

# Potencijal primjene digestata u poljoprivredi

Primjeri dobre prakse



# **Potencijal primjene digestata u poljoprivredi**

Primjeri dobre prakse

## IMPRESUM

AUTORI	Barbara Đukić Ana – Marija Špicnagel Mirna Avdić Anamarija Čorić
NAKLADNIK	IPS Konzalting d.o.o.
GRAFIČKO OBLIKOVANJE	IPS Konzalting d.o.o.
PRIPREMA I TISAK	IPS Konzalting d.o.o.
NAKLADA	300 primjeraka
CIP	CIP zapis je dostupan u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 001192813.
ISBN	978-953-50391-1-2
IZVOR FINANCIRANJA	Ova publikacija pripremljena je u sklopu HORIZON 2020 programa – NUTRI-2-CYCLE – „Transition towards a more carbon and nutrient efficient agriculture in Europe“ koji sufinancira Europska unija
OGRANIČENA ODGOVORNOST	Za sadržaj ovog priručnika odgovorni su jedino autori. Sadržaj ne odražava nužno mišljenje Europske unije. EACI i Europska komisija nisu odgovorni za moguću upotrebu informacija sadržanih u materijalu.
COPYRIGHT	Sva su prava zadržana. Nijedan dio ovog priručnika ne smije se reproducirati u bilo kojem obliku za uporabu u komercijalne svrhe bez prethodnog pisanog odobrenja nakladnika. Autori ne jamče ispravnost i/ili točnost informacija i podataka sadržanih ili opisanih u ovom priručniku.
DATUM I MJESTO	Sisak, kolovoz 2023.

## Sadržaj

Popis kratica .....	
O projektu Nutri2Cycle .....	
1. <b>Uvod</b> .....	1
2. <b>Kružno gospodarstvo</b> .....	2
2.1. Što je kružno gospodarstvo?.....	2
2.1.1. Prednosti prelaska na kružno gospodarstvo u poljoprivrednim sustavima.....	2
2.2. Akcijski plan za kružno gospodarstvo .....	3
3. <b>Stajski gnoj - primarna sirovina za proizvodnju digestata</b> .....	4
4. <b>Poljoprivredna bioplinska postrojenja u Hrvatskoj</b> .....	5
4.1. Bioplinska postrojenja u Hrvatskoj .....	5
4.2. Od otpada do visokokvalitetnog gnojiva .....	10
5. <b>Zakonodavne prilike i prepreke u primjeni digestata</b> .....	13
6. <b>Primjer dobre prakse u Hrvatskoj – primjena digestata u voćarstvu</b> .....	20
6.1. Voćarstvo u Hrvatskoj .....	20
6.2. Gnojidba u voćarstvu .....	22
6.3. Korištenje mineralnih gnojiva .....	24
6.4. Korištenje organskih gnojiva .....	25
6.5. Primjena digestata/stajskog gnoja.....	26
6.6. Primjer iz Hrvatske – Vinka plus d.o.o. ....	29
6.7. Primjeri iz Europe.....	31
6.7.1. Inovativna reciklirana dušična gnojiva .....	31
6.7.2. Anaerobna digestija za farme .....	33
6.7.3. Korištenje digestata i no-till prakse s ciljem skladištenja organske tvari u tlu .....	35
6.7.4. Prerada svinjskog gnoja u organsko gnojivo.....	36
6.7.5. Alge kao novi izvor proteina .....	38
6.7.6. Primjena svinjskog gnoja u uzgoju krumpira .....	39
7. <b>Zaključak</b> .....	41
8. <b>Popis literature</b> .....	42
Popis slika.....	45
Popis tablica .....	45



## Popis kratica

<b>ARKOD</b>	Sustav identifikacije zemljišnih parcela
<b>As</b>	Arsen
<b>B</b>	Bor
<b>C</b>	Ugljik
<b>Ca</b>	Kalcij
<b>Ca(OH)<sub>2</sub></b>	Kalcijev hidroksid
<b>Cd</b>	Kadmij
<b>CE</b>	Gnojidbeni proizvodi koji će se prodavati na EU unutarnjem tržištu
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metan
<b>CMC</b>	Kategorije sastavnih materijala (engl. Component Material Categories)
<b>Co</b>	Kobalt
<b>CO<sub>2</sub></b>	Ugljikov dioksid
<b>Cr</b>	Krom
<b>Cu</b>	Bakar
<b>DZS</b>	Državni zavod za statistiku
<b>EBA</b>	European Biogas Association
<b>EU</b>	Europska unija
<b>g</b>	Gram
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Voda
<b>ha</b>	Hektar
<b>HEP</b>	Hrvatska elektroprivreda
<b>Hg</b>	Živa
<b>HROTE</b>	Hrvatski operator tržišta energije d.o.o.
<b>HUPB</b>	Hrvatska udruga proizvođača bioplina (udruga)
<b>K</b>	Kalij
<b>K<sub>2</sub>O</b>	Kalijev oksid
<b>KAN</b>	Kalcijev amonijev nitrat
<b>KCL</b>	Kalijev klorid
<b>kg</b>	Kilogram
<b>kWh</b>	Kilovatsat
<b>l</b>	Litra
<b>m</b>	Metar
<b>M</b>	Molna masa tvari
<b>m<sup>2</sup></b>	Metar kvadratni
<b>m<sup>3</sup></b>	Metar kubni
<b>MDK</b>	Maksimalno dopuštena količina
<b>mg</b>	Miligram
<b>Mg</b>	Magnezij
<b>MINGOR</b>	Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja
<b>Mn</b>	Mangan
<b>Mo</b>	Molibden

<b>MW</b>	Megavat
<b>MW<sub>e</sub></b>	Električni megavat
<b>MW<sub>t</sub></b>	Termički megavat
<b>N</b>	Dušik
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Amonijev ion
<b>Ni</b>	Nikal
<b>NPK</b>	Složena mineralna dušično-fosforo-kalijeva gnojiva
<b>n.s.</b>	Nepoznat sadržaj
<b>OIEH</b>	Obnovljivi izvori energije Hrvatska (udruga)
<b>P</b>	Fosfor
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	Fosforov pentoksid
<b>Pb</b>	Olovo
<b>PFC</b>	Kategorije funkcija gnojidbenih proizvoda
<b>pH</b>	Mjera kiselosti, odnosno lužnatosti
<b>ROO</b>	Registar onečišćenja okoliša
<b>S</b>	Sumpor
<b>t</b>	Tona
<b>UAN</b>	Urea amonijev nitrat
<b>Zn</b>	Cink

## O projektu Nutri2Cycle

Projekt Nutri-2-Cycle, punog naziva - Konverzija prema ugljično i nutritivno efikasnijoj poljoprivrednoj proizvodnji u Europi, provodio se u periodu od listopada 2018. do listopada 2023. godine.

Projektni konzorcij sastojao se od 19 partnera iz 12 EU zemalja, uključujući istraživačke institute i sveučilišta, grupe poljoprivrednika, poljoprivredne stručnjake i nevladine organizacije koje promiču kružno gospodarstvo. Projekt pritom koristi integrirani pristup kako bi omogućio prijelaz s trenutno dostupnih nutrijenata u europskoj poljoprivredi do sljedeće generacije agronomskih praksi, koje karakterizira poboljšano recikliranje hranjivih tvari i organskog ugljika.

Nutri-2-Cycle pomaže zatvaranju ciklusa hranjivih tvari autentičnim pristupom kroz:

- utvrđivanje najučinkovitijih sustava poljoprivrednih gospodarstava u Europi,
- definiranje pokazatelja i prednosti u pogledu zaštite okoliša i učinkovitijih ciklusa hranjiva
- uspostavljanje inovativnih poslovnih modela na razini pilot postrojenja

Projekt poseban naglasak stavlja na komunikaciju s različitim dionicima koji direktno ili indirektno utječu na ciklus hranjivih tvari kako bi:

- stvorili učinkovitije i održivije poslovne modele za recikliranje hranjivih tvari na farmama,
- podijelili rezultate na regionalnoj, nacionalnoj i europskoj razini kroz mrežu radnih skupina, te
- pružili znanstvenu potporu regulatornim okvirima za smanjenje emisija plinova i povećanje samodostatnosti Europe u pogledu hrane, energije i hranjivih tvari

Glavni ciljevi projekta Nutri-2-Cycle uključuju:

- mapiranje trenutnih tokova i nedostataka u ciklusima ugljika (C), dušika (N) i fosfora (P) u 8 istraživanih agro-tipologija te kroz 3 glavne kategorije: stočarstvo (svinjogoštvo, peradarstvo, govedarstvo), ratarstvo (uzgoj žitarica i kukuruza, uzgoj povrća na otvorenom, višegodišnji nasadi) i agro-energo preradu (agro-energetski sustavi, prerada nusproizvoda životinjskog podrijetla);
- implementiranje alata u svrhu mjerjenja održivosti i procjene održivosti između trenutne prakse i optimiziranih poljoprivrednih sustava;
- inovacijski atlas 60-ak predloženih optimiziranih poljoprivrednih sustava, usmjerenih na zatvaranje ciklusa hranjivih tvari, smanjenje emisija stakleničkih plinova i gubitaka hranjivih tvari;
- testiranje prototipova uzimajući u obzir različite agroklimatološke i socioekonomske aspekte;
- ekstrapolaciju potencijalnog smanjenja stakleničkih plinova i ponovnu uporabu hranjivih tvari;
- procjenu utjecaja na ponašanje potrošača (spremnost na plaćanje organskih proizvoda), te premošćivanje komunikacijskog jaza između primarnih proizvođača i krajnjih potrošača.

U svrhu informiranja i daljnog podizanja svijesti o važnosti digestata, pripremljen je Priručnik „Potencijal primjene digestata u poljoprivredi“. U ovom Priručniku će naglasak biti stavljena na proces anaerobne digestije, digestat kao visokovrijedno organsko gnojivo te primjenu digestata u višegodišnjim nasadima.

## 1. Uvod

Digestat je visokovrijedno organsko gnojivo dobiveno iz stajskog gnoja, ostataka poljoprivrednih sirovina i organskog otpada procesom anaerobne digestije. Njegova primjena postaje sve značajnija uslijed potrebe za smanjenjem masovne upotrebe mineralnih gnojiva. Digestat je bogat organskom tvari i nutrijentima koji osiguravaju plodnost tla (dušik, fosfor, kalij).

Osim u ratarskim usjevima, digestat se sve više primjenjuje i u višegodišnjim nasadima. U intenzivnom voćarstvu veliku ulogu ima primjena organskih gnojiva, poput stajskog gnoja, komposta, malča i zelene gnojidbe jer se na taj način podupire uravnotežena prihrana nasada makro i mikronutrijentima.

Fokus istraživanja Nutri-2-Cycle projekta je bio na inovativnim tehnologijama za uporabu i recikliranje ugljika, dušika i fosfora s ciljem smanjenja emisija stakleničkih plinova i preusmjeravanje ostataka i nusproizvoda s poljoprivrednih gospodarstava.

IPS Konzalting je konzorciju predložio, za hrvatske uvjete, inovativnu praksu primjene digestata koju je u svojim nasadima malina koristila tvrtka Vinka plus d.o.o.. Detaljne informacije o ovoj poljoprivrednoj praksi, kao i rezultati, opisani su unutar poglavљa „Primjer dobre prakse u Hrvatskoj – primjena digestata u voćarstvu“.

## 2. Kružno gospodarstvo

### 2.1. Što je kružno gospodarstvo?

Kružno gospodarstvo je zapravo alternativa linearnom gospodarstvu, a definira se kao model proizvodnje i potrošnje te se sastoji od dijeljenja, posudbe, ponovnog korištenja, popravljanja, obnavljanja i reciklaže postojećih materijala kroz što dulji period. Cilj kružnog gospodarstva je smanjiti otpad što je više moguće te produljiti životni ciklus proizvoda ([link](#)).

Kružno gospodarstvo sastoji se od tri principa:

#### 1. Održavanje materijala i proizvoda u primjeni što je dulje moguće

Očuvanje vrijednosti u obliku energije, rada i materijala. Odnosi se na sve aktivnosti koje uključuju trajnost, ponovnu primjenu i proizvodnju te recikliranje kako bi proizvodi i materijali imali što duži životni ciklus unutar gospodarstva.

#### 2. Smanjenje otpada i zagađenja

Ovaj princip pokazuje negativne utjecaje gospodarskih aktivnosti, koje imaju negativan utjecaj na ljudsko zdravlje i ekosustave. To podrazumijeva ispuštanje stakleničkih plinova i opasnih tvari, te onečišćenje tla, zraka i vode.

#### 3. Obnova ekosustava

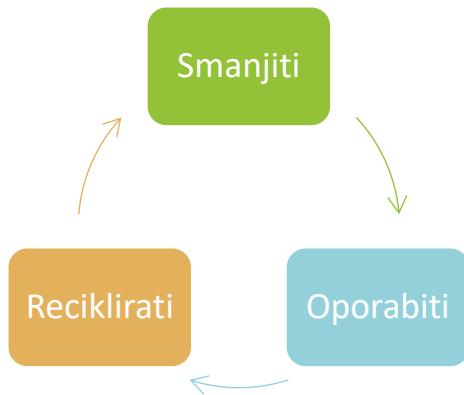
Kružno gospodarstvo izbjegava uporabu neobnovljivih izvora i čuva i/ili poboljšava obnovljive izvore, npr. vraća važne hranjive tvari u tlo i koristi obnovljivu energiju umjesto da se oslanja na fosilna goriva ([link](#)).

#### 2.1.1. Prednosti prelaska na kružno gospodarstvo u poljoprivrednim sustavima

Strategija Europa 2020., kao jedan od tri osnovna prioriteta razvoja Europske unije, predlaže održiv rast, odnosno promicanje ekonomije koja učinkovitije iskorištava resurse, zelenija je i konkurentnija. Središnji aspekt ove strategije je prelazak s postojećeg linearног na kružno gospodarstvo, ekonomski model koji osigurava održivo gospodarenje resursima i produljenje životnog vijeka materijala i proizvoda. U odnosu na linearno gospodarstvo, princip kružnog gospodarstva je održavanje resursa i energije u modelu zatvorenog ciklusa što rezultira duljim cirkuliranjem proizvoda. Linearno gospodarstvo vodi se načelom „uzmi, proizvedi, potroši i baci“, dok se kružno vodi eko-inovacijama, eko-dizajnom, primjenom obnovljivih izvora energije, energetskom učinkovitošću i naprednim tehnologijama ([link](#)).

Cilj ovog modela je svesti nastajanje otpada na najmanju moguću mjeru, i to ne samo otpada koji nastaje u proizvodnim procesima, već sustavno, tijekom čitavog životnog ciklusa proizvoda i njegovih komponenti. Za prelazak na kružno gospodarstvo, nužan za završetak programa učinkovitoga korištenja resursa u okviru strategije Europa 2020. za pametan i održiv rast, potrebne su promjene u cijelom lancu vrijednosti, od dizajna proizvoda do novih poslovnih i tržišnih modela, od novih načina pretvaranja otpada u resurse do novih načina ponašanja potrošača.

Politika gospodarenja otpadom u tom smislu pridonosi na način da podržava smanjenje nastanka otpada kroz razvoj funkcionalnog sustava gospodarenja otpadom, koji ima za cilj otpad koristiti kao vrijedan resurs. Povećanjem povezanosti gospodarskog rasta, korištenja resursa i njegovih učinaka otvara se mogućnost trajnog održivog rasta ([link](#)).



*Slika 1. Shematski prikaz kružnog gospodarstva ([link](#))*

## 2.2. Akcijski plan za kružno gospodarstvo

Akcijski plan za kružno gospodarstvo (2020.) zahtijeva aktivno sudjelovanje država članica, regija i općina, privatnih i javnih institucija te građana. Njegovom će se provedbom ojačati konkurentnost EU na način da će se pružiti dodatna zaštita od nestošice resursa i nestabilnih cijena te pomoći u stvaranju novih poslovnih prilika putem inovativnih i učinkovitijih proizvodnih metoda. Predmetni Akcijski plan će djelovati pozitivno na otvaranje radnih mjesa uz istovremenu štednju energije i sprječavanje prekomernog iskorištenja neobnovljivih resursa putem optimizacije uporabe sirovina i potpunog iskorištenja resursa ugrađenih u vrijedne tokove otpada.

Dugoročni cilj Akcijskog plana je smanjenje odlaganja otpada na odlagališta i povećanje pripreme za njegovu uporabu i recikliranje ključnih tokova, poput komunalnog i ambalažnog otpada. Pomoću ovih ciljeva, države članice bi trebale postupno ujednačiti razine najbolje prakse te potaknuti potrebna ulaganja u gospodarenje otpadom.

### 3. Stajski gnoj - primarna sirovina za proizvodnju digestata

S obzirom da poljoprivredna bioplinska postrojenja kao primarnu sirovinu koriste stajski gnoj, važno je navesti trenutno stanje, ali i potencijal iskorištenja sirovina iz stočarskog sektora.

Stočarstvo je važan element poljoprivrednog sektora koji, u odnosu na dominantni ratarski sektor u Hrvatskoj, stvara veću dodanu vrijednost, osigurava veći broj radnih mesta i u većoj mjeri pridonosi razvojnim pokazateljima poljoprivrede ([link](#)).

Najzastupljeniji je uzgoj goveda, svinja i peradi te u nešto manjoj mjeri uzgoj ovaca i koza.

Prema podacima iz Zelenog izvješća, u 2021. godini je broj **goveda** iznosio 427.587 grla ([link](#)). Na domaćim poljoprivrednim gospodarstvima je najbrojnija simentalska pasmina za proizvodnju mlijeka i mesa. Prema ukupnom broju krava najveći udio krava je simentalska pasmina koju čini 57,4 %, zatim Holstein pasmina 21,5 %, smeđa s 2,1 %, križanci s 9,3 %, a ostale pasmine s 12,3 % ([link](#)).

Nadalje, u 2021. godini je zabilježen uzgoj ukupno 971.000 **svinja** ([link](#)). Ukupan broj uvezenih svinja u 2021. godine iznosio je 619.000 svinja, a izvezeno ih je 367.000. Visokih 97,8 % uvezenih svinja nalazilo se u kategoriji do 50 kg, od toga je 41 % bio uvezen radi potreba klanja, dok je ostatak uvezen radi punjena kapaciteta tovnih farmi ([link](#)).

Ukupan broj **peradi** u 2021. godini iznosio je 12.1 milijuna kljunova ([link](#)). 2021. godine bio je zabilježen manji broj brojlera (za 13 %), no povećan je broj kokoši nesilica (za 13,7 %).

Prema statističkim podacima za stočarstvo, očekivano je da je u Hrvatskoj prisutna i velika proizvodnja gnoja. Na temelju prije navedenog, može se zaključiti kako stočarstvo ima vitalnu ulogu u proizvodnji digestata. Stoga je poljoprivrednicima u cilju pronaći načine ekonomičnog i ekološkog gospodarenja stajskim gnojem ([link](#)).

Primjena stajskog gnoja u procesu anaerobne digestije ima prednosti jer prirodno sadrži anaerobne bakterije, visok sadržaj vode koja olakšava miješanje s drugim sirovinama te je jeftin i lako dostupan. Poljoprivredna gospodarstva za uzgoj životinja u intenzivnom uzgoju dovela su do toga da nema dovoljno površina za proizvodnju stočne hrane, kao ni dovoljno površine za primjenu proizvedenog stajskog gnoja. To je uzrokovalo višak hranjivih tvari iz stajskog gnoja i stroge mjere upravljanja krutim i tekućim stajskim gnojem kako bi se izbjegli problemi kao što su:

- 🕒 zagađenja površinskih i podzemnih voda,
- 🕒 oštećenje strukture i mikrobiologije tla,
- 🕒 oštećenje vegetacije pašnjaka,
- 🕒 rizik od porasta emisija metana i amonijaka,
- 🕒 rizik kontaminacije i širenja patogena i
- 🕒 pojave neugodnih mirisa i insekata ([link](#)).

## 4. Poljoprivredna bioplinska postrojenja u Hrvatskoj

### 4.1. Bioplinska postrojenja u Hrvatskoj

Prema podacima prikupljenima iz Registra obnovljivih izvora energije i kogeneracije te povlaštenih proizvođača, Hrvatska je u 2022. godini brojala **71 bioplinsko postrojenje**. Najveći broj bioplinskih postrojenja u RH se nalazi u istočnoj Hrvatskoj (regije Slavonije i Baranje) i to njih 25 ([link](#)). OIEH (2023.) navodi kako domaća bioplinska postrojenja mogu proizvesti dovoljnu količinu električne energije da se pokrije potrošnja za oko 100 000 kućanstava ([link](#)). Tablica 1. prikazuje konsolidirani popis bioplinskih postrojenja koji je izrađen na način da su se koristili konsolidirani podaci iz Registra obnovljivih izvora energije i kogeneracije te povlaštenih proizvođača, te izdvojila bioplinska postrojenja instalirane snage veće od 1 MW.

Tablica 1. Konsolidirani Popis bioplinskih postrojenja

	Ime operatera bioplinskog postrojenja	Ime postrojenja	Mjesto	Instalirana snaga (MW)
1.	AGROPROTEINKA ENERGIJA d.o.o.	Postrojenje za proizvodnju bioplina i električne energije	Grad Zagreb	1,13
2.	BIOEL d.o.o.	BPE BIOEL	Bjelovarsko - bilogorska	1,07
3.	BIOENERGIJA KLISA d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Klisa	Osječko - baranjska	1,5
4.	BIOINTEGRA d.o.o.	Bioplinsko postrojenje "Slatina"	Virovitičko - podravska	2,166
5.	BIONARDO GUNJA d.o.o.	Bioplinska elektrana Gunja (1000kW)	Vukovarsko - srijemska	1
6.	BIOPLIN GUDOVAC d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Gudovac	Bjelovarsko - bilogorska	1
7.	BIOPLIN PROIZVODNJA d.o.o.	Bioplinsko postrojenje "Slatina" 1 MW	Virovitičko - podravska	1,05
8.	BIOPLINARA ORGANICA KALNIK 1 d.o.o.	BIOPLINARA ORGANICA KALNIK 1 (BP GREGUROVEC)	Koprivničko - križevačka	2,1
9.	BIOPLIN-MAKS d.o.o.	BIOPLIN ROVIŠĆE (999 kW)	Bjelovarsko - bilogorska	1
10.	BIOPLINSKA ELEKTRANA OREHOVEC d.o.o.	Bioplinska elektrana Orehovec	Koprivničko - križevačka	1,053
11.	BOVIS d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Ivankovo 2	Vukovarsko - srijemska	1,064
12.	BR BIOPLIN CRNAC 1 d.o.o.	Elektrana na biopljin Crnac 1	Virovitičko - podravska	1

13.	Clip Bio Plus d.o.o. za usluge	Bioplinsko postrojenje Clip Bio Plus Bioplinsko postrojenje Pisarovina Bioelektrana-energana na biopljin EKO KOTOR 1	Varaždinska	0,59
14.	ECO-BIOGAS d.o.o.		Zagrebačka	3,538
15.	EKO KOTOR d.o.o.		Međimurska	0,1086
16.	ENERGANA CERNA d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Cerna 1 MW	Vukovarsko - srijemska	1
17.	ENERGIJA GRADEC d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Gradec	Zagrebačka	2,378
18.	ENERGIJA GRADEC d.o.o.	Bioplinsko postrojenje MITROVAC	Osječko - baranjska	2,378
19.	ENERGIJA GRADEC d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Popovac	Osječko - baranjska	2,378
20.	ENERGIJA GRADEC d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Ovčara	Vukovarsko - srijemska	2,378
21.	ENERGIJA GRADEC d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Vinka	Vukovarsko - srijemska	2,378
22.	FARMA MUZNIH KRAVA MALA BRANJEVINA d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Mala Branjevina 2	Osječko - baranjska	1,095
23.	FARMA MUZNIH KRAVA ORLOVNJAK d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Orlovnjak	Osječko - baranjska	1,778
24.	FARMA TOMAŠANCI d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Tomašanci 2	Osječko - baranjska	1,064
25.	LANDIA d.o.o.	Landia - Gradina	Vukovarsko - srijemska	1,063
26.	MATVEJ d.o.o.	Elektrana na biopljin "MATVEJ"	Koprivničko - križevačka	0,75
27.	MIAGRO ENERGO d.o.o.	Biopljin Kućanci	Osječko - baranjska	0,548
28.	MICO d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Vladislavci	Osječko - baranjska	0,37
29.	MOSLAVINA PROIZVODI d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Bojana	Bjelovarsko - bilogorska	1,067
30.	MOSLAVINA PROIZVODI d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Bojana 2	Bjelovarsko - bilogorska	1,067
31.	NOVI AGRAR d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Mala Branjevina 1	Osječko - baranjska	1,095

32.	OSATINA GRUPA d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Tomašanci	Osječko - baranjska	1,063
33.	OSATINA GRUPA d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Slaščak	Osječko - baranjska	1,064
34.	OSATINA GRUPA d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Slaščak 2	Osječko - baranjska	1,064
35.	OSATINA GRUPA d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Ivankovo	Osječko - baranjska	1,064
36.	OSILOVAC d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Osilovac	Osječko - baranjska	2,6
37.	PMA GAJ d.o.o.	Bioplinsko postrojenje "Gaj"	Požeško - slavonska	2
38.	TRGOVAČKO DRUŠTVO SLK PROJEKT d.o.o.	Bioplinsko postrojenje HERCEGOVAC	Bjelovarsko - bilogorska	1,067
39.	VDM ENERGIJA d.o.o.	Bio postrojenje Donji Miholjac	Osječko - baranjska	1,05328
40.	VDM ENERGIJA d.o.o.	Bio postrojenje Viljevo	Osječko - baranjska	1,05328
41.	VRČEK, obrt za proizvodnju i usluge	Bioplinsko postrojenje "Vrček"	Varaždinska	0,25

U nastavku će biti kratko opisana neka od bioplinskih postrojenja u Hrvatskoj s ciljem boljeg razumijevanja vrsta sirovina koje se koriste u proizvodnji. Opisano je pet bioplinskih postrojenja koja se većinom nalaze na području Slavonije. Raspon instalirane energije u ovim postrojenjima iznosi od 1,00 do 2,378 MW. Također, širok je raspon sirovina koje se koriste u proizvodnji bioplina. U dalnjem tekstu je vidljivo da u bioplinskim postrojenjima koja se nalaze u Slavoniji najčešće sirovine su stajski gnoj i silaža, što ukazuje na razvijenost stočarskog i ratarskog sektora. U Središnjoj Hrvatskoj se još kao ulazna sirovina koristi biootpad iz prehrambene industrije.

- **Postrojenje za proizvodnju bioplina i električne energije - AGROPROTEINKA ENERGIJA d.o.o.** (Slika 2) je prvo postrojenje koje kao sirovinu isključivo koristi biorazgradivi otpad (*WASTE TO ENERGY*). Instalirana snaga postrojenja iznosi 1 MW, a kao sirovina se koristi se biootpad iz kantine, kuhinja te prehrambene industrije. U postrojenju se pritom proizvode toplinska i električna energija, gdje se dio toplinske energije koristi za vlastite potrebe, dok se električna energija predaje u HEP mrežu. Ovaj tip postrojenja poznat je i pod nazivom *Urban gas* jer nudi rješenje za problem otpada u urbanim sredinama ([link](#)).



Slika 2. Bioplinsko postrojenje Agroproteinka Energija d.o.o. ([link](#))

- **Bioplinska elektrana Orehevec – BIOPLINSKA ELEKTRANA OREHOVEC d.o.o.** (Slika 3) ima instaliranu snagu od 1,2 MW. Postrojenje je osmišljeno kao kontinuirano punjeno. Energetska vrijednost dobivenog bioplina iznosi od 5,2 do 6,5 kWh/m<sup>3</sup> bioplina. Iz toga se u postupku kogeneracije proizvede 83,8 % upotrebljive energije, dok se ostatak definira kao gubitak u pretvorbi. Od te energije proizvodi se približno 42,1 % električne energije i 41,7 % toplinske energije. Dobivena električna energija se predaje u mrežu, a toplinska energija koristi se za obradu sirovine za proizvodnju bioplina ([link](#)).



*Slika 3. Bioplinska elektrana Orehevec d.o.o. ([link](#))*

- **Bioplinsko postrojenje Cerna 1 MW** (Slika 4) je kogeneracijsko postrojenje u kojem se kao energenti koriste gnojovka, kukuruzna silaža i drugi nusproizvodi poljoprivredne proizvodnje. Dobivena toplinska energija se manjim dijelom koristi u tehnološkom procesu proizvodnje bioplina, a veći dio predstavlja potencijal za korištenje u sustavima daljinskog grijanja, plastenicima, za pasterizaciju, sušenje, pripremu biomase i sl. ([link](#)).



*Slika 4. Bioplinsko postrojenje Cerna 1MW ([link](#))*

- **Bioplinsko postrojenje Vinka - ENERGIJA GRADEC d.o.o.** (Slika 5) otvoreno je 2014. godine instalirana snaga postrojenja iznosi 2,378 MW. Sirovine koje se koriste za proizvodnju električne energije su gnojnica, stajski gnoj i kukuruzna silaža. Navedena sirovina nabavlja se s PIK-ovih farmi i kooperanata, te iz tvornice za preradu voća i povrća Vinka plus d.d. ([link](#)).



Slika 5. Bioplinsko postrojenje Vinka ([link](#))

- **OSATINA GRUPA d.o.o.** (Slika 6) je izgradnjom bioplinskog postrojenja na farmi u **Ivankovu** započela održivo gospodarenje otpadom. Danas u sklopu OSATINA grupe rade 3 bioplinska postrojenja. Proizvedena električna energija distribuira se u HEP mrežu. Sva postrojenja su izgrađena u skladu s najnovijim tehnološkim dostignućima, a sve u svrhu zaokruživanja proizvodnih procesa na farmi, poboljšanja uvjeta držanja životinja, radnog okruženja i zaštite okoliša ([link](#)).

**Bioplín Ivankovo** kao sirovinu za proizvodnju energije koristi goveđi stajski gnoj. Postrojenje ima kapacitet od 2 MW<sub>e</sub> za proizvodnju električne energije i 2 MW<sub>t</sub> za proizvodnju toplinske energije. Proizvedena toplinska energija koristi se za grijanje plastenika, dok se u ljetnom periodu još koristi i za sušenje digestata ([link](#)).

**Bioplín Tomašanci** također koristi goveđi stajski gnoj za proizvodnju energije i ima kapacitet od 2 MW<sub>e</sub> električne energije i 2 MW<sub>t</sub> toplinske energije, koja se isto tako koristi za grijanje staklenika i sušenje digestata ([link](#)).

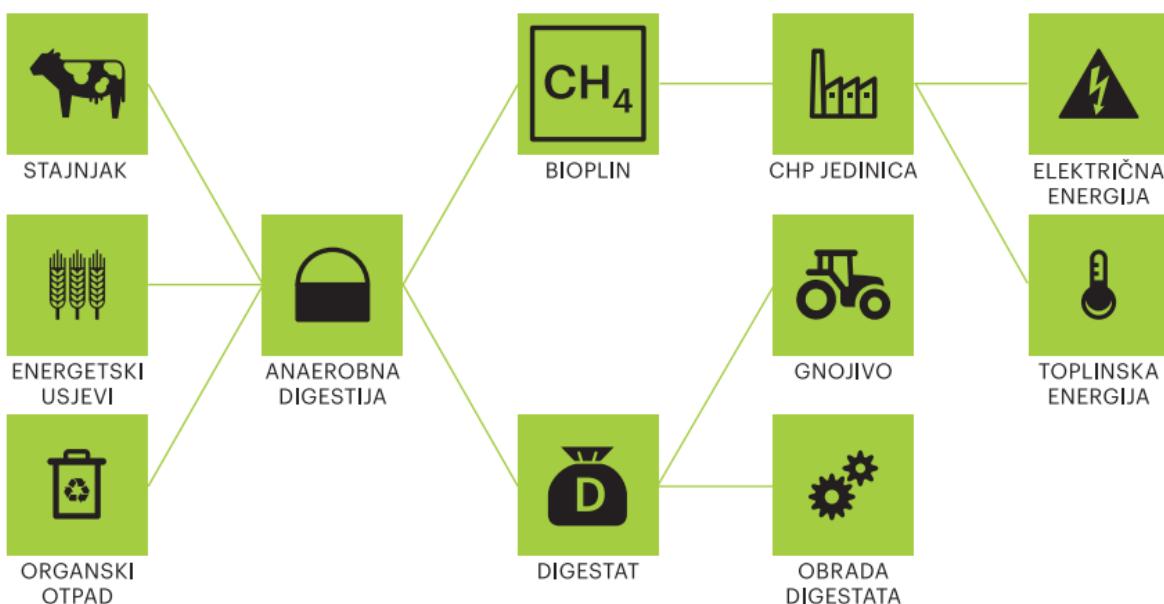
**Bioplín Slašćak** koristi istu sirovinu - goveđi stajski gnoj kao sirovinu za proizvodnju energije. Kapacitet ovog postrojenja je proširen puštanjem u rad drugog motora snage 1 MW<sub>e</sub> /1 MW<sub>t</sub>. danas se ovo postrojenje, kao i prethodna dva sastoji od ukupnog kapaciteta 2 MW<sub>e</sub> električne energije i 2 MW<sub>t</sub> toplinske energije koja se koristi za grijanje staklenika ([link](#)).



Slika 6. Bioplinsko postrojenje Osatina grupe - Ivanka ([link](#))

#### 4.2. Od otpada do visokokvalitetnog gnojiva

U procesu **anaerobne digestije** prilikom razgradnje kompleksne organske tvari (npr. ugljikohidrata, masti i proteina) nastaju jednostavniji spojevi poput metana ( $\text{CH}_4$ ) i ugljikova dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Primarni proizvod ovog procesa je **bioplín**, koji se koristi za proizvodnju električne i toplinske energije, dok je sekundarni proizvod **digestat** ([link](#)).



*Slika 7. Pojednostavljeni shematski prikaz procesa anaerobne digestije ([link](#))*

Razlikuju se dva osnovna tipa digestije:

1. **Monodigestija** – proces u kojem se koristi samo jedna sirovina za proizvodnju bioplina (npr. energetski usjevi).
2. **Koodigestija** – proces u kojem se za proizvodnju bioplina koriste više od dvije sirovine (npr. energetski usjev i stajski gnoj ili druge vrste bio otpada) ([link](#)).

Za proizvodnju bioplina koriste se mnogobrojne sirovine koje su poljoprivrednog (Tablica 2.), prehrambenog i komunalnog porijekla, ili iz postrojenja za obradu otpadnih voda ([link](#)). Kada se govori o sirovinama poljoprivrednog porijekla, to se najčešće odnosi na stajski gnoj i gnojovku goveda, svinja i peradi.

Većina poljoprivrednih bioplinskih postrojenja koristi tekući stajski gnoj koji se često kombinira s drugim sirovinama kako bi se povećao prinos bioplina. Iz navedenog razloga stajski gnoj se rijetko koristi samostalno u anaerobnoj digestiji, već se kombinira s drugim sirovinama koje imaju veći bioplinski potencijal. To su uglavnom ostaci nastali prilikom proizvodnje stočne hrane, šećera i sl. te ostaci iz prehrambene industrije i prerade ribe, kao i poljoprivredni ostaci ([link](#)).

Tablica 2. Pregled karakteristika sirovina za proizvodnju bioplina

Supstrat	Suha tvar (%)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Prinos bioplina (m <sup>3</sup> /t)	Prinos metana (m <sup>3</sup> /t)
<b>STAJSKI GNOJ</b>						
Svinjska gnojnica	6	3,6	2,5	2,2	28	17
Goveđi gnoj	25	5,6	3,2	8,8	80	44
Goveđa gnojnica	10	3,5	1,7	6,3	25	14
Pileći gnoj	40	18,4	14,3	13,5	140	90
<b>ENERGETSKI USJEVI</b>						
Silaža - kukuruz	33	2,8	1,8	4,3	200	106
Silaža - raž	25	n.s.	n.s.	n.s.	150	79
Žitarice	87	12,5	7,2	5,7	620	329
Silaža -trava	35	4,0	2,2	8,9	180	98
Šećerna repa	23	1,8	0,8	2,2	130	72
Stočna repa	16	n.s.	n.s.	n.s.	90	50
Silaža - suncokret	25	n.s.	n.s.	n.s.	120	70
Sudanska trava	27	n.s.	n.s.	n.s.	128	70
Žitarice - ostaci	23	4,5	1,5	0,3	118	70
Uljana repica - pogača	92	52,4	24,8	16,4	660	317
<b>OSTALI ORGANSKI OSTACI</b>						
Komina - voće	2,5	n.s.	0,7	n.s.	15	9
Komina - grožđe	45	2,3	5,8	n.s.	260	176
Melasa	85	1,5	0,3	n.s.	315	229
Otpad iz kućanstva	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Otpadni muljevi (otpadna voda)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Bez obzira na niski metanski potencijal, stajski gnoj je prva sirovina za proizvodnju bioplina, jer sadrži visoke razine makro i mikronutrijenata koji se zadržavaju u digestatu i nakon anaerobne digestije. Dobrobiti primjene stajskog gnoja u proizvodnji bioplina su višestruki te pomažu:

- **skladištenje** – digestori služe za privremeno skladištenje stajskog gnoja u periodu kada nije dozvoljena njegova primjena na površinama;
- **obradu stajskog gnoja** - procesom anaerobne digestije vrši se termička i mikrobiološka obrada stajskog gnoja i na taj način se doprinosi smanjenju razine patogena u krajnjem proizvodu.
- **uravnoteženom sadržaju hranjiva** – u digestatu je sadržaj hranjivih tvari uravnotežen u odnosu na stajski gnoj, pa je zbog toga olakšana primjena u poljoprivrednoj proizvodnji ([link](#)).

Sekundarni proizvod anaerobne digestije je **digestat** koji se definira kao visokovrijedno organsko gnojivo ([link](#)) bogato makro (N, P i K) i mikronutrijentima (Mg, S, Ca, B, Cu, Co, Mn i Zn) ([link](#)). Uspoređujući digestat i stajski gnoj, vidljive su razlike u kvantiteti i obliku hranjiva (Tablica 3.). Također, važno je napomenuti kako digestat može sadržavati i ostatke teških metala i/ili nerazgradive organske molekule koji su porijeklom iz ulaznih sirovina. Stoga je potrebno provoditi redovite i kvalitetne analize sirovina na toksične elemente koji se nalaze u smjesama za prehranu životinja ([link](#)).

Tablica 3. Sadržaj suhe tvari i hranjiva u digestatu i tekućem stajskom gnoju ([link](#))

	Suha tvar (%)	N – ukupni (kg/t)	NH <sub>4</sub> – N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	pH
<b>Digestat</b>	4,6	4,4	3,5	1,0	2,3	7,6
<b>Tekući svinjski stajski gnoj</b>	5,0	4,8	2,9	1,1	2,3	7,1
<b>Tekući kravljí stajski gnoj</b>	7,5	3,9	2,4	0,9	3,5	6,9

Digestat je dostupan u tri oblika (Slika 8):

1. Digestat u izvornom obliku (mješavina tekuće i krute frakcije)
2. Tekući digestat
3. Čvrsti digestat

Cjelovita frakcija digestata sadrži oko 5 % suhe tvari, a čvrsta frakcija sastoji se od 20 – 40 % suhe tvari. S druge strane, tekuća frakcija ima značajno niži udio suhe tvari i u prosjeku se kreće oko 1 – 4 %.



Slika 8. Kruta i tekuća frakcija digestata ([link](#), [link](#))

### Obrada digestata

U cilju iskorištenja punog potencijala, često se koriste post-tretmani obrade digestata kojima je cilj razdvojiti tekuću i krutu frakciju.

Prema European Biogas Association (EBA) izvješću, najbitnije prednosti dodatne obrade digestata uključuju ([link](#)):

- stvaranje krute frakcije koja se jednostavno skladišti, dok se tekuća frakcija lakše pumpa;
- smanjenje volumena potrebnog za skladištenje tekuće frakcije;
- sniženje troškova transporta uslijed smanjenog volumena;

Djelotvornost separacije ovisi o svojstvima digestata, tj. o svojstvima ulazne sirovine. Separacija se temelji na uklanjanju vode te predstavlja značajnu investiciju s visokim troškovima održavanja, no istovremeno značajno smanjuje troškove transporta.

Najčešći tretmani obrade su:

1. **Separacija** – prvi korak u obradi digestata i nakon ovog koraka primjenjuju se i druge tehnologije obrade, ovisno o tome radi li se o tekućoj ili krutoj frakciji digestata. Prilikom separacije dolazi do smanjenja volumena digestata. Ovdje je bitno spomenuti da veći dio mineralnog dušika ostaje vezan u tekućoj frakciji, dok je većina organskog vezanog dušika i fosfora vezana na krutu frakciju dušika.
2. **Kompostiranje** – aerobni proces gdje se organski otpad razgrađuje do faze komposta. Kompost također ima niži sadržaj sjemena korova te neutralan miris.
3. **Sušenje** – smanjuje se volumen, što ima pozitivan učinak na skladištenje i troškove transporta ([link](#)). Prilikom sušenja, struja toplog zraka širi se kroz materijal i dovodi do isparavanja vode i stvaranja digestata s povećanim sadržajem suhe tvari ([link](#)). Ciljni sadržaj u komercijalnom sušenju iznosi 85 - 90 % ([link](#)).
4. **Membranska tehnologija** – kod ove tehnologije tekući digestat se razdvaja u visoko koncentriranu, pročišćenu otopinu. Oprema koja se koristi u procesu membranske tehnologije jako je osjetljiva i ima sitne pore, te zbog toga sadržaj suhe tvari digestata ne bi smio prelaziti 3 %, kako ne bi došlo do začepljenja pora ([link](#)).
5. **Evaporacija** – za ovu tehnologiju potrebna je velika količina toplinske energije i većinom je interesantna većim bioplinski postrojenjima. Evaporacija se odvija kroz nekoliko procesa, od zagrijavanja digestata do zakiseljavanja materijala ([link](#)).

### Skladištenje

Primjena digestata, kao i stajskog gnoja, regulirana je III. Akcijskim programom zaštite voda od onečišćenja uzrokovanih nitratima poljoprivrednog podrijetla. Naime, definirani su rokovi primjene na poljoprivrednim površinama pa je stoga za preostali period potrebno osigurati dostatan skladišni prostor ([link](#)). Digestat se periodično iznosi iz postrojenja i pomoću cjevovoda dovodi u betonske spremnike za skladištenje ([link](#), [link](#)). Potom se s gornje strane stavljaju membrane kako bi se izbjegao gubitak hranjivih tvari. Osim tekstilnih membrana, koriste se i neke druge vrste pokrivača ([link](#)) poput:

- čvrste frakcije digestata;
- zračno nepropusnih membrana;
- fleksibilnih skladišnih vreća / kontejnera;
- glinenih oblutaka ili plastičnog pokrova ili
- usitnjениh komadića slame.

## 5. Zakonodavne prilike i prepreke u primjeni digestata

### Europski zakonodavni okvir

Ekstrakcija i prerada resursa uzročnici su polovice stakleničkih plinova te više od 90 % gubitaka biološke raznolikosti i nestaćice vode. Stoga je europskim zelenim planom započeta usklađena strategija za klimatski neutralno, resursno učinkovito i konkurentno gospodarstvo. Širenjem kružnoga gospodarstva s predvodnikom i na druge gospodarske aktere znatno će se doprinijeti postizanju klimatske neutralnosti do 2050. i odvajanju gospodarskog rasta od upotrebe resursa. U svrhu usklađivanja proizvoda s klimatskim neutralnim, resursno učinkovitim i kružnim gospodarstvom, Europska komisija (EK) će predložiti zakonodavnu inicijativu politike za održive proizvode ([link](#)).

U sklopu navedene zakonodavne inicijative, EK će razmotriti utvrđivanje načela održivosti i drugih prikladnih načina za regulaciju sljedećih segmenata:

- Unaprjeđenje trajnosti proizvoda i mogućnosti za njihovu ponovnu uporabu, modernizaciju i popravak, rješavanje prisutnosti opasnih kemikalija u proizvodima te povećanje energetske i resursne učinkovitosti proizvoda,
- Povećanje udjela recikliranog sadržaja u proizvodima te osiguravanje njihove učinkovitosti i sigurnosti,
- Omogućavanje ponovne proizvodnje i visokokvalitetnog recikliranja,
- Smanjenje ugljičnog otiska i učinka na okoliš,
- Ograničavanje jednokratne upotrebe i sprečavanje prernog zastarijevanja proizvoda,
- Uvođenje zabrane uništavanja neprodane trajne robe,
- Poticanje modela „proizvod kao usluga“ ili drugih modela u kojima proizvođači zadržavaju vlasništvo nad proizvodom ili odgovornost za njegovu funkcionalnost tijekom cijelog njegova životnog ciklusa,
- Mobilizacija potencijala za digitalizaciju informacija o proizvodima, uključujući rješenja kao što su digitalne putovnice, oznake i vodenii žigovi,
- Nagrađivanje proizvoda na temelju njihovih razina uspješnosti u pogledu održivosti, uključujući povezivanje visokih razina uspješnosti s poticajima ([link](#)).

### **EU Akcijski plan za kružno gospodarstvo**

Velik broj proizvoda se prebrzo kvari i ne može se popraviti niti ponovno koristiti. Zbog toga su inicijativama i zakonodavstvom EU-a djelomično obuhvaćeni pojedini aspekti održivosti proizvoda, bilo na obveznoj ili dobrovoljnoj osnovi. Točnije, Direktivom o ekološkom dizajnu učinkovito su uređene energetska učinkovitost i određene kružne značajke proizvoda koji koriste energiju. Paralelno s tim, instrumenti poput znaka za okoliš EU-a ili kriterija EU-a za zelenu javnu nabavu imaju šire područje primjene, ali njihov je utjecaj ograničen zbog toga što se primjenjuju dobrovoljno ([link](#)).

Kružno gospodarstvo može značajno smanjiti negativne utjecaje ekstrakcije i korištenja resursa na okoliš te pridonijeti obnovi bioraznolikosti i prirodnog kapitala Europe. Biološki resursi daju presudan doprinos gospodarstvu EU i imat će sve važniju ulogu u budućnosti. EK će raditi na osiguranju održivosti obnovljivih materijala, posebno provedbom mjera u skladu sa strategijom i akcijskim planom za biogospodarstvo ([link](#)).

Što se tiče poljoprivrednog sektora, novom uredbom o ponovnoj uporabi vode potaknut će primjenu kružnih načela za ponovnu uporabu vode u poljoprivredi. Komisija će promicati ponovnu uporabu i učinkovitost vode, posebice kroz industrijske procese. Također, kreirat će se integrirani plan upravljanja hranjivim tvarima s ciljem osiguranja održive primjene hranjivih tvari i kako bi se potaknuto tržište za oporabljene hranjive tvari. EK će preispitati reviziju direktiva o pročišćavanju otpadnih voda i mulja i ocijenit će prirodne načine za uklanjanje hranjivih tvari kao što su alge ([link](#)).

### **Hrvatska - Akcijski plan za kružno gospodarstvo**

Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (MINGOR) i Svjetska banka, objavili su izvješće u kojem se navodi da stopa kružnog gospodarstva iznosi svega 2,7 %, što znači da se više od 97 % svih materijala koje godišnje koristimo ne vraća u gospodarstvo kao sirovina. Vlada RH ima podršku od strane Svjetske banke za unaprjeđenje procesa gospodarenja otpadom. Kako bi Hrvatska ostvarila uspješan prelazak na kružno gospodarstvo bit će nužno promijeniti ponašanje i način razmišljanja potrošača i poduzeća, ali bit će potreban i politički i gospodarski odaziv koji zahtijeva blisku suradnju svih dionika: vlade, poduzeća, civilnog društva, akademske zajednice, medija i građana. Kako bi se olakšao taj proces,

Svjetska banka je podržala ideju o formiranju Odbora za kružno gospodarstvo, interdisciplinarnog savjetodavnog tijela MINGOR-a. Misija Odbora je dijeliti iskustva i pružati stručnu podršku za jačanje suradnje među svim sektorima ([link](#)).

**Hrvatski zakonodavni okvir** sastoji se od velikog broja zakona, pravilnika i uredba koje reguliraju pitanja vezana uz gnojiva i poboljšivače tla (Tablica 4.).

Tablica 4. Popis zakona vezan uz gnojidbene proizvode

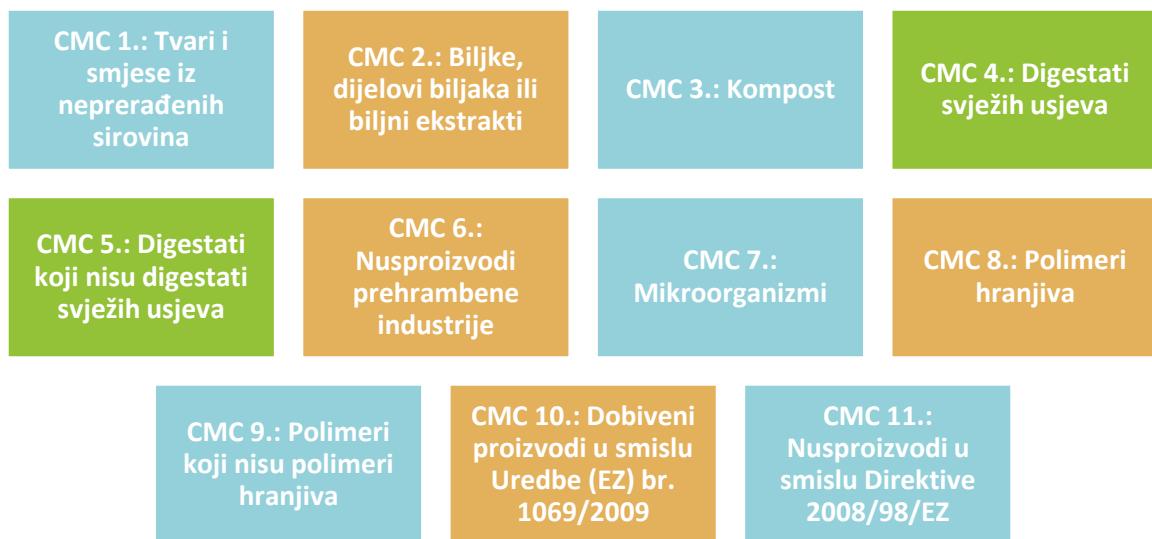
	<i>Uredba o gnojidbenim proizvodima (2019/1009)</i> <i>Pravilnik o ukidanju statusa otpada (NN 55/2023)</i> <i>Zakon o gnojidbenim proizvodima (NN 39/2023)</i> <i>Pravilnik o gospodarenju otpadom (NN 106/2022)</i> <i>Zakon o poljoprivrednom zemljištu (NN 57/22)</i> <i>Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/2019)</i> <i>Nitratna direktiva (91/676/EEZ)</i> <i>III. Akcijski program zaštite voda od onečišćenja uzrokovanih nitratima poljoprivrednog podrijetla (NN 73/2021)</i> <i>Pravilnik o dobroj poljoprivrednoj praksi u korištenju gnojiva (NN 56/2008)</i>
---	---

#### **Uredba o gnojidbenim proizvodima**

Uredba EU (2019/1009) o utvrđivanju pravila o stavljanju gnojidbenih proizvoda EU-a na raspolaganje na tržište uređuje plasiranje gnojidbenih proizvoda s oznakom CE na tržište koji će se prodavati na EU unutarnjem tržištu ([link](#)). Prema ovoj Uredbi, gnojidbeni proizvodi EU mogu se uvrstiti u jednu od sedam kategorija funkcija proizvoda (engl. Product Function Categories, PFC) (Slika 9) i u jednu ili više kategorija sastavnih materijala (engl. Component Material Categories, CMC) (Slika 10).



Slika 9. Kategorije funkcija proizvoda gnojidbenih proizvoda (PFC)



Slika 10. Kategorije sastavnih materijala (CMC)

Gnojidbeni proizvod EU može sadržavati tvari i smjese, osim digestata, ali isključenost materijala iz CMC-a 1. ne znači da on nije prihvatljiv sastavni materijal na temelju drugog CMC-a za koji vrijede drukčiji zahtjevi ([link](#)). Važno je spomenuti kako je kriterij za organski poboljšivač tla da sadrži minimalno 20 % suhe tvari, a tekući digestat najviše 6 %. Također, ne može se klasificirati kao organsko gnojivo jer nema dovoljnu količinu hranjiva. Prema gore navedenoj Uredbi, digestat se može koristiti kao jedna od komponenti pri pripremi i dobivanju određenog gnojidbenog proizvoda ili kao komponenta za stvaranje organskog poboljšivača tla.

#### Pravilnik o ukidanju statusa otpada

Prema Pravilniku o ukidanju statusa otpada, digestat se definira kao gnojidbeni proizvod, koji udovoljava uvjetima propisa koji uređuje gnojidbene proizvode ([link](#)).

#### Zakon o gnojidbenim proizvodima

Ovaj Zakon kreiran je s ciljem osiguravanja provedbe Uredbe (EU) 2019/1009 o utvrđivanju pravila o stavljanju gnojidbenih proizvoda EU-a na raspolaganje na tržištu. Ovim Zakonom se definiraju pojmovi poput **HR** i **EU gnojidbenog proizvoda**.

HR gnojdjeni proizvod definira se kao tvar, smjesa, mikroorganizam ili bilo koji drugi materijal koji se primjenjuje ili je namijenjen primjeni na biljkama ili njihovoj rizosferi, ili na gljivama ili njihovoj mikosferi, ili koji je namijenjen da čini rizosferu ili mikosferu, samostalno ili pomiješan s drugim materijalom, radi opskrbe biljaka ili gljiva hranjivima ili poboljšavanja učinkovitosti njihove ishrane kada se na tržište Europske unije prvi put stavlja u Republici Hrvatskoj, dok se EU gnojdjeni proizvod definira kao tvar, smjesa, mikroorganizam ili bilo koji drugi materijal koji se primjenjuje ili je namijenjen primjeni na biljkama ili njihovoj rizosferi, ili na gljivama ili njihovoj mikosferi, ili koji je namijenjen da čini rizosferu ili mikosferu, samostalno ili pomiješan s drugim materijalom, radi opskrbe biljaka ili gljiva hranjivima ili poboljšavanja učinkovitosti njihove ishrane s **oznakom CE** kada se stavlja na raspolaganje na tržištu Republike Hrvatske ([link](#)).

## **Pravilnik o gospodarenju otpadom**

Prema ovom Pravilniku, količina biorazgradivog komunalnog otpada koji ulazi u aerobnu ili anaerobnu obradu može se računati kao reciklirana ako se tom obradom proizvodi **kompost**, **digestat** ili drugi izlazni materijal sa sličnom količinom recikliranog sadržaja u odnosu na inicijalni otpad, koji će se koristiti kao reciklirani proizvod, materijal ili tvar, a ako se izlazni materijal koristi na zemljištu, može ga računati kao recikliran samo ako to korištenje koristi poljoprivredi ili donosi ekološko poboljšanje ([link](#)).

No prema **Zakonu o poljoprivrednom zemljištu**, zabranjuje se primjena digestata na poljoprivrednom zemljištu, koje se dobiva u bioplinskom postrojenju, a u kojem se koristi otpad osim biootpada sukladno propisu o gnojidbenim proizvodima ([link](#)). Također, prema Pravilniku o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada, anaerobni digestat može se primjenjivati na poljoprivrednoj površini koja se ne koristi za proizvodnju hrane i na način propisan posebnim propisom koji uređuje gnojivo ili poboljšivače tla te korištenju na šumskom odnosno parkovnom zemljištu, te za potrebe uređenja ili rekultivacije zemljišta kao i za izradu završnoga rekultivacijskog sloja odlagališta ([link](#)).

## **Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja**

U članku 4. ovog Pravilnika stoji kako se poljoprivredno zemljište smatra onečišćenim kada sadrži više teških metala i potencijalno onečišćujućih elemenata od maksimalno dopuštenih količina (MDK), izraženo u mg kg<sup>-1</sup> zrakosuhog tla ([link](#)).

**Tablica 5. Maksimalno dopuštene količine teških metala i potencijalno onečišćujućih elemenata**

pH tla u 1 M otopini KCl-a			
Element	<5	5 – 6	>6
Cd	1	1,5	2
Cr	40	80	120
Cu	60	90	120
Hg	0,5	1	1,5
Ni	30	50	75
Pb	50	100	150
Zn	60	150	200
Mo	15	15	15
As	15	25	30
Co	30	50	60

Isto tako, prema navedenom Pravilniku, sadržaj onečišćujućih tvari u organskim gnojivima i poboljšivačima tla koji se koriste uz miješanje sa tlom ne smije prelaziti peterostruku količinu iz Članka 4. ovoga Pravilnika osim kadmija koji ne smije prelaziti dvostruku količinu. Isto tako, ako se poboljšivači tla koriste kao supstrat za proizvodnju bez miješanja s tlom, sadržaj onečišćujućih tvari ne smije prelaziti najviše dopuštene količine iz Članka 4. ovoga Pravilnika.

## **Nitratna direktiva**

Cilj Nitratne direktive je smanjiti onečišćenje voda nastalo nitratima koji se koriste u poljoprivredne svrhe kako bi se spriječilo daljnje onečišćenje.

U sklopu ove Direktive, članice EU-a imaju slijedeće zadatke:

- 1) Označiti kao **ranjiva** sva područja koja se odvodnjavaju u vode koje imaju ili bi mogle imati **visoke razine nitrata i eutrofikaciju**. Te oznake moraju se pregledati i po potrebi revidirati najmanje svake četiri godine kako bi se u obzir uzele eventualne promjene.
- 2) Uspostaviti **obavezne programe djelovanja** za ta područja, uzimajući u obzir dostupne znanstvene i tehničke podatke te ukupne uvjete okoliša;
- 3) Nadzirati **uspješnost** programa djelovanja.
- 4) Testirati **koncentraciju nitrata u slatkovodnim podzemnim i površinskim vodama** u kontrolnim stanicama, najmanje jednom mjesečno i češće tijekom poplava.
- 5) Provesti **sveobuhvatan program nadzora** i svake četiri godine poslati detaljno izvješće o provedbi Direktive. Izvješće uključuje podatke o područjima ranjivim na nitrate, rezultate praćenja vode i sažetak relevantnih aspekata kodeksa dobrih poljoprivrednih praksi i programa djelovanja.
- 6) Izraditi **kodekse dobrih poljoprivrednih praksi** koje poljoprivrednici provode na dobrovoljnoj osnovi. U njemu se navode razni primjeri dobre prakse, kao što su situacije kada je uporaba gnojiva neprimjerena.
- 7) Osigurati **obuku i informiranje poljoprivrednika**, gdje je to prikladno.

Na temelju Nitratne direktive, u Hrvatskoj je kreiran **III. Akcijski program zaštite voda od onečišćenja uzrokovanih nitratima poljoprivrednog podrijetla**, koji također ima za cilj smanjenje gubitka dušika na način da se spriječi hlapljenje amonijaka iz stajskog gnoja. Tada se treba voditi računa o stadiju vegetacije, vremenskim razmacima primjene, osunčanosti, temperaturi i vlažnosti zraka. Na poljoprivrednim površinama, koje još nisu zasijane, stajski gnoj se mora što prije unijeti u tlo, ravnomjerno ga rasporediti po površini, a gnojovku prije gnojenja treba promiješati.

S ciljem smanjivanja gubitka dušika ispiranjem i isparavanjem zabranjuje se:

- gnojenje gnojnicom i gnojovkom na svim poljoprivrednim površinama bez obzira na pokrov u razdoblju od 15. prosinca do 15. ožujka;
- gnojenje gnojnicom i gnojovkom raspodjelom po površini bez unošenja u tlo na svim poljoprivrednim površinama u razdoblju od 1. svibnja do 1. rujna.

Što se tiče primjene mineralnih gnojiva, treba se osigurati da nema preklapanja prohoda rasipača/raspodjeljivača, odnosno stvaranja dvostrukih prohoda ili praznih mesta na poljoprivrednoj površini ([link](#)).

#### **Pravilnik o dobroj poljoprivrednoj praksi u korištenju gnojiva**

Ovim Pravilnikom ([NN 56/2008](#)) definiraju se opća načela korištenja gnojiva. Tako se npr. spominje da se gnojiva primjenjuju na način da se ostvare temeljni ciljevi gnojidbe poput:

- postizanje stabilnog, visokog i isplativog prinosa dobre kakvoće,
- optimizacija opskrbe usjeva hranjivima,
- održavanje ili popravljanje plodnosti tla,
- zaštita okoliša.

U periodu jedne kalendarske godine poljoprivrednik može aplicirati stajski gnoj na poljoprivrednoj površini do idućih graničnih vrijednosti primjene dušika:

- 210 kg/ha dušika (N), dozvoljena primjena u početnom četverogodišnjem razdoblju
- 170 kg/ha dušika (N), dozvoljena primjena nakon isteka četverogodišnjeg razdoblja.

S ciljem smanjenja gubitka dušika, preporuča se provedba idućih mjera:

- gnojidba stajskim gnojem provodi se na način da se spriječi hlapljenje amonijaka, a pri tom treba voditi računa u kojem je stadiju vegetacija, o vremenskim razmacima, posebno temperaturi i vlažnosti zraka te osunčanosti,
- na nezasijanim površinama potrebno je stajski gnoj što prije unijeti u tlo,
- stajski gnoj treba jednakomjerno rasporediti po površini tla,
- gnojovku prije gnojenja promiješati.

Također, s ciljem smanjenja gubitaka dušika ispiranjem i isparavanjem zabranjuje se:

- gnojenje gnojnicom i gnojovkom na svim poljoprivrednim površinama bez obzira na pokrov od 1. prosinca do 1. ožujka;
- gnojenje gnojnicom i gnojovkom rasподјелом po površini bez unošenja u tlo na svim poljoprivrednim površinama od 1. svibnja do 1. rujna;
- gnojidba krutim stajskim gnojem na svim poljoprivrednim površinama od 1. svibnja do 1. rujna;
- gnojidba mineralnim gnojivima s nitratnim dušikom na svim poljoprivrednim površinama od 01. studenog do 01. veljače, a iznimno je dozvoljena primjena urea amonijevog nitrata (UAN) po žetvenim ostacima.

Ovim se pravilnikom zabranjuje primjena stajskog gnoja:

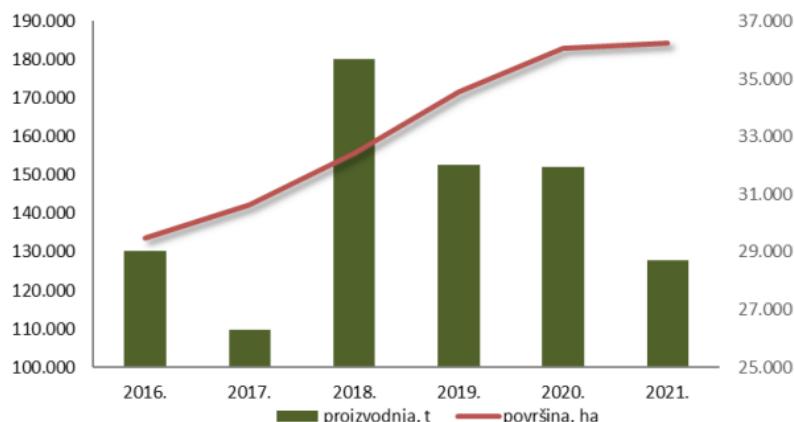
- u II. Zoni sanitarne zaštite izvorišta, ako nije drugačije određeno propisima koji uređuju upravljanje vodama,
- na tlima zasićenim vodom,
- na tlima koja su prekrivena snježnim prekrivačem,
- na zamrznutim tlima te na plavnim zemljиштимa,
- u proizvodnji povrća, jagodastog voća i ljekovitog bilja, unutar 30 dana prije zriobe i berbe,
- pomiješanog s otpadnim muljem ili kompostom od otpadnog mulja,
- s poljoprivrednih gospodarstava na kojima su utvrđene bolesti s uzročnicima otpornim na uvjete u gnojišnoj jami,
- na ne poljoprivrednim zemljиштимa.

Isto tako, zabranjuje se primjena gnojnica i gnojovke:

- u II. Zoni sanitarne zaštite izvorišta, ako nije drugačije određeno propisima koji uređuju upravljanje vodama,
- na 25 m udaljenosti od bunara,
- na 20 m udaljenosti od jezera,
- na 5 m udaljenosti od ostalih vodenih tokova,
- na nagnutim terenima gdje se slijevaju s površine,
- na nagnutim terenima uz vodotokove, s nagibom većim od 10 % na udaljenosti manjoj od 10 m od vodenih tokova.



U 2021. godini, hrvatskim voćarstvom dominirala je proizvodnja jabuka (45,3 %) i mandarina (29,1 %). Od ostalih voćnih vrsta značajna je proizvodnja šljiva, s udjelom od 7,0 %. U sektoru voćarstva prevladava intenzivna proizvodnja, koja je u 2021. godini iznosila 96,8 % ukupne proizvodnje voća. Od 2016. godine bilježi se kontinuirani rast površina pod intenzivnim nasadima i danas iznose 36 000 ha ([link](#)).



Slika 11. Intenzivna proizvodnja voća ([link](#))

Tijekom 2021. godine, proizvedeno je 1.886 t **bobičastog voća** (osim jagoda), što je skoro tri puta manje u odnosu na prethodnu godinu kada je zabilježena proizvodnja od 5.211 t bobičastog voća ([link](#)). Također, Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju je objavila podatke u kojima se navodi da je u 2020. godini, u sustavu potpora malinu uzbajalo 194 poljoprivredna gospodarstva i to na 82,5 ha. U 2020. godini, 10 najvećih proizvođača u Hrvatskoj (Tablica 7.) je malinu proizvodilo na 30 ha ([link](#)).

Tablica 7. 10 najvećih proizvođača malina u Hrvatskoj u 2020. godini

	Naziv tvrtke/subjekta	Površina pod malinama (ha)
1.	Vinka plus d.o.o.	7,75
2.	Gorza Daria	6,12
3.	Fragaria Planta d.o.o.	3,61
4.	OPG Zdravko Ivančan	2,55
5.	Ivančan Mirjana	2,39
6.	OPG Matić, Marko Matić	2,24
7.	Obrt "Vinko", Uzgoj i prerada voća - Kristijan Kolak	1,62
8.	Frigo logistika d.o.o.	1,59
9.	Strnka j.d.o.o.	1,59
10.	OPG Špindrić, Ljiljana Špindrić	1,36

## 6.2. Gnojidba u voćarstvu

Gnojidba je važan agrotehnički zahvat koji utječe na visinu, kvalitetu i stabilnost prinosa. Ovim se postupkom u tlo unose određene količine biljnih hranjiva koje su neophodne za rast i razvoj biljke, povećanje plodnosti tla i otpornosti biljke na klimatske prilike. Gnojiva se dijele na:

- **Mineralna**
- **Organska**
- **Organo-mineralna**
- **Mikrobiološka ([link](#))**

Također, postoje različite vrste gnojidba kao što su ([link](#)):

- **Osnovna gnojidba** – određena hranjiva opskrbljuju obrađeni sloj tla kako bi aplicirana gnojiva koristila određenom usjevu u toku vegetacije ([link](#)).
- **Meliorativna gnojidba** – vrsta osnovne gnojidbe čiji je cilj poboljšati svojstva tla. Meliorativna gnojidba još se koristi i na tlima intenzivne poljoprivredne proizvodnje. Ovaj tip gnojidbe dijeli se na: humizaciju, kalcifikaciju, sadrenje (gipsanje), fosfatizaciju, kalizaciju, nitrogenizaciju i obogaćivanje tla magnezijem i mikroelementima ([link](#)).
- **Dopunska gnojidba** – cilj je neposredna ishrana uzgajane kulture, prema razvojnim stadijima, kao i prema karakterističnim zahtjevima u određenim fazama rasta. Dopunska gnojidba se dijeli na startnu gnojidbu i prihranjivanje.
- **Startna gnojidba** – provodi se u periodu sjetve s ciljem da se biljkama odmah na početku pruže hranjive tvari potrebne za rast i razvoj usjeva.
- **Prihranjivanje** – vrši se u obrocima tijekom vegetacije, u skladu s razvojnim stadijima. Najviše se primjenjuju dušična gnojiva u lako topivom obliku jer su pristupačniji biljci ([link](#)).

Važan čimbenik gnojidbe je njezino doziranje. Njime se određuje koja se količina gnojiva treba primijeniti. Količina hranjiva koja će se primijeniti ovisi o kulturi koja se uzgaja, fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima tla ([link](#)).

Čest problem kod gnojidbe je njezina nepravilna primjena što dovodi do suviška ili pomanjkanja pojedinih hranjivih tvari u tlu. Također, u slučaju nepravilne gnojidbe može doći i do nepravilne raspoređenosti hranjiva što dovodi do oboljenja usjeva i smanjenja prinosa. Zato je važno da se gnojidba temelji na informacijama koje su prikupljene o tlu na kojem se provodi gnojidba ([link](#)).

Za rast i razvoj plodova i vegetativnih organa, **voćke** apsorbiraju velike količine hranjivih tvari. Zato je gnojidba važna, jer se njome održava razina hranjiva u tlu. U voćnjacima se primjenjuje pliće unošenje gnojiva, jer će u protivnom doći do oštećenja korijenovog sustava. U ljetnom periodu, pliće rasprostranjeno korijenje ne usvaja dovoljno hranjiva zbog smanjene vlažnosti tla u površinskom sloju. Prednost voćaka u odnosu na jednogodišnje biljne vrste je u tome što u periodu proljeća i jeseni, kada je dovoljna količina vlage u tlu i kada je intenzivan rast korijena, voćke sakupljaju rezerve hranjiva i skladište ih u korijenovom sustavu, deblu i u debljim skeletnim granama. Rezerve hranjivih tvari u periodu vegetacije se usmjeruju u zone rasta ([link](#)).

### Dušik

Za razvoj organa i tkiva voćaka, dušik je neizostavno hranjivo prilikom gnojidbe. Višestruka je uloga dušika kod voćnih vrsta. On ima pozitivan učinak na povećanje fotosinteze, rast lišća, mladica, plodova









postavljanje u usporedbi sa zahtjevima za radiodifuzijsko emitiranje. Ovaj princip čini hranjive tvari lakše dostupnima za biljke ([link](#)).



Slika 12. Strojni linijski sustav u kombinaciji s injektorom ([link](#))

Uz ovu tehnologiju aplikacije, postoji još jedna, a to je raspršivanje digestata po površini (Slika 13). Proces se provodi tako da se digestat pomoću raspršivača aplicira na tlo. Bitno je napraviti analizu tla, kako bi se primjenila dovoljna količina digestata, odnosno dovoljna količina hranjivih tvari ([link](#)). Da bi se postigla optimalna djelotvornost digestata, preporuča se njegova primjena u razdoblju maksimalnog rasta usjeva. Primjena digestata radi se u razdoblju od kasne zime, pa sve do kraja ljeta. Tijekom jeseni, biljke ne usvajaju ili nemaju potrebu za dušikom.



Slika 13. Raspršivanje gnojiva po površini ([link](#))

Prema III. Akcijskom programu zaštite voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima poljoprivrednog podrijetla ([link](#)), preporuča se izbjegavanje raspršivanje digestata u sljedećim situacijama:

- a) Na tlu zasićenom vodom
- b) Na tlu prekrivenom snježnim prekrivačem
- c) Na zamrznutom tlu
- d) Na poplavljenom tlu
- e) Na nepoljoprivrednim zemljишima
- f) Na 20 m udaljenosti od vanjskog ruba korita jezera ili druge stajaće vode
- g) Na 3 m udaljenosti od vanjskog ruba korita vodotoka širine korita 5 metara ili više
- h) Na nagnutim terenima uz vodotokove, s nagibom većim od 10 % na udaljenosti manjoj od 10 m od vanjskog ruba korita vodotoka
- i) Pomiješanog s otpadnim muljem

- j) Podrijetlom s poljoprivrednih gospodarstava na kojima su utvrđene bolesti s uzročnicima otpornim na uvjete u gnojišnoj jami ([link](#)).

Tablica 12. Prednosti i nedostaci digestata

PREDNOSTI	NEDOSTACI
Visoka količina pristupačnih hranjiva	Potencijalno onečišćenje tla, vode i zraka teškim metalima
Uništavanje sjemena korova i biljnih patogena	
Sanitacija	
Poboljšanje fizikalne strukture tla	
Smanjenje emisija amonijaka, stakleničkih plinova i pojave neugodnih mirisa i štetočina	
Smanjena potrošnja vode	
Veterinarska sigurnost	
Otvaranje zelenih radnih mjesta	
Moguće ekonomске uštede u aplikaciji gnojiva	

U sklopu novog Strateškog plana Zajedničke poljoprivredne politike nalazi se 31.04. Eko shema: Uporaba stajskog gnoja na oraničnim površinama, čiji je cilj povećanje sadržaja humusa smanjenjem primjene sintetskih mineralnih gnojiva, a čime se postiže poboljšanje fizikalnih i kemijskih svojstva tla. Prihvatljivim korisnikom ove sheme smatraju se aktivni poljoprivrednici koji imaju u korištenju poljoprivredno zemljište upisano u ARKOD sustav.

Uvjeti prihvatljivosti su:

- ispunjavanje uvjeta minimalnih zahtjeva za primanje izravnih potpora,
- pravovremeno podnošenje jedinstvenog zahtjeva i ostale dokumentacije,
- upis stoke u jedinstveni registar domaćih životinja, propisno označavanje stoke i dr. i
- minimalno 1 ha poljoprivrednog zemljišta

Unutar ove Eko sheme, dozvoljeno je primijeniti stajski gnoj (kruti ili tekući) na oranici u količini koja odgovara primjeni dušika iz stajskog gnoja od najmanje 70 kg N/ha do najviše 150 kg N/ha u skladu s minimalnim i maksimalnim količinama stajskog gnoja po hektaru (Tablica 18.). Dodatno, korisnik kojem je na osnovi provedene analize od strane ovlaštenog laboratorija izdana preporuka za gnojidbu stajskim gnojem s količinom dušika nižom od 70 kg/ha izuzima se iz ove obveze.

Tablica 13. Dozvoljene količine stajskog gnoja

Vrsta stajskog gnoja	Minimalna količina stajskog gnoja	Maksimalna količina stajskog gnoja
	t/ha	t/ha
Govedi	14	30
Od kopitara	11,5	25
Ovčji i kožji	9	19
Svinjski	11,5	25
Kokošji	4,5	10
Brojlerski	2	5
Govedi kompost	3	7
Goveda gnojovka	17 m <sup>3</sup> /ha	37 m <sup>3</sup> /ha
Svinjska gnojovka	14 m <sup>3</sup> /ha	30 m <sup>3</sup> /ha

## 6.6. Primjer iz Hrvatske – Vinka plus d.o.o.

U ovom poglavlju prikazana je inovativna tehnologija primjene digestata u višegodišnjim nasadima, koju je IPS Konzalting predložio projektnom konzorciju.

Vinka plus d.o.o. – tvrtka za preradu voća i povrća iz Hrvatske, provela je investiciju sadnje 7,6 ha nasada malina koristeći različite vrste gnojiva – uključujući digestat iz lokalnog bioplinskog postrojenja. U fazi pripreme tla tvrtka je primijenila kombinaciju  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , digestata i stajskog gnoja.



Slika 14. Podizanje nasada malina

Kada se uzme u obzir da velika većina hrvatskih poljoprivrednika ne primjenjuje digestat u poljoprivrednoj proizvodnji, može se zaključiti da se primjena digestata smatra inovativnim rješenjem/tehnikom. Što je još važnije, tvrtka je također koristila digestat koji je proizведен u neposrednoj blizini voćnjaka, što znači da se podržava zatvaranje ciklusa hranjivih tvari na lokalnoj razini, kao i da se smanjuje ovisnost o hranjivim tvarima. Primjenjeni digestat proizveden je u bioplinskem postrojenju Energija Gradec d.o.o. koristeći uglavnom različite poljoprivredne ostatke iz poljoprivredne proizvodnje (goveđi gnoj i svinjska gnojnica, kukuruzna silaža, sojina melasa). Tvornica trenutno ne koristi poljoprivredne tokove nastale na liniji za preradu (stabljike graška, ljsuske/klip/stabljiku kukuruza šećerca, pokožicu mrkve i krumpira, ljsuske luka, cvjetove cvjetače, sok i pulpu trešnje), ali namjera je tvrtke izraditi analizu bioplinskog potencijala ovih tokova i ako je finansijski održiva, preraditi ju u bioplinskem postrojenju.

Temeljni princip rada u konkretnom slučaju odnosi se na primjenu digestata u početnoj fazi. U fazi pripreme tla tehnolozi tvrtke primijenili su kombinaciju  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  u koncentraciji od 1,00 t/ha, digestata u koncentraciji od 50,00 t/ha i goveđi stajski gnoj u koncentraciji od 33,00 t/ha. Uz organska gnojiva, primjenjeno je i mineralno gnojivo (NPK 7-20-30) u količini od 30 g/biljci. Digestat je primijenjen Strautmann rasipačem gnojiva.

Opseg rada uključuje jednokratnu primjenu digestata u početnoj fazi podizanja nasada zbog sadnje malina u visoke gredice, dok je za daljnje upravljanje nasadom korišten sustav fertirigacije i kombinacije mineralnih gnojiva Novalon (NPK 20-20-20) i Vital Power Phos (NPK 7-21-0). Na primjenjenom digestatu provedena je laboratorijska analiza prikazana u Tablici 14.

Tablica 14. Laboratorijska analiza digestata

	<b>ANALIZA</b>	<b>LB G 9/16</b>
1.	Suha tvar	4,04 %
2.	pH H <sub>2</sub> O	7,91%
3.	ukupni N	0,35 %
4.	N/NH <sub>4</sub>	0,13 %
5.	ukupni P	0,80 %
6.	ukupni K	7,5 %
7.	ukupni Ca	1,49 %
8.	ukupni Mg	0,65 %

Korištenje digestata doprinosi ciklusima dušika i ugljika u poljoprivredi. Nadalje, povećanje organske tvari u tlu povećava plodnost i stabilnost tla. Također se doprinosi povećanju bioraznolikosti tla, istovremeno smanjujući eroziju, ispiranje i onečišćenje vode. Primjenom digestata u višegodišnjem nasadu osigurana je ušteda energije, smanjena potrošnja fosilnih goriva, te su smanjeni troškovi zbog kupovine manje količine mineralnih gnojiva.

## 6.7. Primjeri iz Europe

Ovo poglavlje daje pregled potencijala primjene digestata u poljoprivrednoj proizvodnji u EU.

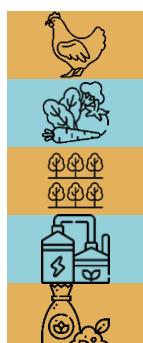
### 6.7.1. Inovativna reciklirana dušična gnojiva



Lokacija: Flandrija, Belgija

Cilj: Korištenje inovativnih recikliranih gnojiva proizvedenih iz stajnjaka s ciljem primjene 100 % biljkama potrebnog dušika (N)

#### Sektor primjene



- uzgoj žitarica i kukuruza na otvorenom
- uzgoj povrća na otvorenom
- višegodišnji nasadi
- agro-energetski sustavi
- prerada nusproizvoda životinjskog podrijetla

#### Tehnologija

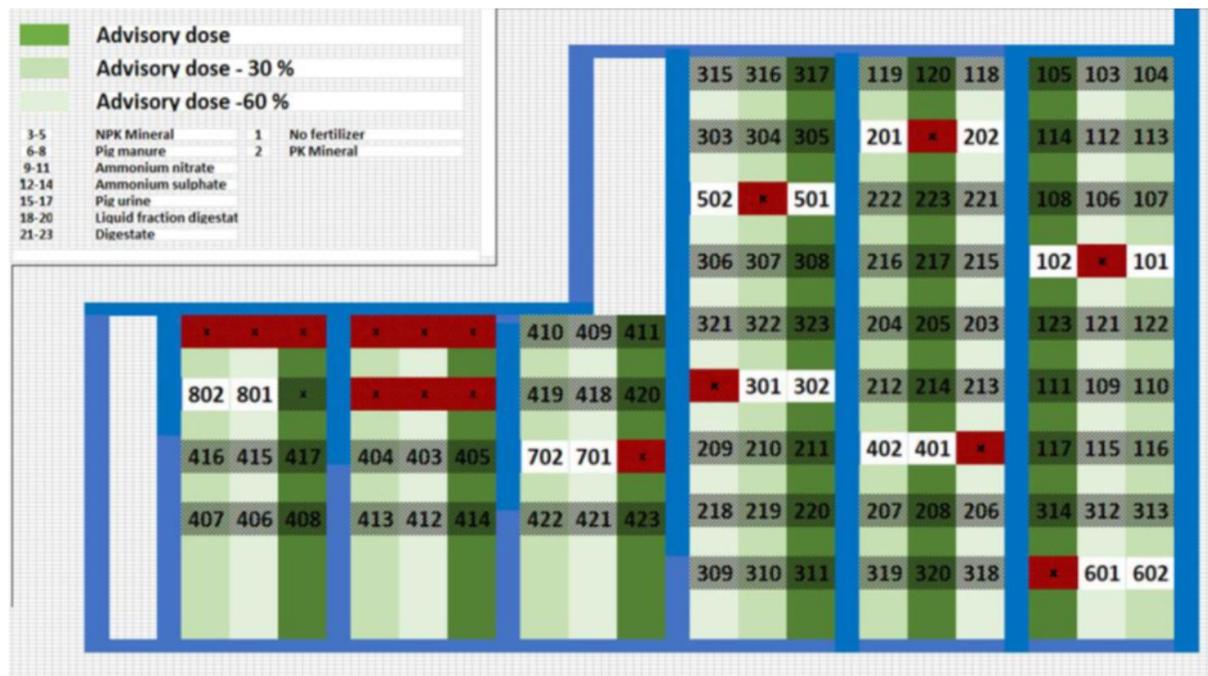
Odvajanje krute i tekuće frakcije digestata vijčanom prešom, centrifugom i filter prešom. Proizvodnja amonijevog nitrata i sulfata procesom odvajanja amonijaka i dodavanja sumporne kiseline.



Slika 15 Amonijev nitrat dobiven iz tekuće frakcije digestata

## Princip rada

U ovoj studiji 4 vrste recikliranih gnojiva (amonijev nitrat, amonijev sulfat, digestat iz kodigestije svinjskog gnoja i tekuća frakcija digestata) su uspoređene s mineralnim gnojivom KAN, svinjskim gnojem i kontrolom u trogodišnjem poljskom pokusu koji se fokusira na kratkoročne N-učinke recikliranih vrsta gnojiva. U slučaju Flandrije, jedinični trošak primjene recikliranog amonijevog nitrata je iznosio 0,65-0,75 €/kg N, dok je trošak amonijevog sulfata iznosio 10 €/t.



Slika 16 Shematski prikaz poljskog pokusa, uključujući tragove prskalice (plavo označeno) i parcele isključene nakon preliminarnog pregleda (crveno označeno)

## Rezultati istraživanja

Najvažnija funkcija svakog gnojiva je opskrba usjeva dovoljnom količinom hranjivih tvari. Dušik se smatra primarnim i jednim od najvažnijih nutrijenata za sve vrste usjeva, a njegova dostupnost usko je povezana s prinosom i kvalitetom usjeva. Neusklađenost između dostupnosti dušika u tlu i s druge strane, potražnje usjeva za nutrijentom, može dovesti do gubitaka dušika u okoliš, čime se narušava održivost poljoprivrednog ekosustava. Stoga je fokus ovog poljskog pokusa bio na kratkoročnoj opskrbi usjeva dušikom pomoću 100 % recikliranih dušičnih gnojiva. Nadalje, rezultati pokazuju da je utjecaj na prinos usjeva isti kao i kod mineralnih gnojiva. Kada se promatra profitabilnost proizvodnje, ona je pozitivna s obzirom da se primjenom recikliranih gnojiva direktno smanjuje potreba za kupnjom standardnim i okolišno neodrživim mineralnim gnojiva.

### 6.7.2. Anaerobna digestija za farme



Lokacija: Flandrija, Belgija

Cilj: Recikliranje ostataka biljne i životinske proizvodnje s farme za proizvodnju obnovljive energije

#### Sektor primjene

	peradarstvo
	svinjogoštvo
	govedarstvo
	uzgoj povrća na otvorenom
	agro-energetski sustavi
	prerada nusproizvoda životinjskog podrijetla

#### Tehnologija

Anaerobna digestija je tehnologija kojom poljoprivrednici mogu proizvesti vlastitu energiju valorizacijom poljoprivrednih ostataka (npr. stajnjaka i/ili ostataka usjeva) u bioplinskem postrojenju.

#### Princip rada

Digestija poljoprivrednih ostataka se odvija u bioplinskim reaktorima bez prisustva kisika. Tijekom procesa se organska tvar razlaže do jednostavnijih spojeva, a završni proizvodi su biopljin i digestat. Biopljin (koji se uglavnom sastoji od metana) se šalje u CHP reaktor te rezultira proizvodnjom obnovljive energije u obliku toplinske i električne energije. Fermentirana biomasa koja izlazi iz digestora se naziva digestat i može se koristiti na farmi kao visokovrijedno organsko gnojivo.



*Slika 17 Prikaz bioplinskog postrojenja*

### **Rezultati istraživanja**

Bioplinsko postrojenje na farmama je izvrstan primjer zatvaranja ciklusa ugljika, dušika i fosfora, s obzirom da se iz postojećih sirovina mogu proizvesti energija i hranjiva. Električna i toplinska energija se pritom može koristiti za potrebe farme, dok se hranjive tvari (N, P) koje se nalaze u digestatu koriste kao gnojivo.

Prema izračunima belgijskog postrojenja, postrojenje od 16 kW moglo bi uštedjeti i do ± 20.000 €/godišnje kroz proizvodnju vlastite energije te zahvaljujući manjoj potrošnji mineralnih gnojiva.

### 6.7.3. Korištenje digestata i no-till prakse s ciljem skladištenja organske tvari u tlu



Lokacija: Vellezzo Bellini, Italija

Cilj: Visokoučinkoviti sustav uklanjanja dušika u preciznoj poljoprivredi u kombinaciji s no-till praksom (minimalna obrada tla) maksimizira učinkovitost digestata kao gnojiva i poboljšivača tla

#### Sektor primjene



uzgoj žitarica i kukuruza na otvorenom

agro-energetski sustavi

#### Tehnologija

Složena kombinacija tehnologija za obradu otpadnih voda i poljoprivrednog/prehrabrenog industrijskog otpada. Uključuje anaerobnu digestiju, tehnologiju uklanjanja amonijaka, proizvodnju biognojiva i poboljšivača tla, tehnologije precizne poljoprivrede i no-till praksu.

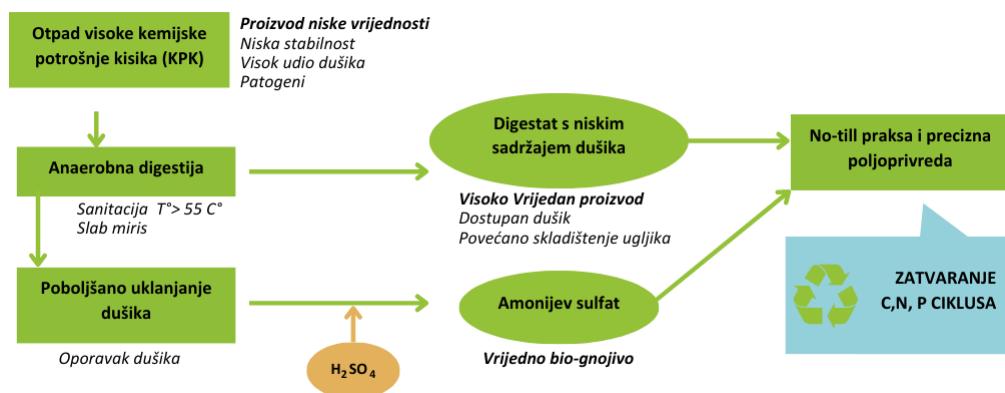


Slika 18 Spremnik za anaerobnu digestiju

#### Princip rada

Poljski pokusi su postavljeni u suradnji s demo postrojenjem za anaerobnu digestiju u Lombardiji. Postrojenje obrađuje oko 70.000,00 t/godišnje otpada (uglavnom kanalizacijskog mulja gradskih otpadnih voda), proizvodeći digestat i amonijev sulfat koji se koriste kao gnojivo na parcelama. Promatrane su 2 kulture (riža, pšenica). Digestija u bioplinskom postrojenju se odvija pri temperaturi od 55 °C tijekom retencijskog perioda od najmanje 20 dana, te korištenjem 3 reaktorska spremnika u nizu, što rezultira higijenski ispravnim digestatom. Nadalje, dušik iz digestata nalazi se u obliku

amonijaka koji biljke najlakše apsorbiraju. Tehnologije precizne poljoprivrede spajaju pristup no-till prakse s GPS geolokacijom s ciljem točnog doziranja gnojiva. No-till praksa temelji se na sistemu injektiranja 5-10 cm duboko, direktno u tlo, dva puta godišnje, prije sjetve i nakon žetve.



Slika 19 Shematski prikaz valorizacije organskog otpada i korištenja nusproizvoda

### Rezultati istraživanja

Važno je napomenuti kako otprilike 60 % ulaznog ugljika iz otpada je bilo obnovljeno u proizvodnji digestata, dok je preostalih 40 % obnovljeno u proizvodnji bioplina. Tehnologija za uklanjanje može ukloniti i do 15-20 % dušika iz digestata. S druge strane, emisije amonijaka bile su veće na parcelama tretiranim mineralnom gnojidrom, u odnosu na parcele gdje je primijenjen digestat.

#### 6.7.4. Prerada svinjskog gnoja u organsko gnojivo



Lokacija: Italija

Cilj: Tehnološko rješenje kombinira fizičke i kemijske tretmane kako bi se dobio održivi proces valorizacije svinjskog gnoja. Cijeli proces ima za cilj zatvoriti ciklus ugljika, dušika i fosfora, kroz upotrebu gnoja kao sirovine za proizvodnju gnojiva i poboljšivača tla

### Sektor primjene

	svinjogoštvo
	uzgoj žitarica i kukuruza na otvorenom
	agro-energetski sustavi

## Tehnologija

Svinjski stajnjak se obrađuje anaerobnom digestijom te pritom nastaju digestat i bioplins.

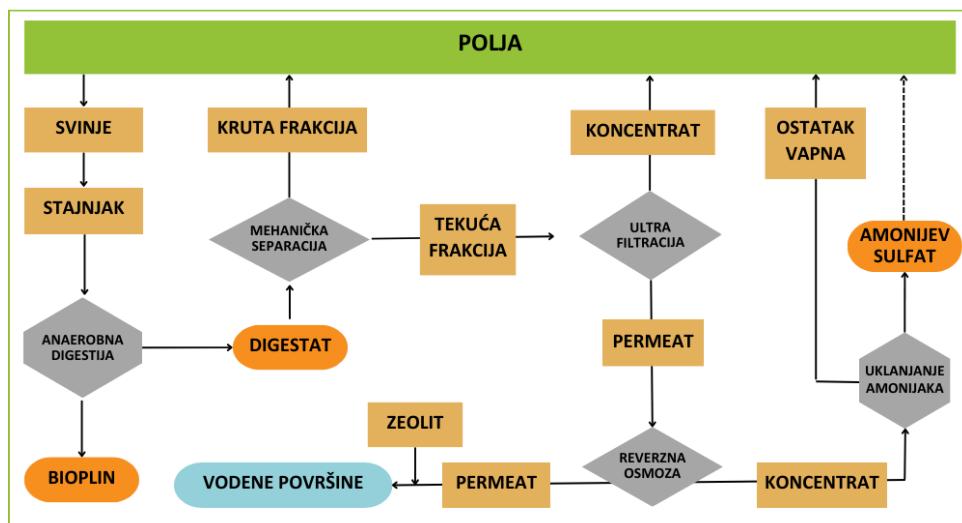
## Princip rada

Tehnološko rješenje kombinira fizičke i kemijske tretmane kako bi se dobio održivi proces valorizacije stajskog gnoja. Tehnologije koje se koriste uključuju vijčanu prešu, vibrirajuća sita i 3 stupnja filtracije (tehnologija reverzne osmoze), te se na taj način smanjuje volumen gnojnice, ali i smanjuje količina dušika iz gnojnice.

Bioplinsko postrojenje je locirano u sjevernoj Italiji u sklopu farme kapaciteta 10.000 svinja. Postrojenje godišnje može obraditi 37.800 t svinjskog gnoja što u konačnici rezultira s proizvodnjom 12.600 t tekuće frakcije digestata.

## Rezultati istraživanja

Rezultat tehnološke obrade svinjske gnojovke je smanjenje volumena gnojovke i koncentriranje hranjivih tvari u gnojivima. Nadalje, oko 60,00 % volumena ulazne sirovine je obnovljeno kao voda, te je pritom čak 74,00 % ulaznog dušika obnovljeno u koncentratu tekuće frakcije, dok je 15 % ulaznog volumena dušika obnovljeno kao čvrsta frakcija. S ekonomski strane, tehnologija omogućava proizvodnju gnojiva koje može zamijeniti 0,43 t/ha UREA-e te uštedu oko -900 kg CO<sub>2</sub>-eq/ha.



Slika 20 Shematski prikaz rafinerije svinjskog gnoja koja koristi tehnologiju odvajanja vijčanom prešom, vibrirajuća sita i 3 stupnja filtracije (reverzna osmoza)



### 6.7.5. Alge kao novi izvor proteina

Lokacija: Belgija

Cilj: Oporaba hranjivih tvari iz tekućih poljoprivrednih ostataka uzgojem algi bogatih proteinima

#### Sektor primjene

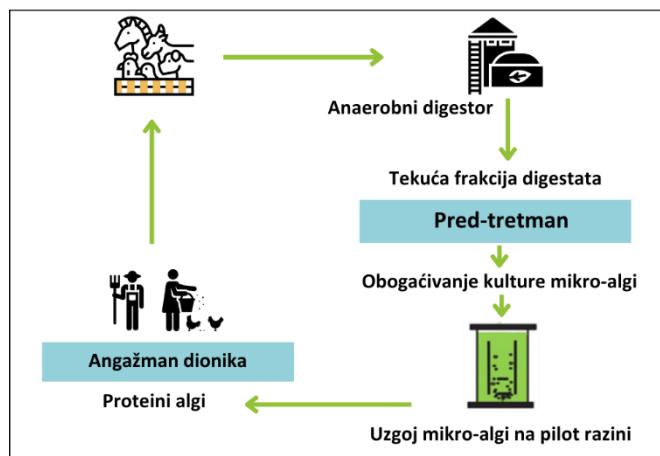
	svinjogoštvo
	govedarstvo
	prerada nusproizvoda životinjskog podrijetla

#### Tehnologija

Proizvodnja mikro-algi korištenjem digestata, tekućih poljoprivrednih ostataka te nusproizvoda anaerobne digestije.

#### Princip rada

Mikro-alge su fotosintetski mikroorganizmi koji se uzgajaju s ciljem proizvodnje biomase te koji mogu aktivno reciklirati hranjive tvari prisutne u digestatu bez potrebe za obradivim zemljištem. Pilot ispitivanja provedena u stakleniku površine  $50\text{ m}^2$  imala su različite uvjete opterećenja digestatom (2 % - 5 %) pokazala su produktivnost biomase od  $0,08\text{ mg/L/dan}$  (ekvivalentno biomasi osušenih algi od  $48\text{ kg/godišnje}$ ) s dnevnom stopom unosa dušika od  $3.600\text{ mg N/dan}$  i dnevnom stopom unosa fosfora od  $180\text{ mg}$ . Komercijalna primjena mikro-algi je ograničena zbog visokih kapitalnih (CAPEX) i operativnih (OPEX) troškova. Ipak, ukoliko imamo lako dostupnu i jeftinu sirovину i  $\text{CO}_2$  za rast mikro-algi, ova tehnologija bi mogla biti obećavajuća. Investicijski trošak iznosi  $80.000\text{ €}/50\text{ m}^2$  objekta, dok godišnji operativni troškovi iznose oko  $3.000\text{ €}$ .



Slika 21 Upotreba tekuće frakcije digestata za uzgoj mikro-algi za primjenu u stočnoj hrani



Slika 22 Unutarnje pilot postrojenje za proizvodnju mikro-algi

### Rezultati istraživanja

Korištenje prethodno obrađenog digestata u proizvodnji mikro-algi lokalno zatvara ciklus ugljika, dušika i fosfora i to bez potrebe za poljoprivrednim zemljištem. Ukoliko se alge stavlaju na tržiste, ekonomska korist iznosi 12.000 €/t algi.

#### 6.7.6. Primjena svinjskog gnoja u uzgoju krumpira



Lokacija: Belgija, Nizozemska

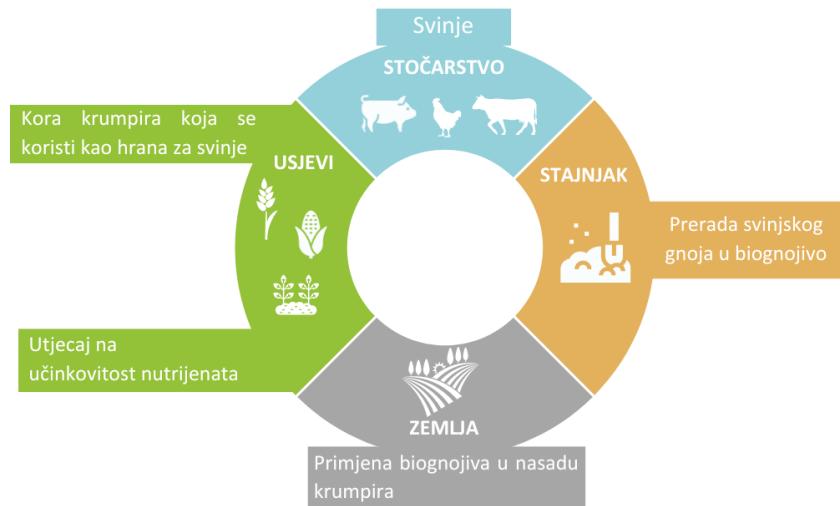
Cilj: Osiguravanje optimalne i održive uporabe hranjivih tvari i precizne gnojidbe preradom frakcija svinjskog gnoja

### Sektor primjene

	svinjogoštvo
	uzgoj povrća na otvorenom
	uzgoj žitarica i kukuruza na otvorenom
	agro-energetski sustavi
	prerada nusproizvoda životinjskog podrijetla

### Tehnologija

Prerada stajskog gnoja u tekuću i krutu frakciju digestata te amonijev sulfat.



*Slika 23 Shematski prikaz uzgoja krumpira pomoću precizne poljoprivrede s rafiniranom frakcijom svinjskog gnoja*

### Princip rada

Demo pokus je postavljen u suradnji uzgajivača svinja, tvrtke specijalizirane za preradu svinjskog gnoja, te uzgajivača krumpira. Pritom se svinjski gnoj prerađuje u tekuću i krutu frakciju digestata te amonijev sulfat. S druge strane, uzgajivač krumpira upotrebljava novonastala organska gnojiva kao zamjenu za mineralna gnojiva uz pomoću preciznih tehnika gnojidbe. Suradnjom između uzgajivača te primjenom gnojiva korištenjem precizne gnojidbe smanjit će se ispiranje dušika i fosfora u podzemne i površinske vode.

### Rezultati istraživanja

Rezultati istraživanja su pokazali da dodatni koraci za obradu svinjskog gnoja ne utječu značajno na prinos krumpira. Kada se govori o proizvodnji, 50.000 t digestata (6,23 €/t) rezultira proizvodnjom 35.000 t tekuće frakcije digestata (5,32 €/t) te 2.037 t amonijevog sulfata (7,36 €/t). Iako je krajnji proizvod skuplji u odnosu na gnojovku, prerađeni proizvodi su i dalje jeftiniji u usporedbi s mineralnim dušičnim gnojivom te mogu zamijeniti mineralna gnojiva.

## 7. Zaključak

Projekt Nutri-2-Cycle doprinosi kružnom gospodarstvu i to u segmentu zatvaranja ciklusa hranjivih tvari. Istraživanje postojećih tokova hranjivih tvari i njihovih razlika unutar EU pomaže smanjenju emisije stakleničkih plinova i degradacije tla te uvjetuje veću neovisnost EU u segmentu energije i hranjiva.

Unutar projekta Nutri-2-Cycle, IPS Konzalting je u suradnji s tvrtkom Vinka plus d.o.o. predložio tehnologiju primjene digestata u višegodišnjim nasadima. Cilj tehnologije bio je istražiti učinak digestata u nasadu malina. Temeljni princip rada odnosi se na primjenu digestata u početnoj fazi podizanja nasada.

Rezultati ukazuju da korištenje digestata doprinosi ciklusu ugljika i dušika u poljoprivredi. Nadalje, povećanje organske tvari u tlu povećava plodnost i stabilnost tla. Također je vidljiv doprinos povećanju bioraznolikosti tla, smanjenju erozije, ispiranju i onečišćenju vode. Primjenom digestata u višegodišnjem nasadu osigurana je ušteda energije, smanjena potrošnja fosilnih goriva, te su smanjeni troškovi zbog kupovine manje količine mineralnih gnojiva.

Neke od najvažnijih prednosti digestata uključuju prisutnost velike količine biljci lako pristupačnih hranjiva, uništavanje sjemena korova i biljnih patogena tijekom anaerobne digestije, poboljšanje fizičke strukture tla, smanjenje emisija amonijaka, stakleničkih plinova i pojave neugodnih mirisa te mogućnost ekonomске uštede u aplikaciji gnojiva.

Međutim, prema Zakonu o poljoprivrednom zemljištu, zabranjuje se primjena digestata na poljoprivrednom zemljištu, koje se dobiva u bioplinskom postrojenju, a u kojem se koristi otpad izuzev biootpada sukladno propisu o gnojidbenim proizvodima. Također, prema Pravilniku o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada, digestat se može primjenjivati na poljoprivrednoj površini koja se ne koristi za proizvodnju hrane i na način propisan posebnim propisom koji uređuje gnojivo ili poboljšivače tla, korištenje na šumskom odnosno parkovnom zemljištu, za potrebe uređenja ili rekultivacije zemljišta kao i za izradu završnoga rekultivacijskog sloja odlagališta.

S obzirom na prethodno navedeno, za zaključiti je kako korištenje digestata kao gnojiva predstavlja važnu strategiju u poljoprivrednoj praksi, ne samo zbog prisutnosti hranjivih tvari koji pospješuju plodnost, već i zbog mogućnosti zatvaranja ciklusa ugljika i hranjivih tvari te je stoga potrebna i njegova primjerena valorizacija.







## Popis slika

Slika 1. Shematski prikaz kružnog gospodarstva (link) .....	3
Slika 2. Bioplinsko postrojenje Agroproteinka Energija d.o.o.(link).....	7
Slika 3. Bioplinska elektrana Orehovec d.o.o. (link).....	8
Slika 4. Bioplinsko postrojenje Cerna 1MW (link).....	8
Slika 5. Bioplinsko postrojenje Vinka (link) .....	9
Slika 6. Bioplinsko postrojenje Osatina grupe - Ivankovo (link).....	9
Slika 7. Pojednostavljeni shematski prikaz procesa anaerobne digestije (link).....	10
Slika 8. Kruta i tekuća frakcija digestata (link, link).....	12
Slika 9. Kategorije funkcija proizvoda gnojidbenih proizvoda (PFC) .....	15
Slika 10. Kategorije sastavnih materijala (CMC) .....	16
Slika 11. Intenzivna proizvodnja voća (link) .....	21
Slika 12. Strojni linijski sustav u kombinaciji s injektorom (link).....	27
Slika 13. Raspršivanje gnojiva po površini (link) .....	27
Slika 14. Podizanje nasada malina .....	29
Slika 15 Amonijev nitrat dobiven iz tekuće frakcije digestata .....	31
Slika 16 Shematski prikaz poljskog pokusa, uključujući tragove prskalice (plavo označeno) i parcele isključene nakon preliminarnog pregleda (crveno označeno).....	32
Slika 17 Prikaz bioplinskog postrojenja.....	34
Slika 18 Spremnik za anaerobnu digestiju .....	35
Slika 19 Shematski prikaz valorizacije organskog otpada i korištenja nusproizvoda.....	36
Slika 20 Shematski prikaz rafinerije svinjskog gnoja koja koristi tehnologiju odvajanja vijčanom prešom, vibrirajuća sita i 3 stupnja filtracije (reverzna osmoza) .....	37
Slika 21 Upotreba tekuće frakcije digestata za uzgoj mikro-algi za primjenu u stočnoj hrani .....	38
Slika 22 Unutarnje pilot postrojenje za proizvodnju mikro-algi .....	39
Slika 23 Shematski prikaz uzgoja krumpira pomoću precizne poljoprivrede s rafiniranom frakcijom svinjskog gnoja .....	40

## Popis tablica

Tablica 1. Konsolidirani Popis bioplinskih postrojenja.....	5
Tablica 2. Pregled karakteristika sirovina za proizvodnju bioplina .....	11
Tablica 3. Sadržaj suhe tvari i hranjiva u digestatu i tekućem stajskom gnoju (link) .....	12
Tablica 4. Popis zakona vezan uz gnojidbene proizvode .....	15
Tablica 5. Maksimalno dopuštene količine teških metala i potencijalno onečišćujućih elemenata ....	17
Tablica 6. Sadržaj N, P i K u stajskim gnojivima i najveća dozvoljena količina u primjeni gnojiva .....	20
Tablica 7. 10 najvećih proizvođača malina u Hrvatskoj u 2020. godini .....	21
Tablica 8. Mineralna gnojiva za bobičasto voće (link) .....	24
Tablica 9. Prednosti i nedostaci mineralnih gnojiva .....	25
Tablica 10. Popis organskih gnojiva za uzgoj bobičastog voća .....	26
Tablica 11. Prednosti i nedostaci organskih gnojiva .....	26
Tablica 12. Prednosti i nedostaci digestata .....	28
Tablica 13. Dozvoljene količine stajskog gnoja .....	28
Tablica 14. Laboratorijska analiza digestata .....	30





Ovaj je projekt financiran iz programa Europske unije za istraživanje i inovacije Horizon 2020 u okviru ugovora br. 773682.



ISBN: 978-953-50391-1-2