899$

ovce $y = -236,59 x + 474766$
uz $r = 0,8957$ i $R^2 = 0,8023$

konji $y = -90,006 x + 180266$
uz $r = 0,9260$ i $R^2 = 0,8575$.

Iskorištavanje biomase iz cjelokupne poljoprivredne proizvodnje pozitivno djeluje na okoliš zbog smanjenja stakleničkih plinova, a gospodarski opravdano u rasčlanbama korištenja energije do 2010.

LITERATURA

1. Ap Dew. I.; R. F. E. Axford; I. Fayed.; M. Marai, H. M., Omed (1994): Pollution in Livestock Production Systems, CAB International Wallingford, 333-343.
2. Beronja, M. (1994): Energetsko korištenje biomase iz poljoprivrede za proizvodnju električne energije i topline u kogeneraciji uz primjenu tehnologije izgaranja u fluidiziranom sloju - sustav ECOFLUID - Đuro Đaković, X Međunarodno savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Stubičke Toplice, 145-156.
3. Domac, J. i sur., (1998): BIOEN: Program korištenja energije biomase i otpada - Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb.
4. Golik, B. (1985): Prikaz toplinske energetike i toplinsko energetske opreme na kruta goriva žitnih sušara, "MONTING", 245-267.
5. Hanser, A. (1994): Proizvodnja biodizel goriva u Republici Austriji, X Međunarodno savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Stubičke Toplice, 23-27.
6. Katić, Z. (1985): Sušenje zrna - energetika, bilanca i tehnološka rješenja, Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Stubičke Toplice, 4-54.
7. Krička, Tajana (1985): Efikasnost korištenja kukuruznog oklaska u sušarama s direktnim zagrijavanjem zraka, Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Stubičke Toplice, 191-202.
8. Krička, Tajana, S. Plietić (1997): Upotreba biomase kukuruza (*Zea mays*) u procesu sušenja, Zbornik radova, Forum "Dan energije u Hrvatskoj", 259-271.
9. Parrer, F. (1994): Öko - Diesel - PROJEKT ASPERHOFEN, X Međunarodno savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Stubičke Toplice, 28-41.
10. Šalamon, J., J. Dobričević, Z. Gospodarić, I. Matejčić (1982): Proizvodnja bioplina, Savjetovanje aktualni problemi mehanizacije poljoprivrede, Zagreb, 45-61.
11. Vešnik, F., Z. Katić, J. Bedeković (1982): Neki pokazatelji iskorištenja juneće gnojavke u proizvodnji bioplina, Savjetovanje aktualni problemi mehanizacije poljoprivrede, Zagreb, 259-265.
12. Wörgetter, M. (1994): Pilotprojekt "Biodizel", X Međunarodno savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Stubičke Toplice, 42-50.
13. Statistički ljetopis 1998, Državni zavod za statistiku, 228-230.

SUMMARY

Due to the increasing number of inhabitants and increases in yield, world production and processing of agricultural products is subject to everyday growth.

Production and processing of high quality agricultural products require a lot of energy. On the other hand there are huge quantities of high quality agricultural remains (straw and plant stems, fruit stones and shells, branches), which are not adequately used. Often those remains pollute the environment with their decomposition.

According to statistical data from 1995, 83.500 m³ of biogas can be produced per year and animal unit.

Biomass of pruned branches of fruit trees and vines amounts to 163.000 t.

Stones and shells that remain from fruit processing have the energy of 27.2 TJ.

There are 790.000 t of biomass from wheat and barley straw, corn ears and stems, that have 11.1 PJ of energy. The biomass of rapeseed, sunflower, soybean and bean stacks have 340 TJ of energy. Rapeseed oil is an interesting energy source as biodiesel fuel.

TVORNICA STOČNE HRANE »VALPOVKA« KOMBINAT VALPOVO

PROIZVODI 40 GODINA ZA VAS!

- SVE VRSTE GOTOVIH KRMNIH SMJESA,
- SUPER KONCENTRATE - DOPUNSKE KRMNE SMJESE
- PREMIKSE I DODATKE STOČNOJ HRANI,
- BRIKETIRANU I RINFUZ STOČNU SOL

STOČARI I POLJOPRIVREDNICI!

TRAŽITE DJETELINU SA ČETIRI LISTA
ZA DOBRO VAŠIH DOMAĆIH ŽIVOTINJA

»VALPOVKA» =

- BRŽI PRIRAST
- JEFTINIJA PROIZVODNJA
- BOLJA KAKVOĆA PROIZVODA



*Successful career guaranteed.
Garantiran uspješan razvoj.*

Choline Chloride
Food for Feed

Kolin Klorid
Hrana za stočnu hranu



Akzo Nobel has sales offices worldwide. Call us for the nearest address or for a product brochure.

Akzo Nobel Chemicals by, P.O. Box 247, 3800 AE Amersfoort, The Netherlands, Tel. +31 33 467 67 52, Fax +31 33 467 61 18

Akzo Nobel ima prodajne urede širom svijeta. Obratite nam se za adresu najbližeg ili za našu brošuru.

Merkantile d.d. Zagreb, Svačićev trg 6, Tel. (01)457 73 55, Fax (01)457 72 65