

# Potencijal biorazgradivog otpada kao sirovine za proizvodnju bioplina i digestata

---

**Puntarić, Eda; Voća, Neven; Pezo, Lato; Ribić, Bojan**

*Source / Izvornik:* **Zbornik radova 57. hrvatskog i 17. međunarodnog simpozija agronoma, 2022, 656 - 660**

**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:204:863042>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-09**



*Repository / Repozitorij:*

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



## Potencijal biorazgradivog otpada kao sirovine za proizvodnju bioplina i digestata

Eda Puntarić<sup>1</sup>, Neven Voća<sup>2</sup>, Lato Pezo<sup>3</sup>, Bojan Ribić<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja Republike Hrvatske, Radnička 80, Zagreb, Hrvatska (nvoca@agr.hr)

<sup>2</sup>Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska

<sup>3</sup>Sveučilište u Beogradu, Institut za opštu i fizičku hemiju, Beograd, Srbija

<sup>4</sup>Zagrebački holding - podružnica Čistoća, Radnička 82, Zagreb, Hrvatska

### Sažetak

Kontinuiranim povećanjem broja stanovnika, kao i poboljšanjem standarda dolazi i do povećanja proizvodnje otpada. Stoga ne čudi da sve veće količine otpada uzrokuju zabrinutost zbog ekonomske i ekološke održivosti trenutnog načina gospodarenja komunalnim otpadom. Gospodarenje biorazgradivim komunalnim otpadom od posebnog je značenja zbog njegovog potencijala u proizvodnji komposta ili kao sirovine u bioplinskim postrojenjima za proizvodnju energije i digestata. Izgradnjom bioplinskih postrojenja osigurali bi se uvjeti za provedbu odvojenog prikupljanja biorazgradivog otpada, povećala bi se proizvodnja energije iz obnovljivih izvora i posljedično smanjila količina odloženog otpada.

**Ključne riječi:** komunalni otpad, biorazgradivi otpad, bioplin, količine

### Uvod

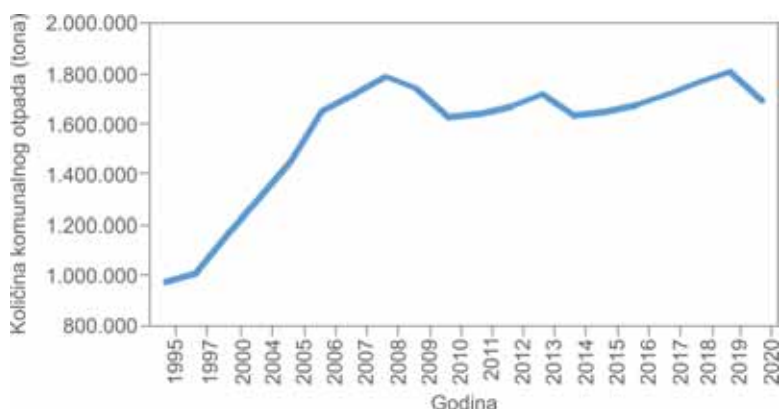
Zakon o gospodarenju otpadom definira otpad kao „svaku tvar ili predmet koje posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti“ (NN 84/21.). Otpad i njegova proizvodnja neizbježni su rezultat ljudskog postojanja, a opasnost od lošeg upravljanja otpadom ozbiljan je globalni problem. S povećanjem broja stanovništva povećava se i količina nastalog otpada te istodobno dolazi do veće proizvodnje otpada po jedinici površine čime se smanjuje udio zemljišta dostupnog za njegovo odlaganje (Barles, 2014.). Gospodarenje otpadom označava bilo koju aktivnost nad otpadom, kao što su sakupljanje otpada, prijevoz, uporaba i zbrinjavanje otpada. U današnje vrijeme posebna pozornost usmjerena je na gospodarenje otpadom, a glavni ciljevi gospodarenja otpadom su zaštita ljudi i okoliša te očuvanje resursa (Brunner i Fellner, 2007.).

Današnja politika Europske unije (EU) odražava prestanak shvaćanja otpada kao problema i prelazak na razmišljanje i iskorištavanje otpada kao resursa. Navedeno se provodi poštivajući red prvenstva u gospodarenju otpadom. Red prvenstva predstavlja koncept koji izražava principe minimiziranja štete koju uzrokuje gospodarenje otpadom na okoliš gdje se prednost daje recikliranju i ponovnoj upotrebi otpada. Najmanje poželjna opcija u ovom konceptu je zbrinjavanje otpada, zatim slijede drugi postupci uporabe u obliku termičke obrade materijala u kombinaciji s energetsom uporabom, nakon čega slijedi recikliranje. Recikliranje se odnosi na transformacije rastavljanjem, sortiranjem i cirkulacijom materijalima, kako bi se omogućio njihov ponovni ulazak u industrijske i biološke proizvodne procese. Sljedeći korak u redu prvenstva je priprema za ponovnu uporabu, a najpoželjnija opcija je sprječavanje da određena tvar ili materijal postanu otpad. (Hultman i Corvellec, 2012.; HAOP, 2018.).

### Proizvodnja mješanog komunalnog otpada

Prema zadnje raspoloživim podacima, u 2019. godini u EU je nastalo gotovo 225 milijuna tona komunalnog otpada. Podijeljeno po stanovnicima, to odgovara količini od 502 kilograma komunalnog otpada po stanovniku. Riječ je o malom porastu u usporedbi s 2018. godinom kada je nastalo 220 milijuna tona komunalnog otpada odnosno 495 kilograma po stanovniku (Eurostat, 2020., 2021a). Iako su količine u 2019. godini bile u blagom porastu u usporedbi s 2018. godinom, nisu nadmašene najveće količine komunalnog otpada od 518 kilograma po osobi koje su zabilježene u 2008. godini (Eurostat, 2020.). Na prostoru EU, količina komunalnog otpada razlikuje se od države do države krećući se od 280 kilograma po stanovniku u Rumunjskoj do 844 kilograma po stanovniku u Danskoj. Zemlje koje su generirale najviše otpada i to više od 600 kilograma po stanovniku bile su Luksemburg (791 kilograma), Malta (694 kilograma), Cipar (642 kilograma) i Njemačka (609 kilograma). Na drugom kraju ljestvice, uz Rumunjsku su još samo tri države članice EU stvorile manje od 400 kilograma po osobi i to Poljska (336 kilograma), Estonija (369 kilograma) i Mađarska (387 kilograma) (Eurostat, 2021a.; Eurostat, 2021b.). Varijacije u količinama nastalog komunalnog otpada u državama članicama EU odražavaju razlike u obrascima potrošnje i ekonomskom bogatstvu, ali ovisi i o načinu prikupljanja i upravljanja komunalnim otpadom (Namlis i Komilis, 2019.). U zemljama s nižim BDP-om stanovnici uglavnom troše manje robe i generiraju manje otpada nego što to čine razvijene zemlje (Kumar i sur, 2011.)

Prvi podaci o nastalom komunalnom otpadu u Republici Hrvatskoj (RH) odnose se na podatke iz 1995. godine, dok je kontinuirano praćenje nastalog komunalnog otpada započelo od 2004. godine nadalje, iako su se podaci do 2005. godine u najvećoj mjeri temeljili na procjenama. Gledajući količine nastalog komunalnog otpada u RH od 1995. godine (slika 1.) primjećuje se porast ukupnih količina nastalog komunalnog otpada do 2008. godine. Od 2008. do 2010. godine dolazi do smanjenja količina nastalog komunalnog otpada što je povezano s gospodarskom krizom 2008. godine i njezinim posljedicama. Od 2010. do 2019. godine količine nastalog komunalnog otpada su u stalnom porastu. Nakon dugogodišnjeg porasta, u 2020. godini dolazi do pada ukupno nastalog komunalnog otpada u RH, što je većim dijelom posljedica pandemije uzrokovane korona virusom (Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2021.).



Grafikon 1. Količine ukupno nastalog komunalnog otpada u RH od 1995. do 2020. godine  
Izvor: MINGOR, 2021.).

### Količine biorazgradivog komunalnog otpada

Velik dio komunalnog otpada čini biorazgradivi komunalni otpad. Biorazgradivi otpad je svaki otpad koji je moguće anaerobno ili aerobno razgraditi poput papira i kartona, biootpada, tekstila, drva i dr. Biorazgradivi otpad je širi pojam dok je biootpad vrsta otpada koja spada u biorazgradivi otpad te predstavlja užu pojam koji označava „biološki razgradiv

otpad iz vrtova i parkova, hranu i kuhinjski otpad iz kućanstva, restorana, ugostiteljskih i maloprodajnih objekata i sličan otpad iz proizvodnje prehrambenih proizvoda“ (NN 84/21). Ovisno o lokalnim uvjetima, klimi, izvoru energije, stupnju industrijalizacije i navikama potrošača u pogledu konzumacije hrane i pića, u pravilu se u EU između 60 i 85 % komunalnog otpada sastoji se od biorazgradivog komunalnog otpada (Garcia i sur., 2005.; Vergara i Tchobanoglous, 2012.). Prema procijenjenom sastavu biorazgradivi dio čini oko 65 % udjela u miješanom komunalnom otpadu u RH (NN 84/21.). S obzirom da se velike količine biorazgradivog otpada i dalje odlažu na odlagalištima te imajući na umu da navedena praksa ima negativan utjecaj na okoliš, neophodno je žurno primijeniti alternativne metode gospodarenja ovom vrstom otpada (Garcia i sur., 2005.). Prema Zakonu o gospodarenju otpadom „najveća dopuštena masa biorazgradivog komunalnog otpada, čije odlaganje u kalendarskoj godini se može dopustiti svim dozvolama za gospodarenje otpadom u Republici Hrvatskoj, je 264.661 tona.“ Navedeni iznos čini 35 % mase biorazgradivog komunalnog otpada proizvedenog u 1997. godini. Također, na odlagališta otpada se do 2035. godine može odložiti najviše 10 % mase ukupno proizvedenog komunalnog otpada. Spomenutim mjerama želi se smanjiti količina odloženog biorazgradivog komunalnog otpada na odlagalištima te indirektno smanjiti proizvodnju stakleničkih plinova na odlagalištima koji nastaje uslijed razgradnje organske tvari i spriječiti potencijalno onečišćenje vode, tla i zraka.

Tablica 1. Nastali i odloženi biorazgradivi komunalni otpad (BKO) u RH, 1997.-2020. (MINGOR, 2021.)

Godina	Nastali BKO (tona)	Odloženi BKO (tona)
2020.	1.058.703	596.013
2019.	1.132.614	679.080
2018.	1.109.011	744.506
2017.	1.091.066	801.238
2016.	1.072.439	831.977
2015.	1.070.783	828.564
2010.	1.012.651	963.889
2005.	971.085	952.969
2000.	873.538	863.538
1997.	756.175	756.175

### Potencijal biorazgradivog komunalnog otpada u proizvodnji bioplina i digestata

O važnosti pravilnog gospodarenja biootpadom kao i o drugim sastavnicama biorazgradivog otpada govori i činjenica da na području EU nastane oko 60 milijuna tona biootpada koji bi se mogao obraditi postupcima kompostiranja i anaerobne digestije (HAOP, 2018.). Koji način obrade biootpada je najpogodniji ovisi o vrsti i karakteristikama otpada koji ulazi u proces kompostiranja ili digestije. Tako u bioplinskim postrojenjima nije uputno koristiti materijal koji sadrži lignin (npr. drvo ili slama) jer lignin može značajno otežati proces anaerobne digestije. To znači da u bioplinska postrojenja ne bi trebalo upućivati vrtni (zeleni) otpad, već bi se isti trebao upućivati u kompostane. Izračuni govore da se iz svake tone otpada podvrgnutog anaerobnoj biološkoj obradi može dobiti od 100 do 200 m<sup>3</sup> bioplina, a svaka tona biootpada ujedno potencijalno predstavlja potencijal od 350 do 400 kilograma digestata (Commission of the European Communities, 2008.). Energetska vrijednost bioplina ovisi o količini metana koju sadrži i obrnuto je proporcionalna količini ugljikovog dioksida. Metan je zapaljiv plin i njegov sadržaj u bioplina je normalno 55-70 %. Jedan kubični metar metana je ekvivalentan oko deset kilovat sati (9,97 kWh) energije. Dakle, ako bioplin sadrži 60 % metana, energetska vrijednost jednog kubičnog metra takvog

bioplina iznosi oko 6 kWh. U slučaju razgradnje biootpada ogrjevna vrijednost kubičnog metra bioplina je oko 0,6 litara lož ulja.

Kada bi se 60 milijuna tona biootpada koji nastane na području EU uistinu obradilo postupcima kompostiranja i anaerobne digestije, umjesto da se odlaže na odlagališta, procjenjuje se da bi došlo do uštede od 1 milijuna tona dušika i 20 milijuna tona organskog ugljika (European Parliament, 2017). Kao i kompost, i digestirani ostatak anaerobne razgradnje može se sigurno upotrebljavati kao gnojivo kod ekološke poljoprivrede (Voća i sur., 2004.). Korištenjem digestata kao materijala za poboljšanje kvalitete tla zatvorio bi se cijeli krug kružnog gospodarstva, iako to na žalost nije uvijek tako. Porazni su podaci koji prikazuju da se 52 % ili 1,3 milijuna tona cjelokupnog digestata anaerobne digestije i dalje odlaže na odlagalište (European Parliament, 2017.). Procjenjuje se kako je u 2020. godini u RH 326.668 tona biootpada odloženo na odlagališta otpada, što znači da se godišnje u RH na odlagalištima odloži između 115 i 130 tisuća tona potencijalnog komposta (MINGOR, 2021.).

U RH je poljoprivreda jedna od najvažnijih gospodarskih grana koja se temelji na prirodnim i komparativnim prednostima - plodnom tlu i povoljnim klimatskim uvjetima. Problem je u tome što poljoprivrednici u RH nemaju običaj koristiti ovu vrstu organskog supstrata dobivenog iz biootpada. Stoga će biti potrebno provesti dodatne aktivnosti na doradi digestata kako bi se komercijalizirao i stvorila mogućnost njegovog daljnjeg korištenja. Nedostatak znanja ključni je problem za korištenje digestata iz biootpada u uzgoju ratarskih ili travnatih kultura. Svakako da bi na početku ciljna skupina korisnika digestata trebala ostati poljoprivredna proizvodnja za neprehrambeni lanac (energetski usjevi, ukrasno bilje, duhan) te travnjaci i parkovi. Treba uzeti u obzir i cijenu korištenja digestata, koja u konačnici mora biti prihvatljiva za poljoprivrednike, odnosno njegova cijena nesumnjivo mora biti niža od cijene organskih gnojiva dobivenih iz poljoprivrede.

### **Zaključak**

U ovom radu prikazan je značajan potencijal održivog gospodarstva biorazgradivim otpadom s ciljem uspostavljanja promijena u svijesti ljudi i načinu gospodarstva s navedenom vrstom otpada s potencijalom za proizvodnju obnovljive energije i korisnog digestata. Ključna korist poljoprivrednih proizvođača ogleda se u uštedi mineralnih gnojiva kao skupe komponente poljoprivredne proizvodnje. Primjerice, na travnjacima, kao glavnoj ciljnoj skupini za primjenu digestata, njegova primjena ima biološke i ekonomske učinke jer može smanjiti iznos ulaganja u proizvodnju. To znači da je moguće ostvariti značajne uštede u troškovima nabave mineralnih gnojiva, čije su cijene nepredvidive i rastu svake godine te ovise i o cijeni prirodnog plina. Uštede na mineralnim gnojivima i ekonomske koristi od korištenja digestata trebale bi biti primarni motiv za njegovo uvođenje u poljoprivrednu proizvodnju u RH. Ujedno bi se riješio problem gospodarstva biorazgradivim otpadom što bi posljedično imalo pozitivne pomake u povećanju stopa odvojenog sakupljanja otpada, smanjenja stopa odloženog otpada i povećanje iskorištavanja prirodnih sirovina.

### **Napomena**

Istraživanja neophodna za ovaj rad dio su projekta IP-2018-01-7472 kojeg financira HRZZ (Hrvatska zaklada za znanost) „Zbrinjavanje mulja kroz proizvodnju energetskih kultura“.

### **Literatura**

- Barles S. (2014). History of Waste Management and the Social and Cultural Representations of Waste. The Basic Environmental History. Environmental History, vol 4. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-09180-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-09180-8_7).
- Brunner H.P., Fellner J. (2007). Setting Priorities for Waste Management in Developing Countries. Waste Management and Research. 25: 234-240.



- Commission of the European Communities (2008). Green paper on the management of bio-waste in the European Union, Brussels. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b2341160-6612-4d97-a147-93308c9c8f5e/language-en>, 15.11.2021
- European Parliament. (2017). Towards a circular economy - Waste management in the EU. Scientific Foresight Unit.
- Eurostat (2020). 492 kg of municipal waste generated per person in the EU. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20200318-1>, 24.5.2021.
- Eurostat (2021a). Half a tonne of municipal waste generated per person in the EU. <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/-/ddn-20210216-1>, 24.5.2021.
- Eurostat (2021b). Municipal waste statistics. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal\\_waste\\_statistics#Municipal\\_waste\\_generation](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_generation), 24.5.2021.
- Garcia A.J., Esteban M.B., Ma´rquez M.C., Ramos P. (2005). Biodegradable municipal solid waste: Characterization and potential use as animal feedstuffs. *Waste Management*. 25: 780–787.
- Hrvatska agencija za okoliš i prirodu. (2018). Unaprjeđenje sustava za prikupljanje podataka o biootpadu i otpadu od hrane. Zagreb
- Hultman J., Corvellec H. (2012). The European Waste Hierarchy: from the sociomateriality of waste to a politics of consumption. *Environment and Planning*. 44: 2413-2427.
- Narodne novine 84 (2021): Zakon o gospodarenju otpadom [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html), 25.8.2021.
- Kumar J.S., Venkata Subbaiah K., Prasada Rao.P.V.V. (2011). Prediction of Municipal Solid Waste with RBF NetWork- A Case Study of Eluru, A.P, India. *International Journal of Innovation, Management and Technology*. 2 (3): 238-243.
- Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2021). Izvješće o komunalnom otpadu za 2020. godinu. Zagreb.
- Namlis K-G., Komilis D. (2019). Influence of four socioeconomic indices and the impact of economic. *Waste Management*. 89: 190-200.
- Vergara S.E., Tchobanoglous G. (2012). Municipal Solid Waste and the Environment: A Global Perspective. *Annual Review of Environment and Resources*. 37: 277–309.
- Voća N., Krička T., Ćosić T., Rupić V., Jukić Ž., Kalambura S. (2004). Kakvoća digestiranog ostatka nakon anaerobne digestije pilećeg gnoja. *Krmiva*. 47(2): 65-72.

## Potential of biodegradable waste as a raw material for biogas production

### Abstract

With the continuous increase in the number of inhabitants, waste generation is also increasing. Likewise, with economic growth and the associated improvement in living standards, there has also been an increase in waste production. It is therefore not surprising that the increasing amount of waste generated each year raises legitimate concerns about the economic viability and environmental sustainability of the current way of managing waste. The study of biodegradable municipal waste is of particular interest as this type of waste has great potential for its relatively simple and cheap use in the form of raw material for compost suitable for further use in agriculture or as feedstock in biogas plants for electricity generation and thermal energy.

**Key words:** Municipal waste, biodegradable waste, biogas, quantities