

# Proizvodnja bioplina iz miskantusa u ovisnosti o veličini čestica sirovine

---

Jurišić, Vanja; Vedrana, Petrić; Kontek, Mislav; Matin, Ana; Grubor, Mateja; Živković, Ivana; Krička, Tajana

Source / Izvornik: **Zbornik radova 57. hrvatskog i 17. međunarodnog simpozija agronoma, 2022, 634 - 638**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:927957>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-27**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



## Proizvodnja bioplina iz miskantusa u ovisnosti o veličini čestica sirovine

Vanja Jurišić, Vedrana Petrić, Mislav Kontek, Ana Matin, Mateja Grubor, Ivana Živković, Tajana Krička

*Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska (vjurisic@agr.hr)*

### Sažetak

Većina bioplinskih postrojenja u EU koristi kukuruznu silažu kao sirovinu u proizvodnji bioplina. Iako je proizvodnja bioplina iz kukuruzne silaže najučinkovitija i tehnički najnaprednija opcija, mogla bi rezultirati ozbiljnom konkurencijom između opskrbe energijom i hranom, što dugoročno nije poželjno. Imajući u vidu nove smjernice EU kroz program REPowerEU, proizvodnja bioplina mora postati nekonkurentna prehrambenom lancu, odnosno održiva s pozicije sirovine. Energetske kulture, poput miskantusa, predstavljaju zadovoljavajuće rješenje, kako u tehnološkom i ekološkom, tako i u ekonomskom smislu. Cilj ovog rada bio je utvrditi biorazgradivost miskantusa tijekom procesa anaerobne digestije, ovisno o veličini ulazne čestice sirovine. Dobiveni rezultati pokazali su da veličina frakcija ulaznog supstrata utječe na proizvodnju bioplina i biometana.

**Ključne riječi:** miskantus, bioplin, veličina čestica

### Uvod

Poljoprivredni ostaci i energetske kulture važan su izvor biomase koji može biti supstrat u procesu anaerobne digestije. Energetske kulture, u koje se ubraja i trava miskantus, pripadaju skupini sirovina druge generacije, a takva je biomasa potencijalno visokovrijedan izvor za proizvodnju obnovljive energije (Grubor i sur., 2021.). Danas je miskantus vodeća višegodišnja energetska trava u EU zbog visokog prinosa suhe tvari i sposobnosti da raste pri različitim klimatskim uvjetima.

Usljed prijeteće energetske krize, Europska komisija je u ožujku 2022. godine objavila dokument REPowerEU (COM, 2022.) 108), u kojem se potiče povećana proizvodnja bioplina i biometana u državama članicama EU, s ciljem povećanja njihove energetske neovisnosti. Međutim, danas se u većini bioplinskih postrojenja kao primarna sirovina koristi kukuruzna silaža, čija je tržišna cijena porasla za 30 % u posljednjem kvartalu, na taj način ozbiljno konkurirajući i narušavajući sektor stočarske proizvodnje, budući je kukuruzna silaža prije svega visokonutritivna hrana u stočarstvu. Energetske kulture stoga predstavljaju optimalno rješenje, budući se mogu uzgajati na marginalnim tlima, odnosno tlima koja nisu pogodna ili ne mogu ostvariti ekonomsku isplativost uzgoja konvencionalnih poljoprivrednih kultura.

Cilj ovog rada bio je utvrditi biorazgradivost i proizvodnju bioplina i biometana energetske kulture miskantus u procesu anaerobne digestije u ovisnosti o veličini čestice ulazne sirovine te utvrditi optimalnu veličinu čestica za postizanje maksimalnog stupnja biorazgradivosti.

### Materijal i metode

U istraživanju je korištena biomasa energetske kulture miskantus požeta u jesenskom roku žetve (studen 2020. godine), s uzgojne parcele H2020 projekta GRACE na Pokušalištu Šašinovec. Uzorak je nakon žetve osušen prirodnim putem te usitnjen na laboratorijskom mlinu (IKA). U uzorku su standardnim metodama određeni sadržaji vode (HRN EN 18134-2:2015), pepela (HRN EN ISO 18122:2015) te ugljika, vodika, dušika (HRN EN ISO

16948:2015) i sumpora (HRN ISO 16994:2015). Sadržaj kisika utvrđen je računski. Za potrebe anaerobne digestije, uzorci su frakcionirani na laboratorijskoj sito-tresilici (Retsch), a tri frakcije miskantusa, i to (i) 1,25 mm, (ii) 500  $\mu\text{m}$  te (iii) <500  $\mu\text{m}$  uzete su za daljnji proces. Anaerobna digestija provedena je u laboratorijskom bioreaktoru (CROTEH, Hrvatska) tijekom 15 dana pri temperaturi od 35°C pri čemu je praćena produkcija bioplina i biometana (mL).

### Rezultati i rasprava

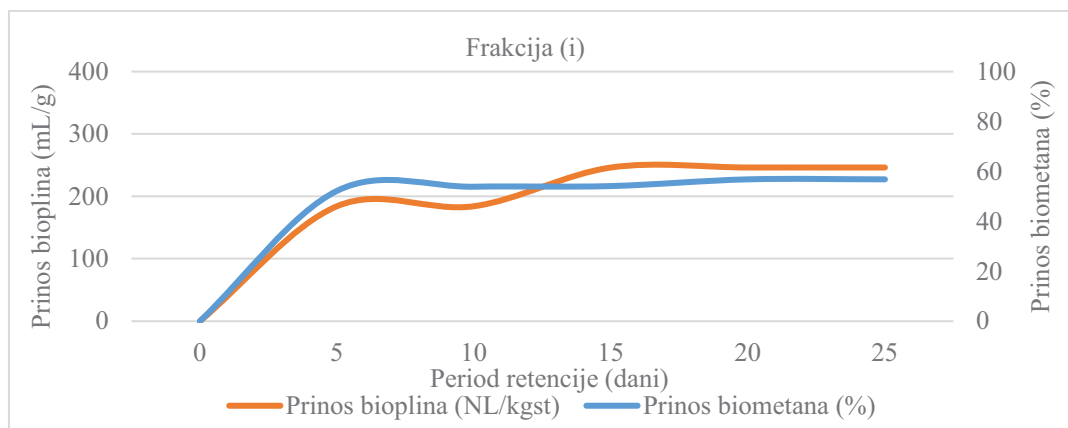
U Tablici 1. prikazan je sastav miskantusa kao ulazne sirovine u procesu anaerobne digestije. Anaerobna digestija provedena je s miskantusom kao monosupstratom uz dodatak inokuluma.

Tablica 1. Svojstva ulazne sirovine

Veličina čestice	Voda, svježi uzorak (%)	KPK (g kg <sup>-1</sup> )	Pepeo (%)	Ugljik (%)	Vodik (%)	Dušik (%)	Sumpor (%)	Kisik (%)
Uzorak prije frakcioniranja	57,62	947,40						
1,25 mm			1,4	48,87	5,86	1,00	0,02	44,25
500 $\mu\text{m}$			1,61	44,51	5,43	1,43	0,02	48,60
<500 $\mu\text{m}$			2,45	52,46	6,06	0,63	0,14	40,71

U uzorku miskantusa utvrđen je sadržaj vode nakon žetve, koji je iznosio 57,62 %, što je očekivana viša vrijednost vode s obzirom da je žetva provedena u kasnom jesenskom roku. Sličan podatak dobili su Bilandžija i sur. (2018.), u čijem istraživanju je udio vode miskantusa požetog u jesen bio 53,28 %. Kemijska potrošnja kisika (KPK) iznosila je 947,40 g kg<sup>-1</sup> s.tv., što je u skladu s literaturom (Nges i sur., 2016.). Udio pepela iznosio je 1,4 % za frakciju (i), nešto veći udio pepela je imala frakcija (ii) s prosjekom od 1,61 % te frakcija (iii) s prosjekom od 2,45 %. Francescato i sur. (2008.) navode da se sadržaj pepela u poljoprivrednoj biomasi kreće od 2 % do 25 %. U istraživanju Grubor i sur. (2021.), u ispitivanim kulturama, bio je 2 % za miskantus i 4 % za stabljiku kukuruza. Ugljik u anaerobnoj digestiji služi kao izvor energije za mikroorganizme, stoga je njegova količina poželjna dokle god je optimalan C/N omjer. Prosječni udio u frakciji (i) iznosio je 48,87 %, za (ii) 44,51 % te za (iii) 52,46 %. U istraživanju Grubor i sur. (2021.), sadržaj ugljika bio je oko 47 % za miskantus, dok je u stabljici kukuruza bio oko 46 %. Prema Jenkins (1998.), udio vodika u biomasi je približno 6 %. U provedenom istraživanju, udio vodika iznosio je za frakciju (i) 5,86 %, za (ii) 5,44 %, te za (iii) 6,07 %, što je u skladu s očekivanim. Prosječni udio kisika u istraživanim frakcijama iznosio je za frakciju (i) 44,25 %, za (ii) 48,59 % te za (iii) 40,70 %. Slične vrijednosti u posliježetvenim ostacima, od 40,09 % za kukuruz i 50,05 % za pšenicu prikazuje Kramar (2018.). Sumpor je od svih prethodno navedenih elemenata, najmanje zastupljen u sastavu biomase. Količine sumpora u biomasi su najčešće niže od 0,2 % ali u nekim slučajevima ga može biti od 0,5 % do 0,7 % (Demirbas, 2004.). U istraživanim frakcijama, sumpor je bio prisutan u udjelima od (i) 0,0215 %, (ii) 0,0235 % te (iii) 0,14 %, iz čega je vidljivo da su utvrđeni udjeli sumpora zadovoljavajuće niski. Uz sumpor, dušik je također nepoželjan element (Matin i sur., 2013.). Ako je u optimalnom omjeru s ugljikom, poželjan je budući da djeluje pozitivno na razvoj anaerobnih bakterija. Ako ga je previše, višak se pretvara u amonijak koji djeluje inhibirajuće. Ukoliko ga je premalo, neće biti moguća razgradnja organskog dijela te će i samim time proizvodnja bioplina biti manja. Udio dušika u pojedinim frakcijama u ovom istraživanju iznosio je kod (i) 0,9995 %, za (ii) 1,43 % te za (iii) 0,627 %. Grubor i sur. (2021.) utvrđuju sadržaj dušika oko 0,5 % za miskantus te 0,9 % za stabljiku kukuruza.

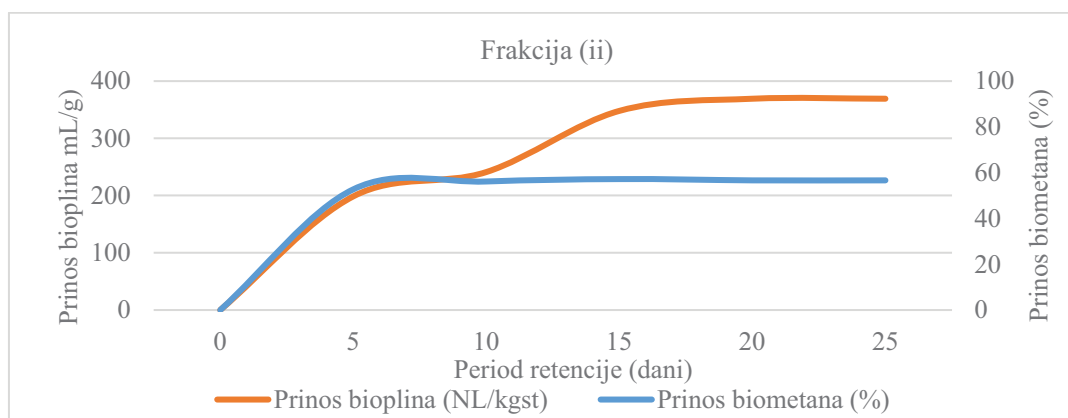
Udio proizvedenog bioplina ovisi o brojnim čimbenicima, poput veličine i vrste supstrata, vremenu berbe, klimatskim uvjetima, sastavu lignina, hemiceluloze i celuloze, C/N omjeru, temperaturi radnog procesa, kao i periodu hidrauličke retencije. Biometan je najvažnija komponenta bioplina jer ima najveću gustoću energije u odnosu na ostale komponente bioplina. Period hidrauličke retencije u ovom istraživanju bio je 25 dana, u mezofilnim uvjetima rasta pri temperaturi od  $\sim 37^\circ\text{C}$ . Grafikon 1. prikazuje krivulju proizvodnje bioplina i biometana za frakciju (i) 1,25 mm.



Grafikon 1. Proizvodnja bioplina i biometana po danima za frakciju (i) 1,25 mm

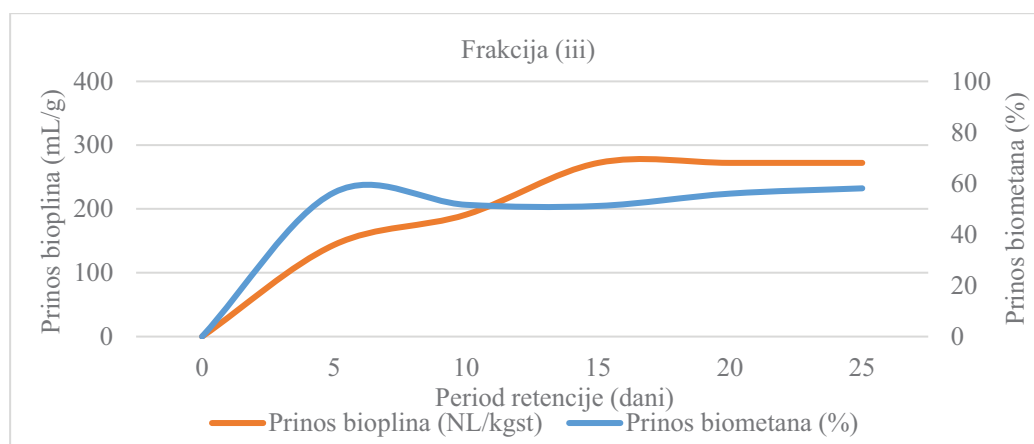
Iz Grafikona 1. vidljivo je da je unutar prvih 5 dana količina bioplina iznosila  $184,15\text{ mL g}^{-1}$ , nakon čega je stagnirala do 15. dana, kada postiže svoj maksimum od  $246,2\text{ mL g}^{-1}$ . Udio biometana proizvedenog unutar prvih 5 dana iznosio je 52,19 %. U narednim danima, prinos je bio oko 1,53 %, dok nije dosegao svoj maksimum 20. dan koji je iznosio 56,79 %.

Grafikon 2. prikazuje krivulju proizvodnje bioplina i biometana za frakciju (ii) 500  $\mu\text{m}$ .



Grafikon 2. Proizvodnja bioplina i biometana po danima za frakciju (ii) 500  $\mu\text{m}$

Iz Grafikona 2. može se uočiti da je od početka retencijskog perioda očigledan kontinuirani rast u proizvodnji bioplina. U prvih 5 dana prinos bioplina iznosio je  $198,66\text{ mL g}^{-1}$ . Narednih 10 dana prinos bioplina naglo je porastao do  $347,98\text{ mL g}^{-1}$ . Nakon toga, uslijedio je usporeni rast, dok nije dosegao maksimum 20. dan u iznosu od  $369,06\text{ mL g}^{-1}$ . To je ujedno i najveći dobiveni udio među istraživanim frakcijama, dok je najveći udio biometana dobiven 15. dan i iznosio je 57,21 %. Proizvodnja bioplina i biometana kod frakcije (iii)  $<500\text{ }\mu\text{m}$  prikazan je u Grafikonu 3.



Grafikon 3. Proizvodnja bioplina i biometana po danima za frakciju (iii) <math><500 \mu\text{m}</math>

Iz Grafikona 3. vidljivo je da je u prvih 5 dana prinos bioplina iznosio je  $143,62 \text{ mL g}^{-1}$  te je kontinuirano rastao (u prosjeku za  $65 \text{ mL g}^{-1}$ ), sve dok nije dosegao maksimum proizvodnje 15. dan ( $272,15 \text{ mL g}^{-1}$ ). S druge strane, udio biometana u prvih 5 dana iznosio je  $56,46 \%$ , nakon čega je uslijedio period smanjenja (u prosjeku od  $2,94 \%$ ) do 20. dana. Najveći udio biometana postignut 25. dan ( $58,06 \%$ ), što je i najveći udio od svih istraživanih frakcija. Rukavina (2019.) u svojem istraživanju uspoređuje proizvodnju bioplina svježe goveđe gnojovke (kontrolna skupina) te smjese svježe goveđe gnojovke i svježe biomase miskantusa (eksperimentalna skupina). Količina proizvedenog bioplina za kontrolnu skupinu iznosila je  $16,18 \text{ mL g}^{-1}$  dok je za eksperimentalnu iznosila  $146 \text{ mL g}^{-1}$ , što je niže od vrijednosti bioplina dobivenih u ovom istraživanju. Slične rezultate dobivaju Al Seadi i sur. (2008) za ukupnu količinu bioplina iz kukuruzne silaže koja je bila  $202 \text{ mL g}^{-1}$ , u odnosu na miskantus, kod kojeg je količina proizvedenog bioplina bila  $146,04 \text{ mL g}^{-1}$ . Biometan je u kukuruznoj silaži bio zastupljen s  $52 \%$  dok je u miskantusu bio s  $51,67 \%$ . Nges i sur. (2016.) u svom istraživanju predtretiraju *M. lutarioriparius* procesom usitnjavanja. Autori su zaključili da je smanjenje veličine čestice biomase dovelo do značajnog poboljšanja u prinosu metana i stopi proizvodnje metana te da predtretmani mogu pospješiti učinkovitost anaerobne digestije do  $71 \%$  teoretskog prinosa metana *M. lutarioriparius*.

### Zaključak

Na temelju provedenog istraživanja, može se zaključiti da se učinkovitost procesa mijenja ovisno o veličini čestice miskantusa. U provedenom istraživanju, biorazgradivost miskantusa je bila veća kod ulaznih čestica manje veličine, što je moguće objasniti činjenicom da je mehaničkim usitnjavanjem došlo do bolje dostupnosti složenih struktura supstrata – lignina, celuloze i hemiceluloze u procesu anaerobne digestije.

### Napomena

Ovo istraživanje financirano je putem OP Konkurentnost i kohezija 2014-2020, projekta KK.01.1.1.07.0078 „Održiva proizvodnja bioplina zamjenom kukuruzne silaže poljoprivrednim energetskim kulturama“ i Obzor 2020 BBI-DEMO projekta br. 745012 „GRowing Advanced industrial Crops on marginal lands for bioRefineries - GRACE”.

### Literatura

- Al Seadi T., Rutz D., Prassl H., Köttner M., Finsterwalder T., Volk S., Rainer J. (2008). Priručnik za bioplin. Biogas for Eastern Europe. Nacionalni dodatak EIHP.
- Amon T., Amon B., Kryvoruchko V., Machmüller A., Hopfner-Sixt K., Bodiroza V., Hrbek R., Friedel J., Pötsch E., Wagenristl H., Schreiner M., Zollitsch W. (2007). Methane

- production through anaerobic digestion of various energy crops grown in sustainable crop rotations. *Bioresour Technology*. 98: 3204-3212.
- Angelidaki I., Ahring B.K. (2000). Methods for increasing the biogas potential from the recalcitrant organic matter contained in manure. *Water science and technology*. 41:189-194.
- Bilandžija N., Voća N., Leto J., Jurišić V., Grubor M., Matin A., Geršić A., Krička T. (2018). Yield and biomass composition of *Miscanthus x giganteus* in the mountain area of Croatia. *Transactions FAMENA*. 42(SI-1): 51-60.
- Demirbas A. (2004). Combustion characteristics of different biomass fuels. *Progress in energy and combustion science*. 30(2): 219-230.
- COM (2022) 108 final (2022). REPowerEU: Joint European Action for more affordable, secure and sustainable energy. European Commission, Brussels
- Francescato V., Antonini E., Zuccoli Bergomi L., Metschina C., Schnedl C., Krajnc N., Stranieri S. (2008). Priručnik o gorivima iz drvene biomase. REGEA, (ur.) V. Šegon, Zagreb, Hrvatska, 1-84.
- Grubor M., Matin A., Bilandžija N., Bischof S., Jurišić V., Kontek M., Krička T. (2021). Miscanthus and maize stalk as source for green energy production. *Zbornik radova. 48th International Symposium Actual Tasks on Agricultural Engineering*. 455-461.
- Jenkins B.M., Baxter L.L., Miles T.R. (1998). Combustion properties of biomass. *Fuel Processing Technology*. 54: 17-46.
- Kramar, B. (2018). Iskoristivost posliježetvenih ostataka kukuruza i pšenice za energetske svrhe. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.
- Nges I. A., Li C., Wang B., Xiao L., Yi Z., Liu J. (2016). Physio-chemical pretreatments for improved methane potential of *Miscanthus lutarioriparius*. *Fuel*. 166: 29-35.
- Rukavina J. (2019). Mogućnost proizvodnje bioplina iz miskantusa (*Miscanthus x giganteus*). Diplomski rad. Sveučilište Josip Juraj Strossmayer u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.

## **Biogas production from miscanthus in dependence of the particle size of the raw material**

### **Abstract**

Majority of the biogas plants in the EU use corn silage as a co-substrate in the biogas production. Although the production from corn silage is the most efficient and technically advanced option, it could result in a serious competition between energy supply and food, which is not desirable in the long run. Having in mind the new EU guidelines through the REPowerEU programme (March 2022), the biogas production has to become non-competitive towards the food sector, as well as sustainable from the raw material point of view. For this reason, energy crops, such as miscanthus, are an ideal solution, both environmentally and economically. The objective of this study was to determine the biodegradability of miscanthus during the anaerobic digestion, depending on the particle size of the raw material. The obtained results support the claim that the size of the input substrate fraction affects biogas and biomethane production.

**Key words:** miscanthus, biogas, particle size