

Mogućnost korištenja *Arundo donax* L. kao sirovine za proizvodnju bioplina obzirom na vrijeme žetve

Matin, Ana; Krička, Tajana; Grubor, Mateja; Kontek, Mislav; Špelić, Karlo; Tomić, Ivana; Jurišić, Vanja

Source / Izvornik: **58. hrvatski i 18. međunarodni simpozij agronoma : zbornik radova, 2023, 449 - 454**

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:204:724304>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

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



Mogućnost korištenja *Arundo donax* L. kao sirovine za proizvodnju bioplina obzirom na vrijeme žetve

Ana Matin, Tajana Krička, Mateja Grubor, Mislav Kontek, Karlo Špelić, Ivana Tomić, Vanja Jurišić

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

Sažetak

Većina bioplinskih postrojenja u EU koristi kukuruznu silažu kao kosupstrat u proizvodnji bioplina, što predstavlja ozbiljnu konkurenciju između opskrbe energijom i proizvodnje hrane. Zbog toga su višegodišnji energetske usjevi poput *Arundo donax* L. idealno rješenje, kako ekološki tako i ekonomski. U ovome istraživanju uzorci su prikupljeni u ožujku (proljetna žetva) i rujnu (jesenska žetva) 2021. godine, nakon čega su određena negoriva i goriva svojstva, ogrjevna vrijednost te je proveden proces anaerobne digestije. Utvrđeno je kako vrijeme žetve utječe na energetska svojstva biomase i na konačan prinos bioplina te kako je *Arundo donax* L. pokazao uspješne performanse.

Ključne riječi: *Arundo donax* L., vrijeme žetve, energetska svojstva, bioplin

Uvod

Proizvodnja energije iz obnovljivih izvora korisna je u smanjenju globalnog zagrijavanja i dekarbonizaciji energetskih sustava samo ako procjena životnog ciklusa (LCA) učinkovito dokaže da je emitirani CO₂ manji od onoga koji emitiraju konvencionalne fosilna goriva (Hiloidhari i sur., 2017.). Naime, fosilna goriva i industrija predstavljaju najveći antropogeni izvor emisija stakleničkih plinova (GHG), te su prema podacima za 2015. godinu, odgovorni za 91 % svjetskih emisija GHG i za oko 70 % svih antropogenih emisija GHG (Šantek, 2020.). Upravo je to razlog za pronaći rješenje za zadovoljenje energetskih potreba iz obnovljive energije uz najmanju štetu za okoliš, a kao jedan od takvih nameće se bioplin. Bioplin je obnovljivo energetske gorivo koje nastaje tijekom razgradnje složene organske tvari u atmosferi bez kisika procesom anaerobne digestije (Barbera i sur., 2019). Anaerobna digestija dovodi do mineralizacije organske tvari tijekom procesa tako da se hranjive tvari u organskim oblicima (npr. N i P) pretvaraju u mineralne i lako dostupne oblike (Tambone i sur., 2010.; Tambone i sur., 2017.). Sastav bioplina je 50-75 % metana i 25-45 % ugljičnog dioksida, s malim količinama vodene pare, kisika, dušika, amonijaka, vodika i sumporovodika (Rotunno i sur. 2017.).

U većini bioplinskih postrojenja, kukuruzna silaža je glavni supstrat za proizvodnju bioplina, što uzrokuje probleme kao iskorištavanje zemljišta namijenjenog za uzgoj hrane, rast tržišnih cijena sirovine, ugrožavanje stočarske proizvodnje, a ono što je najvažnije, kompeticija sa sirovinama za proizvodnju hrane. Iz tog razloga počinju se koristiti zamjenske kulture u proizvodnji bioplina, a jedna od takvih je energetska kultura *Arundo donax* L. Korištenje energetskih usjeva za proizvodnju bioplina je efikasnije jer su oni produktivniji u smislu proizvedenog metana po kg biomase, što omogućuje uspostavu bioplinskih postrojenja srednje veličine (1 MW) (Corno i sur., 2015.).

Arundo donax L. je višegodišnja energetska kultura rasprostranjena po cijelom svijetu u sredinama s umjerenom klimom. Raste uz jezera, bare i rijeke, ali i u ekosustavima s manjom dostupnošću vode i na različitim vrstama tla (Lewandowski i sur., 2003.). Jedna od najvažnijih i prepoznatljivih karakteristika ove biljke je proizvodnja velike količine biomase po hektaru (ha) (Angelini i sur., 2009). Prednost uzgoja ove energetske kulture je mala ili nikakva upotreba gnojiva i pesticida što znači i niske troškove uzgoja i mali utjecaj na okoliš (Riffaldi i sur., 2010; Corno i sur., 2015; Soldatos i sur., 2015.).

S druge strane, veći prinos biomase po jedinici površine u usporedbi s drugim energetskim usjevima (Corno i sur., 2014.) omogućuje *Arundo donax* L. da proizvede puno više bioplina po jedinici kultivirane površine. Kako su izvijestili Corno i sur. (2014.), Ragolini i sur. (2014.) te Schievano i sur. (2014.), dobiveni prinos metana može biti veći od 9000 Nm³/ha.

Stoga je cilj ovog rada utvrditi mogućnost korištenja *Arundo donax* L. kao sirovine za proizvodnju bioplina s obzirom na vrijeme žetve.

Materijal i metode

Analizirani su uzorci biomase brzorastuće energetske kulture *Arundo donax* L. uzojene na pokušalištu Šašinovec Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta. Uzorci su prikupljeni u dvije žetve 2021. godine: proljetnoj (ožujak) te jesenskoj (rujan).

Istraživane su ulazne sirovine te su određena negoriva i goriva svojstva te ogrjevna vrijednost, kao i proizvodnja bioplina. Analiziran je sadržaj vode (HRN EN 18134-2:2015) u laboratorijskoj sušnici, pepela (HRN EN ISO 18122:2015) i koks (CEN/TS 15148:2009) u mufolnoj pećnici. Kako bi se dobio uvid u elementarni sastav određen je udio ugljika, vodika, dušika i sumpora metodom suhog izgaranja u Vario, Macro CHNS analizatoru (Elementar Analysensysteme GmbH, Njemačka), u skladu s protokolima za određivanje ugljika, vodika i dušika (HRN EN ISO 16948:2015) i sumpora (HRN EN ISO 16994:2015), dok će se sadržaj kisika izračunati iz razlike. Odrediti će se i ogrjevna vrijednost ISO metodom (HRN EN 14918:2010) pomoću IKA C200 kalorimetra (IKA Analysentechnik GmbH, Heitersheim, Njemačka). Anaerobna digestija provedena je u laboratorijskom bioreaktoru (CROTEH, Hrvatska) tijekom 26 dana pri temperaturi 39°C pri čemu je praćena produkcija bioplina i biometana (mL).

Rezultati i rasprava

Nakon provedenih analiza ulaznih sirovina u tablici 1. prikazani su rezultati negorivih svojstva, u tablici 2. rezultati sadržaja gorivih svojstava, a u tablici 3. rezultati ogrjevne vrijednosti *Arundo donax* L.

Tablica 1. Rezultati negorivih svojstava ulazne sirovine

Istraživani parametri (%)	<i>Arundo donax</i> L.	<i>Arundo donax</i> L.
	Jesenska žetva	Proljetna žetva
Vlaga	55,86	40,28
Pepeo	4,84	4,06
Koks	11,40	18,26
Fiksirani ugljik	6,56	14,20
Dušik	0,39	0,32

Sadržaj vode bio je niži nakon proljetne žetve što je potvrđeno i istraživanjima Liu i sur. (2016.) koji utvrđuju da se kasnijom žetvom smanjuje sadržaj vode jer se uzorci počinju prirodno sušiti. Sadržaj pepela je jedan od glavnih čimbenika kvalitete biomase jer veće količine pepela smanjuju kvalitetu goriva, međutim, u proizvodnji bioplina sadržaj pepela nije kritičan čimbenik. Prema Krička i sur. (2017.), sadržaj pepela u *Arundo donax* L. bio je 3,56 %, dok se u ovome istraživanju sadržaj pepela kretao od 4,06 % do 4,84 % te je kao i sadržaj vode bio niži u proljetnoj žetvi. Ukoliko je sadržaj koks i fiksiranog ugljika veći gorivo je kvalitetnije. Tako je sadržaj fiksiranog ugljika iznosio od 6,56 do 14,20 %, što je manje od 18,4 % koje navode Jegurim i Trouve (2010.). Sadržaj dušika kretao se od 0,32 do 0,39 %, ovisno o žetvi, i nešto je veći od 0,3 % koje navode Licursi i sur. (2015.).

Tablica 2. Rezultati gorivih svojstava ulazne sirovine

Istraživani parametri (%)	<i>Arundo donax</i> L. Jesenska žetva	<i>Arundo donax</i> L. Proljetna žetva
Ugljik	46,10	46,61
Sumpor	0,10	0,09
Vodik	5,54	5,55
Kisik	47,86	47,41
Hlapiva tvar	82,52	79,88

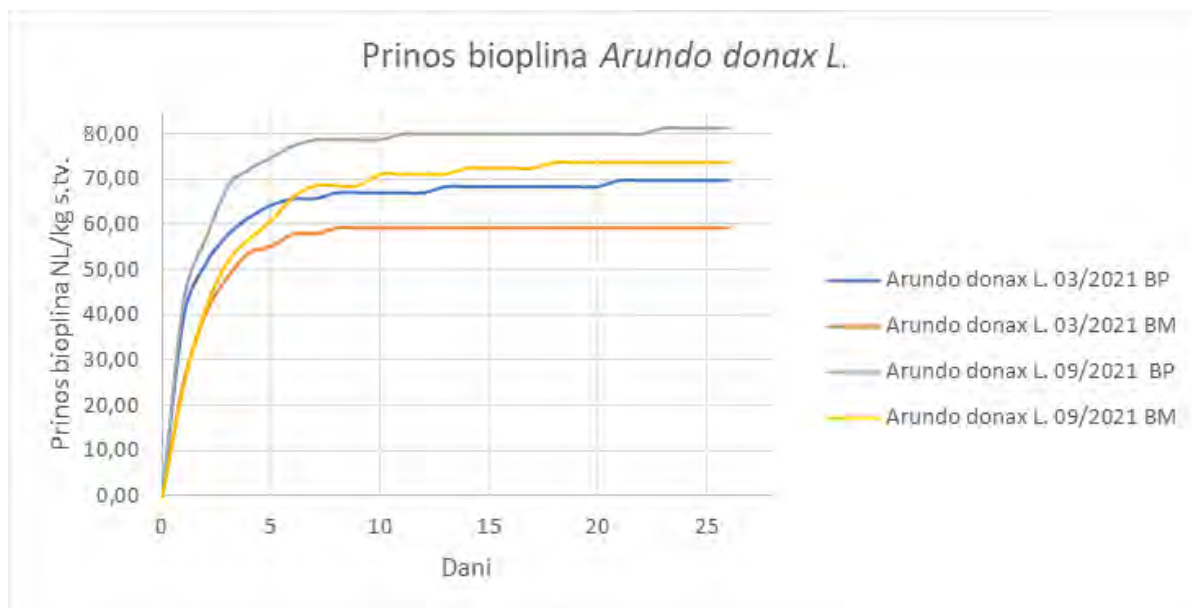
Sadržaj ugljika u biomasi je poželjno svojstvo dok je optimalni omjer s dušikom 25:1 (Al Seadi i sur., 2009.). Sadržaj ugljika kretao se oko 46 %, a vodika oko 5,55 % ukazujući da se vrijednosti nisu značajno razlikovale s obzirom na vrijeme žetve, što je u suglasju sa navodima literature Licursi i sur. (2015.) koje su iznosile 44,8 % za ugljik te 6,0 % za vodik. Hills i sur. (1979.) utvrdili su da povećanje omjera C/N utječe na smanjenje koncentracije metana u bioplina. Sadržaj sumpora, štetnog elementa biomase, u uzorcima se kretao oko 0,10 % što je niže od 0,26 % koje su dobili Grubor i sur. (2020). Kisik koji smanjuje ogrjevnost biomase kretao se oko 47 %, što je također usporedivo s literaturnim navodima Licursi i sur. (2015.) te Grubor i sur. (2020.). Sadržaj hlapljivih tvari bio je od 79 % do 82 %, a pokazuje da će se tijekom izgaranja najveći dio biomase ispariti i izgorjeti kao plin u sustavu (García i sur., 2012.).

Tablica 3. Rezultati ogrjevnosti ulazne sirovine

Istraživani parametri (MJ kg ⁻¹)	<i>Arundo donax</i> L., jesenska žetva	<i>Arundo donax</i> L., proljetna žetva
Gornja ogrjevnost, HHV	17,85	16,64
Donja ogrjevnost, LHV	17,69	16,53

Iz tablice 3. uočava se kako HHV ovisi o roku žetve te je bila 17,85 MJ kg⁻¹ kod jesenske i 16,64 MJ kg⁻¹ kod proljetne žetve pa je vidljivo da su rezultati u suglasju sa navodima literature. Tako Grubor i sur. (2020.) navode HHV od 17,61 MJ kg⁻¹, te LHV od 16,62 MJ kg⁻¹, dok Jurišić i sur. (2014.) navode 17,20 MJ kg⁻¹ za HHV i 16,28 MJ kg⁻¹ za LHV.

Na grafu 1. prikazana je količina proizvedenog bioplina po danima za proljetnu i jesensku žetvu.



Grafikon 1. Količina proizvedenog bioplina iz ulaznih sirovina

Iz Grafikona 1. vidljiva je produkcija bioplina nakon obje žetve. Biomasa iz jesenske žetve imala je najveći ukupni prinos bioplina od 81,15 NL kg⁻¹st koji je dostignut u 23. danu anaerobne digestije. Ista žetva imala je jednak intenzitet proizvodnje biometana u prvim danima fermentacije te je maksimalan prinos od 73,73 NL kg⁻¹st u 18. danu fermentacije. S druge strane, proljetna žetva imala je niži ukupni prinos bioplina od 69,55 NL kg⁻¹st koji je dostignut u 21. danu fermentacije, dok je ukupan prinos biometana bio 59,18 NL kg⁻¹st već u 8. danu. Kao što je vidljivo *Arundo donax* L. može se efikasno iskoristiti u proizvodnji bioplina kao supstitucija ili dodatak tradicionalnim energetskim kulturama u kodigestiji s životinjskim gnojem ili drugom biomasom.

Zaključak

Temeljem vlastitih istraživanja mogućnosti korištenja biomase kulture *Arundo donax* L., ovisno o roku žetve, kao sirovine za proizvodnju bioplina mogu se utvrditi kvalitetna energetska svojstva s obzirom na sadržaj negorivih (niži sadržaj pepela) te gorivih tvari (visok sadržaj ugljika i vodika). HHV je ovisila o vremenu žetve i kretala se od 16,64 do 17,85 MJ kg⁻¹, dok je LHV bila između 16,53 i 17,69 MJ kg⁻¹. Ove vrijednosti pokazatelj su visokog energetskog potencijala, što je dokazano i visokom produkcijom bioplina iz jesenske žetve koja je imala najveći ukupni prinos od 81,15 NL kg⁻¹st te prinos biometana od 73,73 NL kg⁻¹st. Iz svega navedenom može se zaključiti da se *Arundo donax* L. može koristiti u proizvodnji bioplina kao dodatak ili potpuna zamjena kukuruzne silaže.

Literatura

- Al Seadi T., Rutz D., Prassl H., Köttner M., Finsterwalder T., Volk S., Janssen R. (2009). Priručnik za bioplin. Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb.
- Angelini L.G., Ceccarini L., Di Nasso N.N., Bonari E. (2009). Comparison of *Arundo donax* L. and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in Central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance. *Biomass and bioenergy*. 33 (4): 635-643.
- Barbera E., Menegon S., Banzato D., D'Alpaos C., Bertucco A. (2019). From biogas to biomethane: A process simulation-based techno-economic comparison of different upgrading technologies in the Italian context. *Renewable Energy*. 135: 663-673.
- CEN/TS 15148:2009 Solid biofuels - Method for the determination of the content of volatile matter. European Committee for Standardization.

- Corno L., Pilu R., Adani F. (2014). *Arundo donax* L.: a non-food crop for bioenergy and bio-compound production. *Biotechnology advances*. 32 (8): 1535-1549.
- Corno L., Pilu R., Tambone F., Scaglia B., Adani F. (2015). New energy crop giant cane (*Arundo donax* L.) can substitute traditional energy crops increasing biogas yield and reducing costs. *Bioresource Technology*. 191: 197-204.
- HRN EN 14918:2010. Solid biofuels - Determination of calorific value. Europska komisija za standardizaciju.
- HRN EN 18134-2:2015. Solid biofuels - Methods for the determination of moisture content. Europska komisija za standardizaciju.
- HRN EN ISO 16948:2015. Solid biofuels - Determination of total content of carbon, hydrogen and nitrogen. Europska komisija za standardizaciju.
- HRN EN ISO 16994:2015. Solid biofuels - Determination of total content of sulfur and chlorine. Europska komisija za standardizaciju.
- HRN EN ISO 18122:2015. Solid biofuels - Methods for the determination of ash content. Europska komisija za standardizaciju.
- García, R., Pizarro, C., Lavín, A.G., Bueno, J.L. (2012). Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. *Bioresource technology*. 103(1): 249-258.
- Grubor M., Jurišić V., Bilandžija N., Kovačević Z., Krička T. (2020). *Arundo donax* L. kao sirovina u biorafinerijskom procesu. Zbornik radova, 55. hrvatski i 15. međunarodni simpozij agronoma, 558.
- Hills D.J. (1979). Biogas from dairy and carbonaceous wastes at high solids. *Biogas from dairy and carbonaceous wastes at high solids*. 79-4582.
- Hiloidhari M., Baruah D.C., Singh A., Katak S., Medhi K., Kumari S., Ramachandra T.V., Jenkins B.M., Thakur I.S. (2017). Emerging role of Geographical Information System (GIS), Life Cycle Assessment (LCA) and spatial LCA (GIS-LCA) in sustainable bioenergy planning. *Bioresource technology*. 242: 218-226.
- Jeguirim M., Trouve G. (2009). Pyrolysis characteristics and kinetics of *Arundo donax* using thermogravimetric analysis. *Bioresource Technology*. 100 (17): 4026–4031.
- Jurišić V., Bilandžija N., Krička T., Leto J., Matin A., Kuže I. (2014). Fuel properties' comparison of allochthonous *Miscanthus x giganteus* and autochthonous *Arundo donax* L.: a study case in Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 79 (1): 7-11.
- Krička T., Matin A., Bilandžija N., Jurišić, V., Antonović A., Voća N., Grubor M. (2017). Biomass valorisation of *Arundo donax* L., *Miscanthus x giganteus* and *Sida hermaphrodita* for biofuel production. *International Agrophysics*. 31 (4):575–581.
- Lewandowski I., Scurlock J.M., Lindvall E., Christou M. (2003). The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and bioenergy*. 25 (4): 335-361.
- Licursi D., Antonetti C., Bernardini J., Cinelli P., Coltelli M.B., Lazzeri A., Galletti, A.M.R. (2015). Characterization of the *Arundo donax* L. solid residue from hydrothermal conversion: Comparison with technical lignins and application perspectives. *Industrial Crops and Products*. 76: 1008-1024.
- Liu S., Ge X., Liu Z., Li Y. (2016). Effect of harvest date on *Arundo donax* L. (giant reed) composition, ensilage performance, and enzymatic digestibility. *Bioresource Technology*. 205: 97-103.
- Ragagnoli G., Dragoni F., Simone M., Bonari E. (2014). Suitability of giant reed (*Arundo donax* L.) for anaerobic digestion: Effect of harvest time and frequency on the biomethane yield potential. *Bioresource technology*. 152: 107-115.
- Riffaldi R., Saviozzi A., Cardelli R., Bulleri F., Angelini L. (2010).

Comparison of soil organic-matter characteristics under the energy crop giant reed, cropping sequence and natural grass, Comm. in Soil Science and Plant Analysis. 41: 173–180

Schievano A., Tenca A., Lonati S., Manzini E., Adani F. (2014). Can two-stage instead of one-stage anaerobic digestion really increase energy recovery from biomass?. Applied energy. 124: 335-342.

Rotunno P., Lanzini A., Leone P. (2017). Energy and economic analysis of a water scrubbing based biogas upgrading process for biomethane injection into the gas grid or use as transportation fuel. Renewable Energy. 102: 417-432.

Soldatos P. (2015). Economic aspects of bioenergy production from perennial grasses in marginal lands of South Europe. BioEnergy Research. 8 (4): 1562-1573.

Tambone F., Scaglia B., D'Imporzano G., Schievano A., Orzi V., Salati S., Adani F. (2010). Assessing amendment and fertilizing properties of digestates from anaerobic digestion through a comparative study with digested sludge and compost. Chemosphere. 81 (5): 577-583.

Tambone F., Orzi V., D'Imporzano G., Adani F. (2017). Solid and liquid fractionation of digestate: Mass balance, chemical characterization, and agronomic and environmental value. Bioresource Technology. 243: 1251-1256.

Šantek I. (2020). Pravni okvir za obnovljive izvore energije u pravu Europske unije. Zbornik radova Pravnog fakulteta u Splitu. 57 (3): 803-827.

Napomena

Ovo istraživanje financirano je putem OP Konkurentnost i kohezija 2014-2020, projekt KK.01.1.1.07.0078 „Održiva proizvodnja bioplina zamjenom kukuruzne silaže poljoprivrednim energetske kulturama“.

The possibility of using *Arundo donax* L. as raw material for biogas production considering the harvest time

Abstract

Most biogas plants in the EU use corn silage as a co-substrate in biogas production, which represents a serious competition between energy supply and food production. This is why perennial energy crops like *Arundo donax* L. are an ideal solution, both ecologically and economically. In this study, samples were collected in March (spring harvest) and September (autumn harvest) of 2021, after which non-fuel and fuel properties, calorific value were determined and the process of anaerobic digestion was carried out. It was determined that the time of harvest affects the energy properties of biomass and the final yield of biogas, and that *Arundo donax* L. showed successful performance.

Keywords: *Arundo donax* L., harvest time, energy properties, biogas

The research was financed by the OP “Competitiveness and Cohesion” 2014-2020, project KK.01.1.1.07.0078 „Sustainable biogas production by substituting corn silage with agricultural energy crops“.