

# Cirkularna ekonomija i tehnički potencijal poljoprivrednih ostataka u Panonskoj i Sjevernoj Hrvatskoj

Ana Malešević<sup>1</sup>, Jelena Kristić<sup>2</sup>, Lucija Pečurlić<sup>2</sup>, Sanja Jelić Milković<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Studentica diplomskog sveučilišnog studija „Agroekonomika“, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, Osijek, Hrvatska

<sup>2</sup>Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, Osijek, Hrvatska (lbencaric@fazos.hr)

## SAŽETAK

Cirkularna ekonomija predstavlja inovativni pristup gospodarenju resursima koji se temelji na smanjenju otpada, ponovnoj upotrebi, recikliranju i obnovljivim izvorima. U kontekstu poljoprivrednih ostataka, cirkularna ekonomija otvara vrata održivom korištenju resursa radi stvaranja novih vrijednosti. Cilj je rada utvrditi gospodarski potencijal poljoprivrednih ostataka glavnih žitarica (pšenice, ječma i kukuruza), uljarica (suncokreta, soje i uljane repice), šećerne repe te ostataka iz vinogradarstva i voćarstva (jabuke) u Panonskoj i Sjevernoj Hrvatskoj te utvrditi njihov tehnički potencijal iskorištenja. Istraživanje je provedeno na temelju dostupnih statističkih podataka za 2022. godinu, a za izračunavanje tehničkog potencijala žetvenih ostataka Panonske i Sjeverne Hrvatske za 2022. godinu korištena je RenewIslands ADEG metodologija. Na temelju dostupnih podataka izračunat je tehnički potencijal žitarica u 2022. godini od 1.864.398,00 tona, uljarica 574.413,23 tona, šećerne repe 31.663,96 tona te vinove loze i voćaka 80.536,27 tona. Rezultati istraživanja pokazuju da su u Panoniji i Sjevernoj Hrvatskoj dostupne velike količine biomase za daljnju prerađu, koje nažalost još uvijek nisu dovoljno iskorištene. Provedba cirkularne ekonomije u Republici Hrvatskoj zahtijeva usklađene napore na svim razinama gospodarstva i društva. Ovakav pristup ne samo da doprinosi očuvanju okoliša već ima i potencijal za otvaranje novih radnih mjesta i smanjenje negativnih utjecaja na okoliš.

**Ključne riječi:** cirkularna ekonomija, tehnički potencijal, poljoprivredni ostaci, biomasa, otpad, održivost

## UVOD

Cirkularna ili kružna ekonomija je ekonomska strategija koja igra glavnu ulogu u održavanju i unapređenju poljoprivredne proizvodnje. Smanjenje loših utjecaja na okoliš i povećanje iskoristivosti obnovljivih resursa je glavni cilj cirkularne ekonomije. Ova strategija promovira razvoj, obnovu, ponovno korištenje ili recikliranje proizvoda i materijala kako bi

se stvorio ekonomski i ekološki održivi sistem poljoprivredne proizvodnje (Brnčić, 2016). Cirkularna ekonomija se bazira na očuvanje resursa i smanjenje otpada, te se prije svega upravo zbog toga razlikuje od tradicionalnog linearnog modela proizvodnje i potrošnje. U tradicionalnom linearnom modelu, poznatom kao “uzmi, napravi, baci” resursi se koriste za proizvodnju, a dobiveni proizvodi za upotrebu, koji se nakon zadovoljenja određene potrebe bacaju kao otpad. Ovakav pristup značajno utječe na onečišćenje okoliša, povećanje otpada i iscrpljenje resursa (Šušak, 2017.; Cvenić, 2021). Cirkularna ekonomija također se može primijeniti i u poljoprivrednoj proizvodnji. U Europskoj uniji se više od polovice ukupnog otpada odnosi na poljoprivredni otpad. Prema Sadh i sur. (2018) većina otpada iz poljoprivredne djelatnosti i industrije se spaljuje ili se ne zbrinjava na odgovarajući način, a upravo nepravilno zbrinjavanje otpada iz poljoprivredne djelatnosti predstavlja ekološki i klimatski problem koji ima štetan utjecaj na zdravlje ljudi i životinja (Jelić Milković i sur., 2021). U prosjeku, poljoprivredni otpad čini 0.7 milijardi tona od ukupno 1.3 milijarde tona u svijetu (Lončarić i sur., 2021). Sav poljoprivredni otpad, odnosno primarni (ostatci na tlu nakon žetve ili rezidbe i sakupljanja plodova) i sekundarni poljoprivredni ostaci (ostatci koji nastaju preradom: melasa, pulpa, kora, zatim korijen, ljuske itd.) mogu biti sirovina za nove proizvode kao što su npr. proizvodi prehrambene i farmaceutske industrije, kompost i organska gnojiva (Baruya, 2015.; Golubić i sur., 2018.; Jelić Milković i sur., 2021.; Lončarić i sur., 2021). Poljoprivredni ostaci, kao što su žetveni ostaci, izmeti domaćih životinja i ostaci iz industrije voća i vina, mogu se pretvoriti u različite proizvode kao što su organska gnojiva, kompost, prehrambeni proizvodi, farmaceutski proizvodi, električna energija i mnogi drugi.

Upravo takav način gospodarenja primarnim i sekundarnim poljoprivrednim ostacima može doprinijeti povećanju održivosti poljoprivredne proizvodnje. Cilj je radan utvrditi gospodarski potencijal poljoprivrednih ostataka glavnih žitarica, uljarica, šećerne repe te ostataka iz vinogradarstva i voćarstva (jabuke) u Panonskoj i Sjevernoj Hrvatskoj te utvrditi njihov tehnički potencijal iskorištenja.

## MATERIJAL I METODE

Za prikaz stanja i gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj korišteni su sekundarni izvori podataka Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja (2023). Za utvrđivanje tehničkog potencijala odabrana je Panonska i Sjeverna Hrvatska. Te dvije regije (NUTS 2) zajedno čine najintenzivnije područje biljne proizvodnje. Izvori podataka o površinama (ha), proizvodnji (t) i prinosima (t/ha) najvažnijih ratarskih usjeva i ostataka rezidbe iz vinograda i voćnjaka (jabuka) u 13 županija Panonske i Sjeverne Hrvatske u 2022. godini bili su podatci Agencije za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju (2023) i podatci Državnog zavoda za statistiku (2022). Za izračunavanje tehničkog potencijala žetvenih ostataka Panonske i Sjeverne Hrvatske za 2022. godinu korištena je RenewIslands ADEG metodologija prema istraživanjima Scarlet i sur. (2010), Ćosić i sur. (2011) i Asakereh i sur. (2014). RenewIslands ADEG metodologija prvi put je razvijena i korištena na otocima, ali tijekom vremena je nadograđena za upotrebu u drugim regijama te pruža sveobuhvatan okvir za procjenu i optimizaciju korištenja obnovljivih izvora energije. Korištenjem ove metodologije možemo procijeniti tehnički potencijal biomase iz poljoprivrednih ostataka. Metodologija se temelji na analizi četiri koraka

koji se primjenjuju, a to su: mapiranje potreba regije, kartiranje resursa, osmišljavanje scenarija s tehnologijom koja može koristiti raspoložive resurse za pokrivanje potreba i modeliranje scenarija (Duic i sur., 2008). Tehnički potencijal biomase izračunat je za žetvene ostatke žitarica (pšenice, ječma i kukuruza), uljarica (suncokreta, soje i uljane repice), šećerne repe te ostataka iz vinogradarske i voćarske (jabuke) proizvodnje. Tehnički potencijal biomase pšenice i ječma dobije se tako da od ukupne količine žetvenih ostataka spomenutih kultura oduzmemo količinu ostataka potrebnu za gnojidbu, zaštitu tla i stočarsku proizvodnju. Tehnički potencijal biomase kod kukuruza, suncokreta, soje, uljane repice i šećerne repe dobijemo tako da od ukupnog potencijala biomase oduzimamo potrebnu količinu koju je potrebno ostaviti za zaštitu tla te količine koje ostaju na polju (gubitci) prilikom žetve. S druge strane, tehnički je potencijal iz vinogradarske i voćarske proizvodnje jednak ukupnom potencijalu biomase.

## REZULTATI I RASPRAVA

Prema Andabaka i sur. (2018. ) Republika Hrvatska je država koja se suočava s izazovima očuvanja prirodnih resursa, smanjenja otpada i poboljšanja energetske efikasnosti, te je upravo zbog toga usvojila Nacionalni program za prelazak na kružno gospodarstvo s ciljem promicanja cirkularne ekonomije u različitim sektorima, uključujući poljoprivredu, industriju, energetiku i druge. Cirkularna ekonomija definitivno ima poseban značaj i potencijal u Republici Hrvatskoj jer je jedna od ključnih koncepata koji se u Republici Hrvatskoj sve više prepoznaju kao važni za postizanje održivog gospodarskog razvoja i ekonomske aktivnosti u ruralnim

područjima, smanjenje ekološkog otiska, kao i pružanje odgovora na mnoge izazove i stvaranje pozitivnog utjecaja na različite sektore. Implementacija kružne ekonomije u Republici Hrvatskoj zahtijeva koordinirane napore na svim razinama gospodarstva i društva. Nastavak razvoja zakonodavstva, strategija, svijesti i razvoj tehnologije bit će ključni za uspješnu tranziciju prema održivijem gospodarstvu. Prema podacima Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja (2023) od 2005. do 2022. godine evidentirano je ukupno 317 lokacija službenih odlagališta otpada, od čega je 306 lokacija imalo mogućnost odlagati komunalni otpad u navedenom periodu. U 2022. godini odloženo je ukupno 1.024.808 t komunalnog otpada, što je 4.800 t manje u odnosu na 2021. godinu kada je ta količina iznosila 1.029.608 t. Najveća količina odloženog komunalnog otpada zabilježena je u 2010. godini s iznosom od 1.600.836 t. Promatrajući 2010. i 2022. godinu, količina odloženog komunalnog otpada smanjila se za 36,0 %, što se zapravo većim dijelom može pripisati manjoj količini otpada iz kućanstava i mješovitog komunalnog otpada, kao i povećanju količine odvojenog sakupljanja pojedinih materijala ili frakcija, ali i boljoj preglednosti, kvaliteti i strukturi podataka zbog uvođenja vaganja na odlagalištima (Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2023). U 2022. godini ukupno je proizvedeno i 489.404 t biootpada (biološki razgradiv otpad) kao dijela komunalnog otpada. Od toga je odvojeno i sakupljeno 118.806 t biootpada, što čini 24,0 % ukupne količine. Ovaj postotak predstavlja smanjenje za 1 postotni bod u usporedbi s 2021. godinom, kada je ta količina iznosila 112.175 t. Ovo smanjenje je rezultat povećanog udjela nečistoća u odvojeno sakupljenom biootpadu, zbog čega je taj otpad kategoriziran kao miješani komunalni otpad (Puntarić i sur., 2023). U

2012. godini prikupljeno je 50.805 t odvojeno sakupljenog biootpada, što je za 68.001 t manje u odnosu na 2022. godinu. Žetveni ostaci, kao dragocjeni dio komunalnog biorazgradivog otpada, imaju ključnu ulogu u ostvarivanju ovih ciljeva (Popović i Radivojević, 2022). Naime, s obzirom na podatke o količinama komunalnog otpada, kroz primjenu naprednih procesa poput kompostiranja, anaerobne fermentacije i energetske uporabe, čak 20,0 % proizvedenog biootpada (95.471 t) je uspješno iskorišteno. Ovi postupci ne samo da stvaraju korisne resurse kao što su kompost i obnovljiva energija već i minimiziraju negativne utjecaje na okoliš. Unatoč postignutim napredcima, još uvijek postoji znatan potencijal za daljnji razvoj cirkularne ekonomije kroz optimalno upravljanje komunalnim biorazgradivim otpadom. Izazovi pred Republikom Hrvatskom uključuju povećanje udjela odvojeno sakupljenog biootpada, smanjenje nečistoća te osiguranje učinkovitih infrastrukturnih rješenja za uporabu i preradu. Suradnja između lokalnih samouprava, industrije i građana ključna je za uspjeh, uz podršku snažnog zakonodavstva. Edukacija građana o važnosti odvojenog prikupljanja i valorizacije presudna je za ostvarivanje cirkularne ekonomije temeljem komunalnog biorazgradivog otpada. Razvoj cirkularne ekonomije neophodan je za očuvanje okoliša, stvaranje ekološki prihvatljivih radnih mjesta i smanjenje ekoloških utjecaja. Ulaganje u održivu budućnost zahtijeva inovacije i odgovorno upravljanje resursima. Kružna biogospodarstva se ne zaustavljaju na odlaganju otpada, već teže održivom gospodarenju, recikliranju i stvaranju novih proizvoda, čime se otvaraju dodatni izvori prihoda za poljoprivrednike (Domanovac i sur., 2021., Sinčić, 2022., Sudarić i sur. 2022). Tehnički potencijal biomase označava maksimalnu količinu

biomase koja se može očekivati kao dostupna za različite namjene, uključujući proizvodnju energije, organska gnojiva, kompostiranje i druge industrijske primjene. Ovaj potencijal varira ovisno o vrsti usjeva, uvjetima uzgoja i tehnologijama koje se primjenjuju pri žetvi i obradi. Važno je naglasiti da tehnički potencijal biomase nerijetko premašuje stvarnu količinu koja se koristi, jer se biomasa nerijetko ne iskorištava u potpunosti, a gubici pri žetvi i obradi također utječu na smanjenje konačnog tehničkog potencijala biomase. Stoga je važno razmotriti održive prakse i tehnologije kako bi se maksimizirala iskoristivost biomase i smanjili gubici u procesu proizvodnje. Odluke o upotrebi biomase trebaju se temeljiti na sveobuhvatnim studijama koje detaljno analiziraju vrste biomase, njihove količine, prostornu distribuciju te lokalne mogućnosti za njenom primjenom. Osim toga, potrebno je razviti nacionalnu i regionalnu strategiju za iskorištavanje ovih obnovljivih resursa, uzimajući u obzir tri ključna aspekta: ekološke, ekonomske i tržišne te socijalne faktore koji utječu na korištenje biomase na lokalnoj i regionalnoj razini (Martinov i sur., 2019). Navedeni podatci poticaj su za izračun tehničkog potencijala najznačajnijih poljoprivrednih ostataka, da bi se razmotrile mogućnosti i načini toga iskorištenja, sve u sklopu uporabe cirkularne ekonomije u poljoprivredi. Na temelju podataka Agencije za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju (2023) i Državnog zavoda za statistiku (2022) izračunat je tehnički potencijal žetvenih ostataka Panonske i Sjeverne Hrvatske za 2022. godinu. U tablici 1 prikazane su karakteristike žetvenih ostataka različitih kultura korištenih u ovom istraživanju na temelju čega je izračunat tehnički potencijal biomase (t) žetvenih ostataka za Panonsku i Sjevernu Hrvatsku u 2022. godini (tablica 2). Važno je napomenuti da cjelokupni

potencijal biomase nije potpuno iskoristiv kao izvor energije. Dio ovih ostataka mora ostati na terenu kako bi se osigurala zaštita tla, prehrana

i stelja životinja, kao i zbog gubitaka tijekom postupka sakupljanja i prijevoza (Čosić, 2011).

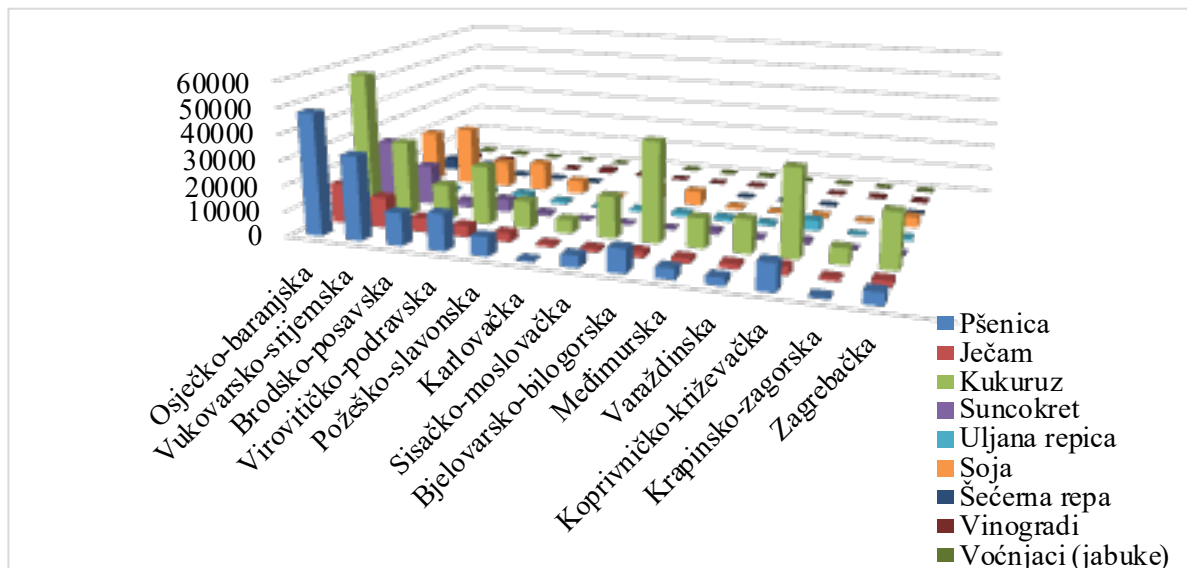
Tablica 1. Karakteristike žetvenih ostataka

Usjev	Biomasa	Žetveni omjer / ostatci od rezidbe	Biomasa potrebna za zaštitu tla	Biomasa potrebna za stočarstvo	Gubici pri žetvi
Pšenica	Slama	1,60	1,50 t/ha	1,20 (t/grlu)	-
Ječam	Slama	1,30	1,50 t/ha	0,50 (t/grlu)	-
Kukuruz	Kukuruzovina	1,20	50,0 %	-	15,0 (%)
Suncokret	Stabljika i lišće	3,00	50,0 %	-	15,0 (%)
Uljana repica	Stabljika	2,00	50,0 %	-	15,0 (%)
Soja	Slama	2,50	30,0 %	-	15,0 (%)
Šećerna repa	Lišće	0,13	50,0 %	-	9,0 (%)
Vinova loza	Ostatci od rezidbe	0,89	-	-	-
Jabuka	Ostatci od rezidbe	1,05	-	-	-

Izvor: Scarlet i sur. (2010), Čosić i sur. (2011), Avcioglu i sur. (2019) i Jelić Milković i sur. (2021)

Prilikom uklanjanja žetvenih ostataka s polja treba voditi računa o zadovoljavanju održivosti poljoprivredne proizvodnje, jer poljoprivredni ostatci imaju važnu ulogu u agronomskom sustavu i imaju izravan i neizravan utjecaj na fizikalna, biološka i kemijska svojstva tla, a prekomjerno uklanjanje ostataka može dugoročno narušiti produktivnost tla (Jelić Milković i sur, 2021). Npr. očuvanje određenog dijela slame na terenu ima višestruku ulogu. Prvo, slama djeluje kao prirodna zaštita tla od erozije koju uzrokuju vjetrovi i kiša. Drugo, dio slame koristi se kao prostirka za stoku i kao sastojak ishrane za životinje (Čosić i sur., 2011). Prema istraživanju Bavrka (2017), preporučuje se da se slama ne uklanja sa zemljišta ako je prinos zrna pšenice manji od 3.128 kg/ha. Međutim, ako prinos zrna prelazi 6.800 kg/ha, moguće je ukloniti više od 3.969 kg slame/ha bez negativnih učinaka

na organski ugljik u tlu. Prema Jelić Milković i sur. (2021) tehnički potencijal žitarica i uljarica izračunava se temeljem ukupnog potencijala biomase. Međutim, podaci o ukupnim količinama žetvenih ostataka, uključujući slamu, stabljike, lišće i ostatke od rezidbe nisu dostupni u literaturi niti u statičkim bazama podataka, stoga ih je potrebno izračunati kao rezultat množenja ukupne proizvodnje žitarica ili uljarica u tonama (t) i odgovarajućeg žetvenog omjera ili indeksa, koji prikazuje odnos između mase zrna i mase ostataka. U nastavku rada izračunati su tehnički potencijali poljoprivrednih ostataka Panonske i Sjeverne Hrvatske.



Grafikon 1. Ukupne površine (ha) pod najvažnijim ratarskim kulturama, vinogradima i voćnjacima (jabuka) na području županija Panonske i Sjeverne Hrvatske u 2022. godini

Izvor: Autor prema podacima Agencije za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju (2023)

U grafikonu 1 prikazane su površine (ha) pod najvažnijim ratarskim kulturama, vinogradima i voćnjacima (jabuka) u županijama Panonske i Sjeverne Hrvatske koji su obilježili prethodnu 2022. godinu. Sve županije zajedno su obuhvatile 281.909,54 ha pod kukuruzom. Osječko-baranjska županija imala je najviše površina pod kukuruzom, čak 56.145,09 ha. Slijedi je Vukovarsko-srijemska s 29.855,09 ha, te Brodsko-posavska s 14.039,69 ha. Suprotno tome, najmanja proizvodnja kukuruza zabilježena je u Krapinsko-zagorskoj županiji sa samo 10,51 ha. Iza kukuruza, kultura s najvećim površinama je pšenica s ukupno 153.030,63 ha, zatim soja 89.717,22 ha i ječam 56.881,33 ha. Prema grafikonu 1, Osječko-baranjska županija dominira s površinama u svim kulturama, što je vidljivo i na primjeru proizvodnje pšenice gdje ukupne površine iznose 47.888,32 ha, dok Vukovarsko-srijemska županija ima drugu najveću površinu pod pšenicom s 32.928,19

ha. Panonska Hrvatska bogata je voćnjacima jabuka, pri čemu Osječko-baranjska županija ima najviše zasađenih voćnjaka – čak 593,10 ha. Općenito, ukupne površine pod jabukama u Republici Hrvatskoj iznose 2.838,80 ha, a pod vinogradima 7.983,13 ha. Vinogradi su značajno rasprostranjeni u Varaždinskoj (285,14 ha) i Bjelovarsko-bilogorskoj županiji (74,82 ha). Što se tiče uljarica, suncokret se proizvodi na ukupno 52.718,95 ha, a uljana repica na 22.324,02 ha. U 2022. godini šećerna repa se nije uzgajala u sljedećim županijama: Karlovačkoj, Sisačko-moslavačkoj, Bjelovarsko-bilogorskoj i Krapinsko-zagorskoj županiji. Dakako, šećerna repa je najrasprostranjenija u Osječko-baranjskoj i Vukovarsko-srijemskoj županiji, kao i sve druge kulture. Državni zavod za statistiku ne bilježi podatke o prinosima za svaku županiju pojedinačno te su za izračun tehničkog potencijala biomase korišteni prosječni podatci o prinosima u 2022. godini za

Republiku Hrvatsku. Prosječni prinos pšenice u 2022. godini iznosio je 5,86 t/ha, ječma 4,90 t/ha, a kukuruza 8,18 t/ha. Što se tiče uljarica, suncokret se ističe s 2,98 t/ha, a uljana repica s 3,23 t/ha te soja s 2,91 t/ha. Prinos šećerne repe iznosio je 67,07 t/ha, jabuke po ha imaju prosječno 13,33 t, a vinogradi 5,74 t (Državni zavod za statistiku, 2023).

Tablica 2. Tehnički potencijal 13 županija Panonske i Sjeverne Hrvatske u 2022. godini

Usjev	Ukupni potencijal biomase	Biomasa potrebna za zaštitu tla	Biomasa potrebna za stočarstvo	Gubitci pri žetvi	Tehnički potencijal biomase
Pšenica	1.434.815,15	229.545,94	413.696,40	-	791.572,81
Ječam	361.888,16	85.216,99	172.373,50	-	104.297,67
Kukuruz	2.767.224,05	1.383.612,02	-	415.083,61	968.528,42
Suncokret	471.307,43	235.653,72	-	70.696,11	164.957,60
Uljana repica	144.213,17	72.106,58	-	21.631,98	50.474,61
Soja	652.638,77	195.807,83	-	97.903,92	358.981,02
Šećerna repa	77.229,17	38.614,58	-	6.950,63	31.663,96
Vinogradi	40.803,03	-	-	-	40.803,03
Jabuke	39.733,24	-	-	-	39.733,24

Izvor: Izračun autora prema podacima APPPR-a 2023 i DZS-a, 2022., Ministarstvo poljoprivrede, 2021.

Tablica 2 prikazuje pregled tehničkog potencijala biomase poljoprivrednih ostataka u 13 županija Panonske i Sjeverne Hrvatske za 2022. godinu. Županije su različite po svom potencijalu. Slavonija s obiljem oranica i povoljnim uvjetima ima znatno veći potencijal od drugih regija. Prema podacima u tablici 2, ukupni potencijal kukuruzovine iznosi 2.767.224,05 t. Isto tako, vidljivo je i da postoji visoka potreba za biomasom u svrhu zaštite tla (1.383.612,02 t) te se ostvaruju i veliki gubitci pri žetvi (415.083,61 t). Unatoč ovim količinama, kukuruz rezultira velikim tehničkim potencijalom biomase od 968.528,42 t. Pšenica i ječam imaju tehničke potencijale biomase od 791.572,81 t i 104.297,67 t. Kako se te dvije kulture često siju u rotaciji s kukuruzom, njihov potencijal doprinosi ukupnom potencijalu biomase. Soja i uljana repica također zaslužuju pažnju. Soja ima tehnički potencijal biomase od 35.981,02 t, dok uljana repica od 50.474,61 t. Ostatci rezidbe iz vinogradarske i voćarske

proizvodnje (jabuke), iako manje zastupljeni u ukupnom potencijalu biomase, iznose 40.803,03 t i 39.733,24 t. Ovi podatci sugeriraju mogućnost korištenja ostataka iz vinogradarske i voćarske proizvodnje za različite svrhe, posebno proizvodnju bioenergije i organskih gnojiva. U 13 županija Panonske i Sjeverne Hrvatske na 676.195,08 ha ostvaren je ukupni tehnički potencijal biomase od 2.551.012,36 t, što je 42,59 % ukupnog potencijala biomase i predstavlja potencijal za daljnju upotrebu.

## ZAKLJUČAK

U radu je istraživana tema cirkularne ekonomije, s posebnim naglaskom na korištenje poljoprivrednih ostataka glavnih žitarica (pšenice, ječma i kukuruza), uljarica (suncokreta, soje i uljane repice), šećerne repe te ostataka iz vinogradarstva i voćarstva (jabuke) u Panonskoj i Sjevernoj Hrvatskoj

kao ključnog resursa za postizanje održivijeg gospodarstva. Na temelju prikupljenih informacija, analiza, i izračunatih tehničkih potencijala, dolazimo do zaključka da se poljoprivredni ostaci, poput žetvenih ostataka i nusproizvoda poljoprivredne proizvodnje često tretiraju kao otpad, što može rezultirati negativnim utjecajem na okoliš. Očuvanje tih resursa za tlo pomaže u održavanju ravnoteže organske tvari, hranjivih sastojaka i smanjenju erozije. Osim toga, recikliranje poljoprivrednih ostataka smanjuje potrebu za konvencionalnim gnojivima i kemijskim sredstvima, što doprinosi smanjenju negativnih ekoloških utjecaja. Tehnički potencijal biomase, koji je izračunat na temelju dostupnih podataka, pokazao se kao značajan. Međutim, važno je napomenuti da se taj potencijal ne može u potpunosti iskoristiti. Dio žetvenih ostataka mora ostati na polju kako bi se očuvali resursi tla, a dio se koristi u drugim sektorima poput stočarstva. Rezultati rada su također pokazali naglasak za potrebom uporabe preciznijih mjerenja na terenu kako bi se bolje razumjelo stvarno stanje i mogućnosti iskorištenja potencijala biomase za svaku regiju. Uzimajući u obzir tehničke potencijale, ograničenja i potrebu za očuvanjem prirodnih resursa, razvoj cirkularne ekonomije u poljoprivrednom sektoru postaje ne samo nužnost već i prilika za pozitivne promjene i unapređenje ekonomske i ekološke održivosti. Rad ima i svojih ograničenja, te će se buduća istraživanja bazirati na detaljnijoj ekonomskoj analizi kroz procjenu troškova prikupljanja, transporta i obrade poljoprivrednih ostataka, kao i procjenu ekonomske isplativosti čime će se omogućiti bolje iskorištavanje biomase u poljoprivrednom sektoru s ciljem razvoja održivih strategija i politika u poljoprivredi, čime se doprinosi stvaranju održive budućnosti za okoliš i ekonomiju.

## NAPOMENA

Rad je proizašao iz diplomskog rada „Cirkularna ekonomija i gospodarski potencijal poljoprivrednih ostataka” autorice Ane Malešević, studentice diplomskog sveučilišnog studija „Agroekonomika“ na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

## LITERATURA

- Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju - APPRRR (2023). Prikaz broja i površina ARKOD-a po naseljima i vrsti uporabe poljoprivrednog zemljišta za 31.12.2022., <https://www.apprrr.hr/arkod/> (15.8.2023.).
- Andabaka, A., Beg, M., Gelo, T. (2018). Challenges of Circular Economy in Croatia. *International Journal of Multidisciplinarity in Business and Science*, 4 (5), 115-125.
- Asakereh, A., Omid, M., Alimardani, R., Sarmadian, F. (2014). Spatial Analysis the Potential for Energy Generation from Crop Residues in Shodirwan, Iran. *International Journal of u- and e- Service, Science and Technology* 7 (1), 275-284.
- Avcioglu, A.O., Dayioglu, M.A., Türker, U. (2019). Assessment of the Energy Potential of Agricultural Biomass Residues in Turkey. *Renewable Energy*, 138, 610-619.
- Baruya, P. (2015). World forest and agricultural crop residue resources for cofiring. IEA Clean Coal Centre. 50-60. London, United Kingdom.
- Bavrka, I. (2017). Ekonomska opravdanost korištenja žetvenih ostataka za unapređenje



- dohotka. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, <https://repozitorij.agr.unizg.hr/islandora/object/agr%3A497/datastream/PDF/view> (2.9.2023.).
- Brnčić, M. (2016). Cirkularna ekonomija i što bi to ona trebala biti. *Stručni časopis za trgovinu, Suvremena trgovina*, 41 (3), 8-11.
- Cveniće, P. (2021). Potencijali primjene kružne ekonomije u kontekstu održivog razvoja Republike Hrvatske. Diplomski rad Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Osijek, <https://repozitorij.unios.hr/islandora/object/pfos:2566/datastream/PDF/view> (25.8.2023.).
- Ćosić, B., Stanić, Z., Duić, N. (2011). Geographic distribution of economic potential of agricultural and forest biomass residual for energy use: Case study Croatia. *Energy* 36, 2017-2028.
- Domanovac, T., Sutlović, I., Filipan, V., Kučić Grgić, D., Šabić Runjavec, M., Vuković Domanovac, M. (2021). Projekcija količine i energetskog potencijala miješanog komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj. *Kemija u industriji, časopis kemičara i kemijskih inženjera Hrvatske*, 70 (11-12), 693-700.
- Državni zavod za statistiku - DZS (2022). Rane procjene važnijih ranih usjeva u 2022. [https://www.dzs.hr/Hrv\\_Eng/publication/2019/01-01-16\\_01\\_2019.htm](https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2019/01-01-16_01_2019.htm) (6.6.2023.).
- Državni zavod za statistiku - DZS (2022). Rane procjene važnijih kasnih usjeva u 2022. [https://www.dzs.hr/Hrv\\_Eng/publication/2019/01-01-17\\_01\\_2019.htm](https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2019/01-01-17_01_2019.htm) (6.6.2023.).
- Duić, N., Krajacic, G., da Graça Carvalho, M. (2008). RenewIslands methodology for sustainable energy and resource planning for islands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.12 (4), 1032-1062.
- Golubić, S., Voć, N., Plietić, S. (2018). Theoretical Potential of Post-harvest Residues in Međimurje County for Energy. *Generation Agriculturae Conspectus Scientificus*. 83 (3), 223-229.
- Jelić Milković, S., Lončarić, R., Sudarić, T., Deže, J., Lončarić, Z. (2021). Gospodarski potencijal poljoprivrednih ostataka na području Osječko-baranjske županije. 56. hrvatski i 16. međunarodni simpozij agronoma, Vodice, Hrvatska, 90-95.
- Lončarić, R., Sudarić, T., Jelić Milković, S. (2021). Circular economy and agricultural waste management in Croatia. 10th international scientific symposium region, entrepreneurship, development - Red Osijek, Hrvatska, 787-799.
- Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja - MINGOR (2023). Izvješće o komunalnom otpadu za 2022. godinu, <https://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/otpad-registri-oneciscavanja-i-ostali-sektorski-pritisci/gospodarenje-otpadom-0> (28.8.2023.).
- Ministarstvo poljoprivrede (2021.): Godišnje izvješće o stanju poljoprivrede u 2021. godini, *Zeleno izvješće*, Zagreb, [https://poljoprivreda.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/poljoprivredna\\_politika/zeleno\\_izvjesce/2122022ZelenoIzvjesce\\_2021.pdf](https://poljoprivreda.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/poljoprivredna_politika/zeleno_izvjesce/2122022ZelenoIzvjesce_2021.pdf) (1.9.2023.).
- Martinov, M., Scarlat, N., Djatkov, D., Francois Dallemant, J., Viskovic, M., Zezelj, B. (2019). Assessing sustainable biogas potentials—

- case study for Serbia. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 10, 367–381.
- Popović, A. i Radivojević, V. (2022). The circular economy - principles, strategies and goals, *Economics of sustainable development*, 6 (1), 45-56.
- Puntarić, E., Požgaj, Đ., Korica, Ž., Gumhalter Malić, L., Kušević – Vukšić, M., Bulat, V., Vešligaj, G., Krivanek, G. (2023). Izvješće o komunalnom otpadu za 2022. godinu. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgicfindmkaj/https://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP\_Izvje%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202022.%20godinu\_FV.pdf (28.8.2023.).
- Sadh, P.K., Duhan, S., Duhan, J.S. (2018). Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresources and Bioprocessing*. 5 (1), 2-15.
- Scarlet, n., Martinov, M., Dallemand, J.F. (2010). Assessment of the availability of agricultural crop residues in the European Union: Potential and limitations for bioenergy use. *Waste Management* 30, 1889-1897.
- Sinčić, D. (2022). Biootpad u cirkularnoj ekonomiji, Zagreb, <https://beta.finance.si///bmc/files//2022-12-19/DS-BIOOTPAD-U-CIRKULARNOJ-EKONOMIJI-06.05.2022-63a0464b849f2.pdf> (03.09.2023.).
- Sudarić, T., Cvenić, P. Lončarić, R. (2022). Kružna ekonomija u kontekstu održivog razvoja. Radovi Zavoda za znanstveni i umjetnički rad, Požega, Hrvatska, 107-118.
- Šušak, D. (2017). Cirkularna ekonomija u recikliranju LCD-a. Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, <https://zir.nsk.hr/islandora/object/gfv%3A270/datastream/PDF/view> (28.8.2023.).

# Circular Economy and Technical Potential of Agricultural Residues in the Pannonian and Northern Croatia

## ABSTRACT

Circular economy is an innovative approach to resource management based on waste minimization, reuse, recycling, and renewable sources. In the context of agricultural residues, circular economy opens a door to sustainable use of these resources for the creation of a new value. Agricultural residues, such as the crop residues, animal excreta, and the residues from the fruit and wine industry, can be converted into various products such as an organic fertilizer, compost, food, medicines, electricity, and many others. The aim of this paper is to determine economic potential of agricultural residues of the main cereals (wheat, barley, and maize), oilseeds (sunflower, soybean, and rapeseed), sugar beet, and the residues from viticulture and fruit growing (apples) in the Pannonian region and Northern Croatia and to determine their potential technical utilization. The study was carried out on the basis of available statistical data for the year 2022, and the RenewIslands ADEG method was applied to calculate a technical potential of agricultural residues of Pannonia and Northern Croatia for the year 2022. Based on the available data, the technical potential of cereals in 2022 was calculated to amount to 1,864,398.00 tons, 574,413.23 tons of oilseeds, 31,663.96 tons of sugar beet, and 80,536.27 tons of vines and fruit trees. The study's results circumstantiate that the large amounts of biomass are available for further processing in Pannonia and Northern Croatia, which unfortunately are not yet sufficiently utilized. The implementation of circular economy in the Republic of Croatia requires coordinated efforts at all levels of economy and society. This approach not only contributes to the preservation of the environment, but it also has a potential to create the new jobs and reduce the negative environmental impacts.

**Key words:** circular economy, technical potential, agricultural residues, biomass, waste, sustainability