

Utvrđivanje bioplinskog potencijala koprive (*Urtica dioica* L.)

Čepo, Josip

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:141752>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Josip Čepo

Diplomski sveučilišni studij Zootehnika

Smjer Hranidba domaćih životinja

UTVRĐIVANJE BIOPLINSKOG POTENCIJALA KOPRIVE (*Urtica dioica* L.)

Diplomski rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Josip Čepo

Diplomski sveučilišni studij Zootehnika

Smjer Hranidba domaćih životinja

UTVRĐIVANJE BIOPLINSKOG POTENCIJALA KOPRIVE (*Urtica dioica* L.)

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Bojan Stipešević, predsjednik
2. prof. dr. sc. Davor Kralik, mentor
3. doc. dr. sc. Ranko Gantner, član

Osijek, 2021.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE.....	2
2.1. Obnovljivi izvori energije.....	2
2.1.1. Energija biomase.....	2
2.2. Biogoriva.....	4
2.3. Bioplin.....	6
2.3.1. Sastav bioplina.....	8
2.3.2. Proces proizvodnje bioplina anaerobnom digestijom.....	9
2.3.2.1. Hidroliza.....	10
2.3.2.2. Acidogeneza.....	10
2.3.2.3. Acetogeneza.....	10
2.3.2.4. Metanogeneza.....	10
2.3.3. Parametri anaerobne digestije.....	11
2.3.3.1. Temperatura.....	11
2.3.3.2. pH vrijednost.....	13
2.3.3.3. Hlapljive masne kiseline.....	14
2.3.3.4. Amonijak.....	14
2.3.3.5. Opskrbljenost hranjivima.....	14
2.3.3.6. Odnos vode i organske suhe tvari.....	14
2.4. Proizvodnja bioplina u Hrvatskoj.....	15
2.5. Kopriva (<i>Urtica dioica</i> L.).....	17
2.6. Botanička pripadnost i sistematika koprive (<i>Urtica dioica</i> L.).....	18
2.7. Morfološka obilježja koprive (<i>Urtica dioica</i> L.).....	19
2.7.1. Korijen.....	19
2.7.2. Stabljika.....	20
2.7.3. List.....	21
2.7.4. Cvijet.....	23
2.7.5. Plod.....	24
2.8. Kemijski sastav koprive (<i>Urtica dioica</i> L.).....	25
2.9. Agrotehnika i ekološki zahtjevi koprive (<i>Urtica dioica</i> L.).....	26
2.9.1. Utjecaj gnojidbe na koprivu (<i>Urtica dioica</i> L.).....	28
2.10. Upotreba koprive (<i>Urtica dioica</i> L.).....	30
2.10.1. Kopriva (<i>Urtica dioica</i> L.) u hranidba domaćih životinja.....	30
2.10.2. Kopriva (<i>Urtica dioica</i> L.) kao insekticid i gnojivo.....	31

2.10.3. Kopriva (<i>Urtica dioica</i> L.) u medicini.....	31
2.10.4. Kopriva (<i>Urtica dioica</i> L.) u prehrani ljudi	31
2.10.5. Kopriva (<i>Urtica dioica</i> L.) u kozmetici	33
3. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA	34
3.1. Određivanje suhe tvari.....	35
3.2. Određivanje sadržaja pepela i organske tvari	35
3.3. Određivanje pH vrijednosti.....	36
3.4. Određivanje količine i sastava bioplina.....	37
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	38
4.1. Udio suhe tvari u supstratima	38
4.2. Udio organske tvari u supstratima	39
4.3. pH vrijednost u supstratima	40
4.4. Količina proizvedenog plina.....	42
4.5. Dinamika proizvodnje plina	45
4.6. Sastav bioplina	47
5. RASPRAVA	50
6. ZAKLJUČAK	52
7. POPIS LITERATURE.....	53
8. SAŽETAK	60
9. SUMMARY	61
10. POPIS TABLICA.....	62
11. POPIS SLIKA	63
12. POPIS GRAFIKONA.....	64

Temeljna dokumentacijska kartica

Basic Documentation card

1. UVOD

„Neodrživi izvori, pretežno nafte i plina, još uvijek prevladavaju u proizvodnji energije. Njihove zalihe su u ograničenim količinama, sve skuplji su i sve više dolazi do izražaja njihov štetan utjecaj na okoliš.“ (Tomić i sur., 2008.).

Anaerobna probava poljoprivrednih ostataka, energetskih usjeva i biorazgradivih industrijskih nusproizvoda spominje se kao tehnologija sve većeg interesa, sposobna smanjiti emisiju stakleničkih plinova (GHG) i olakšati održivi razvoj opskrbe energijom (Kusch S i Morar M., 2009.).

Kako se od bioenergije u skoroj budućnosti očekuje sve veća korist, uporaba biogoriva i unapređivanje proizvodnje ima sve veći značaj. Međutim, zbog ograničenih postojećih površina za proizvodnju biomase, EU planira u prometu, tijekom sljedećih 30 godina, zamijeniti naftu biogorivima do 25 % njezine potrošnje (Tomić i Krička., 2007.).

U cilju veće zastupljenosti obnovljivih izvora energije Europski parlament 2009. godine donosi direktivu o njihovom uvođenju kao zamjeni za fosilna goriva. S tim događajem je započela „Energetska revolucija“ 21. stoljeća. Prema toj direktivi 20 % potrošene energije u Europskoj uniji moralo je biti dobiveno iz obnovljivih izvora energije, od čega 10 % treba činiti vlastito proizvedeno gorivo.

Hrvatska sadrži veliki potencijal za proizvodnju bioplina pomoću biomase, koji se temelji na poljoprivrednoj proizvodnji kao i na energiji dobivenoj od sunca, vjetra, vode i ostalih obnovljivih izvora energije. Kako je za proizvodnju bioplina pogodan svaki biorazgradivi materijal, biomasa se svrstava u sirovine od velikog potencijala u proizvodnji obnovljive energije. Iako se u proizvodnji bioplina kao najčešće upotrebljava kukuruzna silaža u kombinaciji sa komponentama poput stajnjaka, gnojovke, te nusproizvoda životinjskog porijekla, kao izvor biomase za proizvodnju metana razmatraju se i druge biljne vrste. S toga, cilj ovoga rada biti će utvrditi bioplinski potencijal koprive (*Urtica dioica* L.).

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Obnovljivi izvori energije

Postoje različiti izvori energije a podijelili smo ih na obnovljive i neobnovljive izvori energije. Kada se kaže neobnovljivi izvori energije tada se misli na: fosilna goriva (ugljen, nafta i prirodni plin) i na nuklearna goriva (uran, plutonij). S obzirom da je neobnovljivih izvora energije svakim danom sve manje, u današnje vrijeme nastoje se pronaći nova goriva za njihovu zamjenu. Za razliku od njih, obnovljivi izvori energije predstavljaju neiscrpan izvor, odnosno u prirodi se neprestano obnavljaju. U obnovljive izvori energije ubrajaju se: sunčeva energija, energija vjetrova, energija vode, geotermalna energija i energija biomase.

2.1.1. Energija biomase

Gorivo od biomase je gorivo u cijelosti ili djelomice biljnog porijekla iz poljoprivrede ili šumarstva, koji se koristi kao energetska obnovljiva vrsta goriva (članak 4. Uredbe o граниčnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora., NN 21/2007.).

Prema članku 3. Zakona o energiji (NN 68/2001.), biomasa se definira kao biorazgradivi dio proizvoda, odnosno ono što se može ponovno preraditi na način da nije suviše štetno za prirodu i okoliš.

U biomasu ubrajamo: materijale proizašle od živih organizama, ostatke i poljoprivredne otpadaka šumarstva i drvne industrije kao i određene dijelove komunalnog i industrijskog otpada upotrebljavanog u svrhu proizvodnje energije.

Biomasa je dostupna u nekoliko oblika kao što su: šumski ostaci (drvena kora, grane, grančice, lišće i šume), poljoprivredni ostaci (ljuske zrna riže, slama, slamke žitarica), ostaci od sadnje (kokosov orah, kava i čaj), životinjski otpad (govedi i kokošji izmet), industrijski otpad (strugotine drveta, piljevina, otpaci nastali u preradi šećerne trske) i kruti komunalni otpad (Basu P., 2013.).

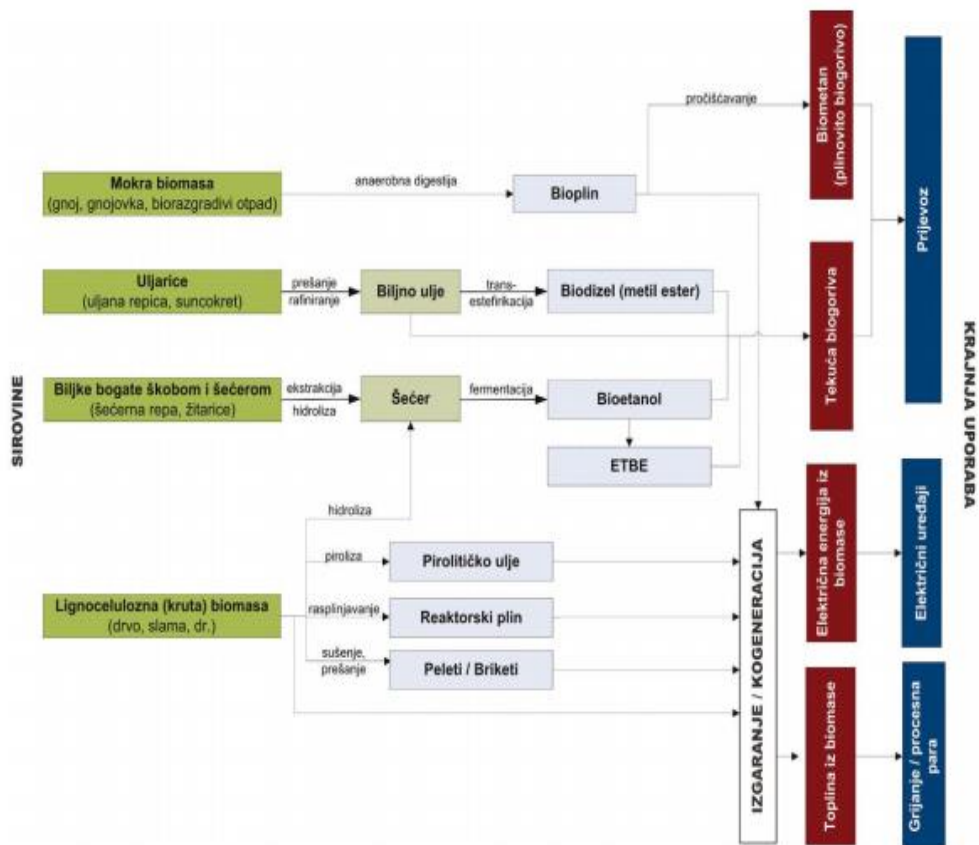
Materijali iz biomase imaju svojstva koja se razlikuju od svojstava konvencionalnih krutih goriva, poput ugljena. Glavna razlika je visok sadržaj hlapljivih tvari u materijalima iz biomase, dok ugljen ima manje od 20 % (Quaak P i sur., 1999.).

Biomasa se može pretvarati u energiju izgaranjem čime se proizvodi vodena para koja se koristi u industriji i domovima za grijanje a može se dobivati i električna energija u malim elektranama (Dunović M., 2011.).

„Biomasa se može podijeliti na životinjski, drvni i ne drvni otpad, te tu razlikujemo:

- drvna biomasa (ostaci iz šumarstva, otpadno drvo)
- drvna uzgojena biomasa (brzorastuće drveće)
- ne drvna uzgojena biomasa (brzorastuće alge i trave)
- Ostatci i otpadci iz poljoprivrede
- životinjski otpad i ostatci“ (Labudović J., 2002.).

Prerodom biomase proizvode se obnovljivi izvori energije u obliku biogoriva, a jedna od najpoznatijih su: bioplina, bioetanol i biodizel. Osim navedenog od biomase mogu se proizvesti sitni komadići pelete, koji se uz pomoć automatiziranih peći koriste u proizvodnji toplinske i električne energije. Slika 1. prikazuje korake pretvorbe biomase u energiju.



Slika 1. Koraci pretvorbe biomase u energiju

Izvor: Priručnik za javno zagovaranje obnovljivih izvora energije, Za obnovljive izvore energije, [online]. Dostupno na: <http://www.door.hr/wp-content/uploads/2016/06/OIE-priru%C4%8Dnik.pdf>

2.2. Biogoriva

Sam pojam biogoriva odnosi se na sva kapljiva ili plinovita goriva koja se proizvode od biljaka i njihovih nusproizvoda, a danas se smatraju važnim sredstvom smanjenja štetnih plinova koji se ispuštaju u atmosferu te alternativom neobnovljivim fosilnim gorivima (Rujnić-Sokele., 2011.).

Dvije su osnovne prednosti biogoriva pred fosilnim gorivima: količina biogoriva koja se može proizvesti nije ograničena, za razliku od fosilnih goriva koja će se prije ili poslije iscrpiti, te činjenica da je ukupni ugljikov trag biogoriva gotovo jednak nuli zbog zatvorenog ugljikova kruga. (Rujnić-Sokele., 2011.). Kada kažemo zatvoren ugljikov krug tada mislimo na to da biljke koje se upotrebljavaju u proizvodnji biogoriva pomoću procesa fotosinteze iz atmosfere uzimaju ugljikov dioksid i vraćaju kisik, pri čemu naknadnim izgaranjem biogoriva dolazi da uzimanja kisika iz atmosfere, a ujedno dolazi i do ispuštanja ugljikovog dioksida, što kod fosilnih goriva nije slučaj. Kod otvorenog ugljikovog ciklusa dolazi samo do ispuštanja ugljikovog dioksida u atmosferu, ali se on nikad ne uzima iz nje što uzrokuje povećanje ugljikovog dioksida u atmosferi. Za razliku od fosilnih goriva, sagorijevanjem biogoriva u atmosferu se vraća onaj ugljikov dioksid kojeg je u procesu fotosinteze biljka iz atmosfere uzela pa nema stvaranja novog CO₂. Drugim riječima, uporaba biogoriva ne uzrokuje povećanje udjela CO₂ u atmosferi (Sinčić D., 2014.).

Kako bi smo iz biomase dobili gorivo prvenstveno je potrebno izvor (uljana repica, kukuruz, suncokret, ječam...) pretvoriti u tekući oblik poput metanola i etanola. Biogoriva smo podijelili na prvu, drugu, treću, pa i četvrtu generaciju a u koju od generacija spadaju ovisi o izvoru materijala za proizvodnju, cijeni, emisiji CO₂, kao i o samoj tehnologiji proizvodnje. Prva se generacija biogoriva dobiva postupcima zrelih tehnologija, pa se nazivaju i konvencionalna biogoriva (Bacovsky i sur., 2013.).

Kada govorimo o prvoj generaciji biogoriva tada mislimo na biogoriva poput biodizela, bioetanola i bioplina čija se proizvodnja zasniva na konvencionalnim tehnologijama iz uljane repice, životinjskih masti, šećerne trske i ulja biljnog podrijetla. Kako prva generacija biogoriva ne može zadovoljiti svjetske potrebe za gorivom, te se uglavnom dobiva iz usjeva, razvija se druga generacija biogoriva dobivena preradom poljoprivrednog i šumskog otpada. Za razliku od prve, druga generacija se ne temelji na izvorima hrane, a i sa ekološkog aspekta je prihvatljivija jer utječe na manju emisiju CO₂.

Kao najzastupljenija goriva druge generacije navode se: biometanol, bioetanol iz lignocelulozne mase, biodimetileter, dimetilformamid, mješavina alkohola. U treću generaciju biogoriva spadaju biogoriva koja se dobivaju iz jednostavnih ili primitivnih algi (mikro-algi). U mikro-alge spadaju skupine nižih biljaka koje u svom tijelu sadrže klorofil. Za razliku od prve dvije generacije imaju najnižu emisiju CO₂, a iz njih se uz pomoć kemijske obrade mogu proizvesti različita biogoriva. Zbog svoje visoke cijene proizvodnje još su uvijek ekonomski neprihvatljiva. Neki od predstavnika koji se koriste u proizvodnji biogoriva su dijatomeje (Bacillariophyceae), crvene alge (Rhodophyta), cijanobakterije ili modrozeleno alge (Cyanobacteria), zelene alge (Chlorophyta), zeleni bičaši (Euglenophyta), smeđe alge (Phaeophyceae) i alge skupine Haptophyta.

Alge se nazivaju trećom generacijom biomase zbog svoje brojnosti, odsustva lignina, visoke stope fotosintetske aktivnosti i važne uloge u redukciji stakleničkih plinova (Chaudhary i sur., 2014.).

Ovi prokariotski fotosintetski organizmi se već godinama uzgajaju kao sirovina za proizvodnju biogoriva, a najčešće se u tu svrhu koriste upravo vrste roda *Synechocystis* (Nozzi i sur., 2013.). Neki od predstavnika biogoriva koja se mogu proizvesti iz algi su: bioplin, biodizel, bioetanol.

Četvrta je generacija biogoriva temeljena na genetički modificiranim algama ili mikroorganizmima (Reppas i sur., 2012.). Četvrtom generacijom dolazi do neposredne proizvodnje biogoriva poput etanola ili smjese ugljikovodika, te se oni mogu izdvojiti jednostavnim postupcima bez destrukcije biomase.

2.3. Bioplin

Bioplin je krajnji produkt biološki posredovanog procesa, takozvane anaerobne probave, u kojoj različiti mikroorganizmi slijede različite metaboličke putove kako bi razgradili organsku tvar (Kougias i Angelidaki., 2018.).

Bioplin je obnovljivi izvor energije koji nastaje mikrobiološkim procesom na način da se organski materijal uz prisutnost odgovarajućih mikroorganizama u vlažnoj atmosferi raspada zbog nedostatka zraka. Za njegovu proizvodnju upotrebljava se gnoj ili gnojevka koji se kombiniraju sa sirovinama biljnog ili životinjskog porijekla.

Proizvodnjom bioplina iz goveđeg gnoja, govedarske farme mogu postati značajni proizvođači energije i smanjiti emisiju stakleničkih plinova sprječavajući odlazak metana u atmosferu (Uranjek, 2007.).

Pod sirovine biljnog porijekla koje se upotrebljavaju u proizvodnji bioplina ubrajaju se energetske usjevi u vidu jednogodišnjih ili višegodišnjih nasada. Također, u njegovoj proizvodnji koriste se komunalne i industrijske otpadne vode, ljudski i životinjski i biljni otpad, a njihovi produkti razgradnje su različiti. Prirodna razgradnja organskog materijala rezultira proizvodnjom bioplina od strane mikroorganizama u anaerobnim uvjetima.

Anaerobna probava pretvara organski materijal u bioplin, obnovljivo gorivo koje se može koristiti za proizvodnju električne energije, topline ili kao gorivo za vozila (Scarlat i sur., 2018.).

Ako se bioplin komprimira, tada može zamijeniti funkciju prirodnog plina kao goriva kod motora sa unutarnjim izgaranjem. Podrijetlo bioplina uvelike utječe na njegova svojstva kao što su njegov sastav, sadržaj energije ili ekvivalent goriva. Anaerobna razgradnja odvija se u posebnim uvjetima koji se odnose na odgovarajuću kiselost (pH), ulazne mješavine i temperature u spremniku za anaerobnu razgradnju. Osim vremena koje je potrebno da se mješavina prevede u digestoru, različiti supstrati traže i različite uvjete kako bi mogli u potpunosti sazrijeti. Digestorima se nazivaju brtvljeni, nepropusni spremnici koji osiguravaju odgovarajuće uvjete za anaerobnu razgradnju organskog otapala. Oni mogu biti različitih dimenzija i oblika a materijali koji se najčešće koriste za njihovu izgradnju su čelik, cigla, polimer i sl. (slika 2).



Slika 2. Izrada anaerobnih digestora od nehrđajućeg čelika

Izvor: <https://www.carpenteriacm.it/portfolio/costruzione-digestori-per-un-azienda-di-piacenza/>

2.3.1. Sastav bioplina

Bioplin sadrži 55-80 % metana (CH_4), 20- 40 % ugljikovog dioksida (CO_2), u tragovima sumporovodik (H_2S) i ostale primjese (Truong, 2005.). Bioplin se uglavnom sastoji od metana (obično 55–70 vol. %) i ugljičnog dioksida (30–45 vol. %), Ali sadrži i nekoliko nečistoća koje su obično vodikov sulfid (obično 50–2000 mg/L), vodene pare (zasićeni), kisik (ispod 1 vol. %), dušik (ispod 2 vol. %) i razni ugljikovodici u tragovima (npr. benzen do 2,5 mg/m³ ili toluen do 11,8 mg/m³) (Chattopadhyay i sur., 2009.). Sastav plina najčešće je određen sastavom supstrata, tijekom fermentacijske reakcije, operativnim parametrima i različitim tehničkim preduvjetima toplinskog postrojenja (Špicnagel, 2014.).

Tablica 1. Kemijski sastav bioplina

Kemijski spoj	Kemijska formula	Udio	Vol %
Metan	CH_4	50-75	%
Ugljikov dioksid	CO_2	25-45	%
sumporovodik	H_2S	< 1	%
Amonijak	NH_3	< 1	%
Vodena para	H_2O (g)	2-7	%
Kisik	O_2	< 2	%
Dušik	N_2	< 2	%
Vodik	H_2	< 1	%

Izvor: Špicnagel (2014.): Potencijal bioplinskih postrojenja u hrvatskom poljoprivrednom sektoru

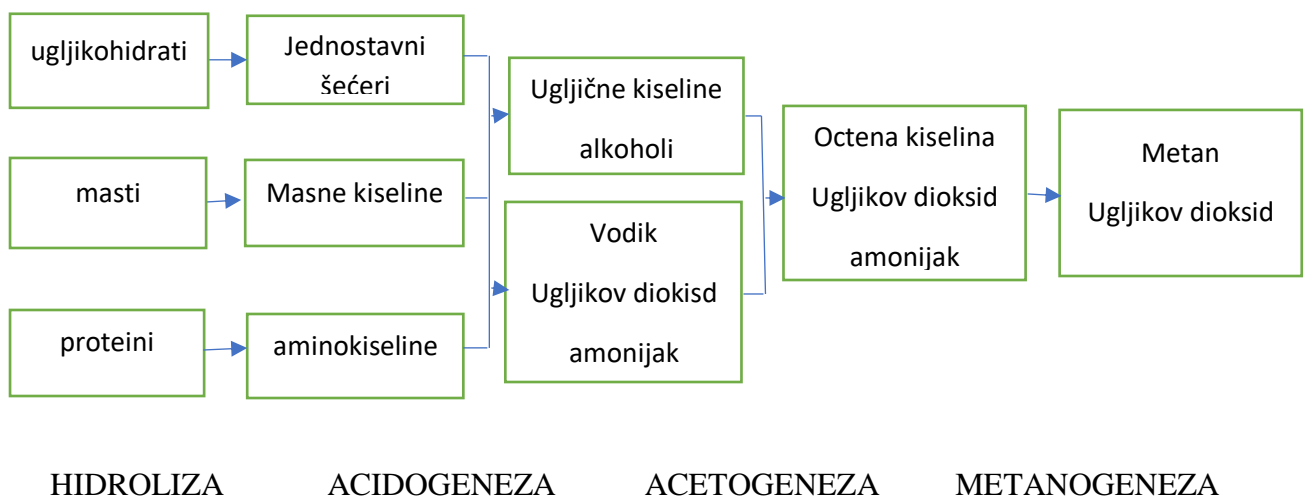
Tablica 1. prikazuje kemijski sastav bioplina iz koje se jasno vidi kako metan zauzima najveći udio od 50-75 %. Odmah iza njega slijedi ugljikov dioksid sa udjelom od 25-45 %, dok su ostali kemijski spojevi zastupljeni u manjim udjelima od 2 % izuzevši vodenu paru sa udjelom od 2-7 %.

Kako je energetska vrijednost biopline uvelike ovisna o sadržaju metana kao najzastupljenijeg plina u smjesi, anaerobnom digestijom potrebno je postići što veći udio metan u bioplinu. Kao bitan faktor koji utječe na udio metan u bioplinu, pa tako i na svojstva bioplina navodi se kemijski sastav supstrata koji se koristi, vrsta bioreaktora i uvjeti u kojima se izvodi proces anaerobne digestije.

2.3.2. Proces proizvodnje bioplina anaerobnom digestijom

Anaerobna digestija je biokemijski proces u kojem se složena organska tvar razlaže do jednostavnijih spojeva, odnosno metana i ugljikovog dioksida (Špicnagel, 2014.). Anaerobnu probavu provodi složeni konzorcij mikroorganizama, a bioproces se sastoji od četiri faze: hidroliza, acidogeneza, acetogeneza i metanogeneza (Zheng i sur., 2014.). U tom procesu dolazi do razgradnje organske tvari u odsutnosti kisika prilikom čega nastaje bioplin, dok kao nusproizvod nastaje digestat (ostatak supstrata nakon fermentacije). Proces anaerobne digestije i prirodni se odvija na morskom sedimentu, želucima preživača ili prilikom nastanka treseta. Navedene četiri faze odvijaju se istovremeno, a anaerobni lanac supstrata nastaje suradnjom različitih skupina bakterija, gdje proizvod jedne skupine predstavlja supstrat druge skupine. Glavne sirovine koje se koriste u svjetskoj proizvodnji bioplina anaerobnom digestijom su životinjski gnoj (36 %), poljoprivredni otpad (30 %) i kruti komunalni otpad (34 %) (Valijanian i sur., 2018.).

Slika 3 prikazuje shematski prikaz četiri glavne faze anaerobne digestije, odnosno proces nastajanja bioplina koji proizlazi kao niz povezanih koraka u procesu prilikom čega dolazi do razlaganja sirovina na jednostavnije spojeve, što u konačnici rezultira nastajanjem bioplina.



Slika 3. Shematski prikaz četiri faze anaerobne digestije

Izvor: Al Seadi i sur., (2008.): Biogas handbook

2.3.2.1. Hidroliza

Hidroliza je teoretski prva faza anaerobne digestije tijekom koje se organska tvar (polimeri) razlaže na manje jedinice zvane monomeri i oligomeri. (Al Seadi i sur., 2008.). Tijekom hidrolize, izvan stanični enzimi hidrolitičkih mikroorganizama razlažu složenu organsku tvar na jednostavne topive molekule, tj. Složeni ugljikohidrati, masti i proteini hidroliziraju se u šećere, masne kiseline i aminokiseline (Petraović-Tominac i sur., 2020.). Do transformiranja biopolimera i jednostavnije (topljive) spojeve dolazi uz pomoć hidrolitičkih enzima koje izlučuju istoimene bakterije. Onom brzinom kojom se odvije najsporija reakcija u lancu ujedno smatramo i brzinom koja je potrebna za cjelokupni proces digestije.

2.3.2.2. Acidogeneza

Acidogeneza predstavlja drugu fazu bioprocesa u kojoj se pomoću acidogenih bakterija koje nisu bezuvjetno anaerobne proizvodi dobiveni hidrolizom transformiraju u metanogene spojeve. Jednostavni šećeri, aminokiseline i masne kiseline razgrađuju se na acetat, ugljikov dioksid i vodik (70 %) te na hlapljive masne kiseline i alkohole (30 %) (Omeradić., 2020.).

Neke od bakterija su *Lactobacillus*, *Clostridium*, *Streptococcus* i dr. Jednostavni šećeri, aminokiseline i masne kiseline se razlažu u acetate, ugljikov dioksid i vodik (70 %), kao i u hlapljive masne kiseline i alkohole (30 %) (Al Seadi i sur., 2008.).

2.3.2.3. Acetogeneza

Acetogeneza predstavlja bioproces kojeg provode isključivo anaerobne bakterije. Uz pomoć acetogenih bakterija dolazi do oksidacije alkohola kao i hlapljivih masnih kiselina u acetat vodik i ugljikov dioksid.

Bakterije koje sudjeluju u procesu acetogeneze su *Acetobacterium*, *Pelobacter* i dr. Acetogeneza i metanogeneza se odvijaju usporedno, a nastali vodik u ovoj fazi se tijekom metanogeneze transformira u metan (Špicnagel, 2014.). Nastanak vodika povećava parcijalni tlak vodika u digestoru, što se može smatrati otpadnim proizvodom acetogeneze, jer inhibira metabolizam acetogenih bakterija (Nihada Omeradić., 2020.).

2.3.2.4. Metanogeneza

Metanogeneza je najsporija faza anaerobne digestije koju vrše isključivo anaerobne metanogene bakterije na način da iz supstrata dobivenih acetogenezom proizvode bioplin. Sve metanogene bakterije imaju mogućnost pretvorbe ugljikovog dioksida i vodika u metan, no isključivo nekoliko vrsta kao što su *Metanosarcina barkeri* i *Methanococcus mazei* imaju sposobnost transformiranja acetata u ugljikov (IV) oksid i ugljikov dioksid.

2.3.3. Parametri anaerobne digestije

Na učinkovitost anaerobne digestije vrlo bitnu ulogu ima stvaranje idealnih uvjeta i uspostavljanje stabilne sredine u digestoru. Pri tome se misli na praćenje biokemijskih reakcija, analiziranje supstrata, kao i određivanje bitnih parametara.

Kako bi se postigla što veća proizvodnja i kvaliteta bioplina potrebno je znati na koji način vanjski i tehnološki čimbenici utječu na sam proces (Brdarić i sur., 2009.).

Čimbenici su podijeljeni u tri grupe (Đulabić, 1986.):

- fizikalni tehnološki čimbenici: temperatura, tlak, usitnjenost i vrsta supstrata, vrijeme zadržavanja u fermentatoru, miješanje, otklanjanje kore sa površine supstrata;
- kemijski tehnološki čimbenici: pH, inhibitori, anaerobnost, odnos C:N, odnos suhe tvari i vode;
- biološki tehnološki čimbenici: hranjive tvari, kvaliteta metanskih bakterija.

Na rast i aktivnost anaerobnih mikroorganizama značajan utjecaj imaju uvjeti kao što su izostanak kisika, stalna temperatura, pH vrijednost, opskrbljenost hranjivima, hlapljive masne kiseline, kao i prisutnost i količina inhibitora (Al Seadi i sur., 2008.).

2.3.3.1. Temperatura

Temperatura, odnosno njezin raspon pri kojemu se može odvijati biokemijska reakcija anaerobne razgradnje iznosi od 25 do 70 °C. Također, povećanjem temperature dolazi do povećanja mikrobiološke aktivnosti.

Izbor vrste supstrata određuje radnu temperaturu, a za održavanje neophodne temperature u digestoru upotrebljava se podni ili zidni sustav za grijanje. Temperatura anaerobne digestije također ima utjecaj na toksičnost amonijaka, odnosno što je temperatura veća raste toksičnost amonijaka i obrnuto. No, prema (Angelidaki, 2004.), smanjenje temperature procesa na 50 °C ili niže uzrokuje drastičan pad rasta termofilnih mikroorganizama i predstavlja rizik potpunog nestanka mikroorganizama radi smanjenja stope rasta na razine niže od vremena hidraulične retencije (prosječni vremenski interval zadržavanja supstrata u digestoru).

Ovisno o navedenom rasponu temperature mikroorganizmi su podijeljeni u tri temperaturne zone koje ujedno određuju i minimalan broj dana potrebnih za odvijanje kemijske reakcije što je prikazano u tablici 2.

Tablica 2. Termalna faza i uobičajeno trajanje procesa

Vrsta temperaturne reakcije	Temperatura (°C)	Trajanje procesa (dan)
Psihrofilna	< 25 °C	70-80
Mezofilna	25 do 45 °C	30-40
Termofilna	45 do 75 °C	15-20

Izvor: Špicnagel (2014.): Potencijal bioplinskih postrojenja u hrvatskom poljoprivrednom sektoru aerobnog procesa i smanjene kompleksnosti praćenja rada postrojenja

Pri izgradnji bioplinskih postrojenja, najčešće korišteni pristup je mezofilna reakcija jer uspješno balansira između količine proizvedenog bioplina, stabilnosti anaerobnog procesa i smanjene kompleksnosti praćenja rada postrojenja (Špicnagel, 2014.).

Većina suvremenih postrojenja za proizvodnju bioplina rade na termofilnim temperaturama jer to ima brojne prednosti u odnosu na procese koji se odvijaju na mezofilnim i psihrofilnim temperaturama: (Al Seadi i sur., 2008.).

- učinkovito uništenje patogena
- viša stopa rasta metanogenih bakterija na višim temperaturama
- kraće vrijeme digestije, što proces čini bržim i učinkovitijim
- poboljšana razgradnja i iskoristivost hranjivih tvari iz supstrata
- bolja razgradnja krutih tvari i iskoristivost supstrata
- bolja mogućnost razdvajanja tekuće i krute frakcije supstrata

Nedostaci procesa proizvodnje pri termofilnim temperaturama očituju se u:

- većem stupnju neravnoteže
- većoj potrošnji energije radi postizanja većih temperatura zagrijavanjem
- većem riziku od inhibicije amonijakom (stvaranje amonijaka)

Temperatura također utječe i na razgradnju kemijskih tvari poput amonijaka, vodika, metana, sumporovodika, hlapljivih masnih kiselina i sl. Također, povećanje temperature utječe na smanjenje viskoziteta supstrata koji poprima tekući oblik, što pospješuje difuziju otopljenih tvari.

„Temperaturu procesa važno je održati konstantnom jer promjene ili variranja temperature negativno utječu na proizvodnju bioplina. Termofilne bakterije su osjetljive na variranja temperature od +/- 1°C, te im je potrebno duže vremena da se prilagode novonastalim uvjetima i dosegnu maksimalnu proizvodnju metana. Mezofilne bakterije manje su osjetljive i podnose fluktuacije temperature od +/- 3°C bez znatnih smetnji u proizvodnji bioplina“ (Al Seadi i sur., 2008.).

2.3.3.2. pH vrijednost

Uz temperaturu, kao drugi važan faktor u bioplinskoj proizvodnji navodi se pH vrijednost reakcije unutar digestora koja ima izravan utjecaj kako na razvoj mikroorganizama tako i na svojstvo topivosti određenih komponenti, te u konačnici proizvodnju metana. Nastanak metana odvija se u relativno uskom području pH vrijednosti, od otprilike pH 5,5 do 8,5 s optimumom između 7 i 8 za većinu metanogena, dok su za acidogene bakterije, u mnogim slučajevima, optimalne niže vrijednosti pH-a (Al Seadi i sur., 2008.). Prema Weilanduk, kako navodi Špicnagel (2014.), ovi podatci su nešto drugačiji, pH vrijednost kod prve dvije faze mezofilne digestije kreću se između 5,2 do 6,3, a nastanak metana događa se u rasponu vrijednosti između 6,5 do 8,5, što je vidljivo u tablici 3.

Tablica 3. Optimalna pH reakcije za odvijanje anaerobne digestije

HIDROLIZA	ACITOGENEZA	ACETOGENEZA	METANOGENEZA
5,2-6,3		6,5-8,0	

Izvor: Špicnagel (2014.): Potencijal bioplinskih postrojenja u hrvatskom poljoprivrednom sektoru

Amonijak koji nastaje razgradnjom proteina iz organskih tvari ili zbog sadržaja amonijaka unesenog supstratom može uzrokovati povećanje pH vrijednosti, dok akumuliranje HMK u supstratu snižava pH vrijednost (Al Seadi i sur., 2008.). Optimalne pH vrijednosti za mezofilnu digestiju su u rasponu od 6,5 do 8, a do inhibicije procesa dolazi ako pH vrijednost padne ispod 6 ili poraste iznad 8,3. Topivost ugljikovog dioksida u vodi opada s povećanjem temperature pa je pH vrijednost u termofilnim digestorima veća nego u mezofilnim digestorima, budući da otopljeni ugljikov dioksid u reakciji s vodom stvara ugljičnu kiselinu. (Al Seadi i sur., 2008.).

Za kontrolu pH vrijednosti u anaerobnim reaktorima zadužen je sustav bikarbonatnih pufera, što znači da na pH vrijednost unutar fermentatora utječe parcijalni tlak ugljikovog dioksida, kao i sadržaj bazičnih i kiselih spojeva supstrata.

2.3.3.3. Hlapljive masne kiseline

Hlapljive masne kiseline su spojevi koji sadrže šest ili manje atoma ugljika koji nastaju u procesu anaerobne digestije u fazi acitogeneze. Oni nastaju kao posljedica nestabilnosti procesa prilikom čega dolazi do sniženja pH vrijednosti u digestoru i zaustavljanja procesa. Sadržaj hlapljivih masnih kiselina je izravno povezan sa sastavom supstrata u digestoru (Špicnagel, 2014.). Kao i kod određivanja pH vrijednosti, koncentracija HMK ne može se preporučiti kao zaseban indikator procesa. (Al Seadi i sur., 2008.).

2.3.3.4. Amonijak

Amonijak ima važnu ulogu u procesu anaerobne razgradnje, a njegov glavni izvor u navedenom procesu predstavljaju bjelančevine. Amonijak u velikoj koncentraciji može prouzrokovati zaustavljanje procesa anaerobne razgradnje, pogotovo ako se radi o ne ioniziranom obliku, pa je tako mogućnost inhibicije amonijakom značajnija kod termofilnih procesa u odnosu na mezofilne. Zbog visoke koncentracije amonijaka u urinu, kod anaerobne digestije gnojnice dolazi do spomenute inhibicije procesa. Kako bi se spriječio inhibitorni učinak, koncentraciju amonijaka u smjesi supstrata treba održavati ispod 80 mg/l (Osman, 2015.).

2.3.3.5. Opskrbljenost hranjivima

Kao bitan uvjet anaerobne digestije navodi se opskrbljenost hranjivima i elementima u tragovima, pa tako nedovoljan sadržaj može također uzrokovati inhibiciju procesa ili njegovo narušavanje. Kao neki od elemenata važnih za rast i preživljavanje anaerobnih bakterija navode se željezo, selen, kobalt, volfram, nikal, molibden, te je njihova zastupljenost jednako važna kao i zastupljenost makronutrijenata. Optimalan odnos makronutrijenata ugljika, dušika, fosfora i sumpora (C : N : P : S) iznosi 600 : 15 : 5 : 1 (Al Seadi i sur., 2008.). Iako je teško odrediti granicu toksičnosti u supstratu zbog adaptacije anaerobnih mikroorganizama novonastalim uvjetima, toksične tvari također predstavljaju problem na način da utječu na životni ciklus bakterija. Toksične bakterije mogu nastati za vrijeme procesa anaerobne digestije ili u digestor dospjeti skupa sa supstratom.

2.3.3.6. Odnos vode i organske suhe tvari

Odnos vode i organske suhe tvari važan je u svim fazama anaerobne razgradnje. Količina vode posebice je važna u fazi hidrolize, jer je u nedostatku vode usporen rad bakterija (Brdarić i sur., 2009.). Ukoliko je vode previše, tada osim što je usporen rad bakterija razgradnja se ne može obaviti u predviđenom obimu pa supstrat izlazi iz fermentatora gotovo nerazgrađen (Kralik, 2006.).

2.4. Proizvodnja bioplina u Hrvatskoj

Zahvaljujući trenutnom porastu poljoprivrednih ulaganja u Hrvatskoj koji obećava, dolazi do znatnijeg povećanja svijesti o obnovljivim izvorima energije, pa tako bioplin radi svog potencijala postiže sve veći interes. Kao jedan od najvećih faktora koji utječu na korištenje bioplina nameće se relativno mala veličina farmi, koje kao takve nemaju ekonomsku opravdanost u njegovoj proizvodnji.

Prva bioplinska elektrana u Hrvatskoj sa radom je započela 2009. godine u poljoprivrednoj zadruzi Osatina neposredno uz njihovu farmu u Ivankovu s instaliranom snagom od 1 MW, te proizvedenu električnu energiju isporučuje u distribucijsku mrežu HEP ODS (slika 4). Samo pet godina od toga u Hrvatskoj je u rad pušteno još 10 bioplinskih elektrana. Između 2015.-2018., dolazi do najvećeg porasta broja bioplinskih elektrana kada se otvara novih 20 elektrana na bioplin. Shodno tome, u bliskoj budućnosti se očekuje sve veći broj novootvorenih bioplinskih postrojenja u Hrvatskoj. Najveća bioplinska elektrana u Hrvatskoj nalazi se u Zagrebu a njezina jačina iznosi 2,5 MW.



Slika 4. Bioplinska elektrana PZ Osatina u Ivankovu

Izvor: <https://www.osatina.hr/bioplin/>

U 2018. godini elektrane na bioplin proizvele su ukupno 316,5 GWh, što predstavlja 12. 75 % ukupne proizvodnje električne energije iz svih obnovljivih izvora (npr. Vjetra, sunca ili hidroenergije, biomase, geotermalne energije; ukupno 2482,5 GWh) (Petraović-Tominac, 2020.).

U projektiranju, izgradnji, puštanju u pogon ovih bioplinskih elektrana značajno je sudjelovanje slavonskih stručnjaka iz Belišća, Osijeka, Slatine, Slavonskog Broda, Vinkovaca i Vukovara (Ivanović i sur., 2017.).

Najčešće korišteni medij za proizvodnju bioplina u Hrvatskoj sastoji se od gnoja (50–60 %, uglavnom dobivenog uzgojem krava, ali i od svinja, peradi ili njihovih kombinacija), kukuruzne (ili travne) silaže (25–35 %) i ostale dostupne biorazgradive sirovine (5–25 %, npr. otpad od hrane, istrošeni pivski kvasac, mulj otpadnih voda, masti, vrtni otpad). Međutim, srednji sastav za proizvodnju bioplina snažno ovisi o dostupnosti sirovina u blizini postrojenja za bioplin. (Petraović-Tominac, 2020.).

Iako Hrvatska ima velik potencijal u proizvodnji bioplina zbog velikog broja dostupnih obnovljivih sirovina, taj potencijal nedovoljno je iskorišten. Kako bi se iskoristio navedeni potencijal potrebno je bolje koristiti zemljište, kao i povećati razvoj prehrambene industrije, što bi utjecalo na povećanje količine poljoprivrednih ostataka i nusproizvoda dobivenih preradom hrane. Takav razvoj bi uvelike potaknuo rast proizvodnje bioplina u Hrvatskoj.

Sve više bi se trebalo raditi na informiranju o proizvodnji bioplina anaerobnom probavom koji ima pozitivan socioekonomski te ekološki utjecaj. Kako bi proizvodnja, distribucija i primjena bioplina bila što veća također je potrebna bolja komunikacija između struke i državnih tijela.

Povećanje broja bioplinskih elektrana osim što ima veliki ekološki i energetske doprinos, znatno bi utjecao i na porast broja zaposlenih u samom pogonu za bioplin, pa tako i u zadrugama koje proizvode sirovine za proizvodnju bioplina.

Također bi veću pažnju trebalo pridodati i informiranju poljoprivrednika o financijskim prednostima digestata kao i pravilnom upravljanju lokalnim resursima kako bi njegova upotreba bila što veća.

2.5. Kopriva (*Urtica dioica* L.)

Ljekovite biljke su tijekom mnogih stoljeća spremište širokog spektra biološki aktivnih spojeva, ali još uvijek su u velikoj mjeri neistražene (Singh i sur., 2012.). Proizvodi biljnog podrijetla, neovisno jesu li čisti spojevi ili se radi o standardiziranim biljnim ekstraktima, imaju veliki potencijal u proizvodnji novih lijekova zbog svoje velike kemijske raznolikosti. Prema WHO-u, više od 80 % svjetske populacije oslanja se na tradicionalnu medicinu za svoje primarne zdravstvene potrebe (Anon, 1993.). Procjenjuje se da su danas biljni materijali prisutni ili su osigurali modele za 50 % zapadnjačkih lijekova (Baker i sur., 1995.). Zbog njihove uočene učinkovitosti, minimalne nuspojave u kliničkom iskustvu i relativno jeftini biljni lijekovi široko se propisuju čak i kada su njihovi biološki aktivni spojevi nepoznati (Valiathan, 1998.).

U. dioica L. spada u obitelj Urticaceae, višegodišnja je biljka koja je izvorno šumska vrsta zastupljena gotovo na svim kontinentima, te se kao korov proširila na mjestima gdje je tlo vlažno i bogato dušikom. Ime roda *Urtica* dolazi od latinskog uro, gorjeti ili od urere, peći (Grieve, 1931.). *U. dioica* L. je kozmopolitska vrsta umjerenih područja svijeta (Nikolić i Kovačić, 2008.). Zbog svoje prilagodljivosti rasprostranjena je u umjerenom, ali dijelom i tropskom pojasu: Europa, Azija, sjeverna Afrika i Amerika (Ernst i sur., 2006; Di Virgilio i sur., 2015.).

Kako *U. dioica* L. sadrži veliki broj aktivnih spojeva koji su korisni za ljude, sve se više proučava u medicinske svrhe, a svoju primjenu sve češće pronalazi i u prehrani ljudi. Sve je veća svijest o korisnim učincima ljekovitog bilja pa je iz tog razloga potreba za koprivom kao i ostalim ljekovitim biljkama sve veća. Nastavno na to može se očekivati porast broja obiteljskih gospodarstava kojima će se primarna proizvodnja temeljiti na proizvodnji ljekovitog bilja.

U povijesti, svoju primjenu u Europi velika kopriva pronašla je kao izvor sirovine za proizvodnju prediva. Danas se kopriva koristi kao izvor klorofila u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji (Hulina, 2011.).

Iako se *U. dioica* L. u intenzivnoj poljoprivredi smatra korovom ova je kultura naišla na veliki interes kako znanstveni tako i komercijalni iz razloga što se svi njezini dijelovi mogu iskoristiti kao izvor za velik broj prirodnih proizvoda.

2.6. Botanička pripadnost i sistematika koprive (*Urtica dioica* L.)

U. dioica L. pripada rodu *Urtica* i porodici Urticaceae (Magdefrau i Ehrendorfer, 1984.). Spada u veliku grupu kritosjemenjača, odnosno cvjetnjača. Porodici Urticaceae pripadaju drvenaste te jednogodišnje ili višegodišnje zeljaste biljke (Hulina, 2011.). Porodica obuhvaća 40 rodova s oko 700 vrsta. Rod *Urtica* obuhvaća 50 vrsta i podvrsta (Hulina, 2011.). Najistaknutiji predstavnici su obična kopriva (*Urtica dioica* L.) i mala kopriva (*Urtica urens* L.) (Kregiel i sur., 2018.). U tablici 4 prikazana je sistematika *Urtica dioica* L. i *Urtica urens* L.

Prema Bonetti i sur. (2016.), razlikujemo šest podvrsta čija su imena i rasprostranjenost vidljive u tablici 4.

Tablica 4. Podvrste koprive (*Urtica dioica* L.)

Vrsta	Stanište
<i>U. dioica</i> subsp. <i>dioica</i>	Europa, Azija, Sjeverna Afrika
<i>U. dioica</i> subsp. <i>galeopsifolia</i>	Europa
<i>U. dioica</i> subsp. <i>afghanica</i>	Jugozapadna i središnja Azija
<i>U. dioica</i> subsp. <i>gansuenis</i>	Istočna Azija, Kina
<i>U. dioica</i> subsp. <i>gracilis</i>	Sjeverna Amerika
<i>U. dioica</i> subsp. <i>holosericea</i>	Sjeverna Amerika

Izvor: (Bonetti i sur.,2016.).

2.7. Morfološka obilježja koprive (*Urtica dioica* L.)

U. dioica L. je višegodišnja dvodomna biljka iz porodice Urticaceae. *U. dioica* L. je višegodišnja dvodomna, zeljasta trajnica koja može narasti do 1,5 m visine (Savković, 2017.). Karakteristična je po svojim nazubljenim listovima kratkih peteljki i time što sadrži žarne dlačice koje žare u dodiru sa kožom te izazivaju crvenilo. Vrstu *U. dioica* L. je zbog izgleda listova lako zamijeniti s vrstom *Urtica urens* L. koja je ipak nešto manja i tamnijih listova od *U. dioica* L. vrste (Upton, 2013.).



Slika 5. Velika kopriva (*Urtica dioica* L.) i mala kopriva (*Urtica urens* L.)

Izvor: www.wikipedia.org

2.7.1. Korijen

Uloga korijena je da *U. dioica* L. omogući preživljavanje izrazito niskih temperatura preko zime, kako bi na proljeće iz njega mogla izrasti nova biljka. Podanak *U. dioica* L. je razgranat, kratak i puzav (Nikolić i Kovačić, 2008., Franjić i Škvorc, 2014.). cilindričnog je oblika, sivo-smeđe je boje i promjera od oko 5mm. Također, korijen je nepravilno savijen, blago razgranat, šupalj te ima izražene uzdužne brazde kao i velik broj sitnih korjenčića koji izvire iz čvorova. Ti korjenčići su glatki i vrlo čvrsti (slika 6) (Upton, 2013.).



Slika 6. Osušeni korijen velike koprive

Izvor: <https://www.shutterstock.com/image-photo/dry-root-stinging-nettle-urtica-dioica-593554820>

2.7.2. Stabljika

Stabljika je uspravna, ne razgranata, četverbridna prekrivena sitnim dlačicama (Hulina, 2011.). Stabljika izbija iz korijena. Najčešće je ne razgranata, zelena i ponekad ljubičasta (Schafner i sur, 2004.). s obzirom na to da je izgrađena od snopa vlaknastih stanica, deblja je i čvršća od ostalih dijelova biljke, pogotovo donji dio stabljike. Navedene vlaknaste stanice dugačke su otprilike 5-8 cm.



Slika 7. Stabljika *Urtica dioica* L, Slika 8. Stabljika *Urtica dioica* L

Izvor: <https://gobotany.nativeplanttrust.org/species/urtica/dioica/>

2.7.3. List

Listovi *U. dioica* L. su tamno zelene boje, a donja strana je nešto svjetlija i venacija je vidljivija. Oblik listova je sroljik, duboko nazubljen i šiljast (slika 9), a nalaze se na kratkim peteljka (Bisht i sur., 2012.).

Peteljka lista je kraća od plojke (Rogošić, 2011.). Duga je 3-15 cm, a široka 28 cm (Franjić i Škvorc, 2014.). Iz svakog nodija izbijaju po dva lista koja su jedan nasuprot drugoga.

Vrstu *U. dioica* L. je zbog izgleda listova lako zamijeniti s vrstom *Urtica urens* L. koja je ipak nešto manja i tamnijih listova od *U. dioica* L. vrste (Upton, 2013.).



Slika 9. List *Urtica dioica* L.

Izvor: <https://www.plantea.com.hr/kopriva/>

List *U. dioica* L. prekriven je dugim i kratkim dlakama kako na licu tako i na naličju (Knežević, 2006., Hulina, 2011.). Na stabljikama i listovima nalaze se žarne, biljne dlačice koje se još zovu i trihomi. Postoje dvije vrste dlačica - one koje "ne peku" i one koje "peku" (Asgarpanah i sur., 2012.).

Trihomi su golim okom jedva vidljivi a biljkama služe kao zaštita od životinja (slika 10). Dužina žarnih dlačica iznosi oko 20 µm. Jednostanične su građe. Često su brojne oko žila (Schafner i sur., 2004.).

Vršni dio trihoma *U. dioica* L. (dlaka žeravka) sadrži silicijev dioksid uloženi između molekula celuloze, dok se u ostatku trihoma nalazi kalcijev karbonat.

Kad se glavica odlomi iz nje izlazi tekućina koja sadrži acetilkolin, mravlju kiselinu, histamin i 5-hidroksitriptamin te u kontaktu s kožom izaziva lokalnu iritaciju popraćenu dermatitisom i crvenim urtikama (Fu i sur., 2006.).



Slika 10. *Urtica dioica* L. – trihomi

Izvor: (Asgarpanah i sur., 2012.)

2.7.4. Cvijet

Cvjetovi *U. dioica* L. su smješteni u pazušcima gornjih listova stabljike. Raspoređeni su u obliku cvata, te su sastavljeni od 4 latice i 4 međusobno odvojena lapa. Cvjetovi su mali, zelenkaste boje, te simetrični. Muški cvjetovi kod određenih podvrsta su žute, a ženski ljubičaste boje (slika 11). Muški cvjetovi sadrže samo prašnike, dok ženski imaju samo tučak ili organe odgovorne za proizvodnju sjemena (Zargari, 1988.). uspravni su ili strše, a ženski nakon cvjetanja vise (Hulina, 2011., Franjić i Škvorc, 2014.).

U. dioica L. može i ne mora imati cvjetove koji su istospolni sa sferičnim peludnim zrcima s puno malih kristala kalcijeva oksalata (Upton, 2013.). Duljina cvata nešto je veća od susjednih peteljki. Ocvijeće je čekinjasto (Rogošić, 2011.). Listići ocvijeća ne srastaju ili su više-manje srasli u donjem dijelu (Nikolić, 2013.).

Vrijeme cvatnje obično je od svibnja pa do završetka rujna što ovisi o podneblju, kao i mikroklimatskim uvjetima. Plodnica sadrži jedan sjemeni zametak.



Slika 11. Muški i ženski cvjet *U. dioica* L.

Izvor: www.wikipedia.org

2.7.5. Plod

Plod je oraščić plosnatog oblika, na površini gladak i zelenkasto-smeđe boje (12) (Hulina, 2011.). Plod *U. dioica* L. je također malen, suh, ima jedno sjeme i ovalni, duguljasti oblik (Otles i Yalcin, 2012.). dugačak je oko 1-1,5 mm te širok 0,7-0,9 mm (Joshi i sur., 2014.). U plodu se nalazi jedna sjemenka koja je smeđe boje i zauzima cijeli prostor unutar ploda. Apsolutna masa, odnosno masa 1000 zrna iznosi 0,11 g.



Slika 12. Plod *Urtica dioica* L.

Izvor: <https://www.instructables.com/Stinging-Nettle-Nuts/>

2.8. Kemijski sastav koprive (*Urtica dioica* L.)

U. dioica L. sadrži velik broj bioaktivnih spojeva a neki od njih su: aglutinin, acetofenon, alkaloidi, acetilkolin, klorogenska kiselina, buterinska kiselina, klorofil, kafeinska kiselina, karbonatna kiselina, kolin, histamin, kumarinska kiselina, mravlja kiselina, pantotenska kiselina, kemferol, koproporfirin, lektin, lecitin, lignan, linolna i linolenska kiselina, palmitinska kiselina, ksantofil, serotonin, stigmasterol, terpen, violaksantin i jantarna kiselina.

Listovi sadrže željezo, kalcij, kalij, vitamin C, fenole i flavonoide. Korijen je bogat polisaharidima, lecitinom, sterolima i fenolnim spojevima (grupa autora, 2008.). Flavonolni glikozidi nalaze se u cijeloj biljci, a osobito cvjetovima (Galle Toplak, 2016.).

Prema Saidu, El Otmani, Derfoufi i Benmoussa (2015.), lišće *U. dioica* L. sadrži ugljikohidrate, elemente u tragovima, minerale, masti, vitamine i proteine. Nadalje, lišće *U. dioica* L. bogato je triptofanom, metioninom, treoninom, izoleucinom, leucinom, valinom, fenilalaninom i lizinom, neophodnim za zdravlje tijela (Rutto i sur., 2013.). Listovi *U. dioica* L. sadrže devet karotenoida, od kojih su lutein i izomeri luteina, a β -karoten su osnovni karotenoidi (Guil-Guerrero i sur., 2003.) Lišće *U. dioica* L. sastoji se posebno od vrijednih hranjivih sastojaka, tj. Mineralnih dodataka, masnih kiselina, esencijalnih vitamina i aminokiselina (Rutto i sur., 2013.).

U. dioica L. može opskrbiti 90-100 % dnevne vrijednosti vitamina A, sirovog i kuhanog (Rutto i sur., 2013.). Također, *U. dioica* L. sadrži 2,5 % masti, 14-17 % albumina, kao i 18 % proteina u suhoj tvari. *U. dioica* L. sadrži značajnu količinu klorofila, u svježim listovima ona iznosi 0,008-0,3 % i 0,6-1 % u propisano sušenim i samljevenim listovima (Upton, 2013.). Od vitamina, *U. dioica* L. je bogata vitaminom C (20-60 mg/100 g suhog lista), B i K (0,16-0,64 mg/100 g), a sadrži i značajnu količinu željeza, kalcija, magnezija i kalija (Joshi i sur., 2014.). Svježa *U. dioica* L. sadrži oko 1-1,2 %, a suha 4,8-8,1 % masti (Upton, 2013.).

Koristeći GC metodu (plinska kromatografija), u rizomu su pronađene ove masne kiseline: linolna kiselina, palmitinska kiselina, palmitoleinska kiselina, stearinska kiselina, gadoleinska kiselina i eruka kiselina (Otles i Yalcin, 2012.). Istraživanjem Belščak-Cvitanović i sur. (2011.) izmjerena vrijednost kafeinske kiseline u vodenom ekstraktu *U. dioica* L. iznosi $1,386 \pm 0,048$ mg/g. Pepeo sadrži 6,3 % željezo (III) oksida, kalija, kalcija i silicija (Otles i Yalcin, 2012.). U korijenu je prisutan i lektin protein UDA (*Urtica dioica* aglutinin), a njegov sadržaj iznosi 0,05-0,6 % (HMPC, 2012.). Kako je navedeno ranije u radu, trihomi sadrže mravlju kiselinu, histimin i acetilkolin kao komponente koje u dodiru s kožom prouzrokuju žarenje i pojavu crvenila.

2.9. Agrotehnika i ekološki zahtjevi koprive (*Urtica dioica* L.)

U. dioica L. odgovara topla i umjereno vlažna klima, te nema veliku potrebu za svjetlosti pa samim time uspješno uspijeva i na sjenovitim područjima. Kao prednost navodi se i to da je otporna na niske temperature, prilikom čega stoloni odnosno podzemna stabla prođu bez većih oštećenja. *U. dioica* L. odgovaraju područja sa prosječnom temperaturom višom od 6,5 °C, kao i količinom padalina od 600-800 mm. Smatra se da je biljka *U. dioica* L. visokih zahtjeva za vodom, iako podaci o njenoj potrebi i učinkovitosti iskorištenja vode nisu dostupni (Virgilio i sur., 2015.). Za biljku je optimalno ako tijekom razdoblja rasta dobiva jednoličnu količinu vode, stoga je potrebna podrška usjevu putem sustava za navodnjavanje koji se postavlja u godini osnivanja usjeva (Vogl i Hartl, 2003.). Najbolje prinose polučuje na tlima koja su bogata humusom i mineralima, kao i na blago alkaličnim tlima (pH 7,0-8,0). Zbog velike potrebe za kisikom, kao i nemogućnosti razvijanja stolona u tvrdoj zemlji, *U. dioica* L. zahtjeva rastresita zemljišta. Obrada tla jednaka je kao i kod ostalih kultura. Slabije prinose donosi uzgojem na teškim i izrazito vlažnim tlima, a isušena i kisela tla treba izbjegavati (Vogl i Hartl, 2003.).

proizvodnja rasada obavlja se u toplim i hladnim alejama (Gadžo i sur., 2017.). Kao ekonomski bolja solucija navodi se proizvodnja u hladnim alejama. 10-15 dana neposredno pred sjetvu hladi se sjeme, a sjetva se obavlja u svibnju. Osim navodnjavanja u nedostatku padalina, preko ljeta rasad je potrebno plijeviti i prihraniti. Kao još neke od potrebnih radnji navode se okopavanje i kultiviranje. Tim dvjema radnjama održava se rastresitost tla i uništava se korov (Medved., 2018.). Zbog tvrde opne sjeme sporije klija, pa se sadnja obavlja u jesen, nakon prvih jesenskih kiša, a prije zimskih mrazova. Zasad izraste sljedeće proljeće. Sadnja se vrši pomoću sadilica ili ručno, a međuredni razmak iznosi između 50-70 cm s rednim razmakom oko 30 cm. Kako bi se posadio 1 ha potrebno je između 45.000-65.000 sadnica, 0,1-0,2 kg/ha. S obzirom da je prinos u prvoj godini mali, zbog sporog razvijanja biljaka, veći urod se očekuje u drugoj, ili u narednim godinama.

U. dioica L. se može razmnožavati na tri načina: izravnom sjetvom, presadnicama i rizomima, ali koja je optimalna tehnologija uzgoja još uvijek nije definirano. Prema Stepanović i sur., (2009.), *U. dioica* L. se razmnožava sjetvom sjemena ili pomoću podzemnih stabljika (rizoma). Kako navode Galambosi i Galambosi (2001.), *U. dioica* L. se može uzgajati izravnom sjetvom sjemena i sadnjom presadnica, no kako bi se postigao veći prinos a samim time i povećao profit, potrebno je uložiti još vremena kako bi se odgovorilo na pitanja koja se tiču optimalizacije izravne sjetve sjemena, zaštite biljaka, kontrole korova (mehaničke ili kemijske), kao i procjene troškova.

Kada govorimo o izravnoj sjetvi na postojeće mjesto, preporuke se kreću od 0,3-0,4 g/m² sjemena, što znači 3-4 kg/ha. Baziranje zasada uz pomoć podzemnih stabala provodi se sadnim materijalom već postojećeg zasada. Vađenje podzemnih stabala odnosno stolona vrši se uz pomoć strojeva ili ručno, a nakon vađenja se odstranjuju truli i oboljeli dijelovi koji se skraćuju na dužinu od 25-30 cm. Stoloni se sade u brazde dubine oko 10 cm, na razmak od 50-70 cm, sa rednim razmakom od 30 cm, te se zatim zatrjavaju sa zemljom. Sadnja stolona obavlja se u jesen ili proljeće. Budući da je *U. dioica* L. sama svoj pesticid napada ju mali broj štetočina (Gadžo i sur., 2017.).

U proljeće, kada stabljika postigne visinu od 30 cm beru se mladi listovi. Ako biljka dosegne visinu veću od 30 cm kosi se cijela biljka nakon čega se lišće suši i odvaja. Međutim, ako se košnja izvrši na vrijeme, moguće je obaviti 6-8 otkosa, pa čak i do 10 ovisno o tome jeli godina bila dobra. Skupljanje sjemena obavlja se u kasno ljeto (Savković, 2017.). Crpljenje korijena izvršava se plitkim pooravanjem, skuplja se ručno te se korijen čisti, pere i suši (Medved, 2018.). Sušenje se može obavljati u sušarama gdje se prva dva sata suše na temperaturi od oko 60 °C, a nakon dva sata temperatura se spušta na oko 50 °C, ili na njivi.

“Sa jednog hektara može se ubrati 10-15 tona svježih, odnosno 2-3 tone suhih listova. Za dobivanje 1 kg suhe potrebno je 5-6 kg svježe lisne mase (Medved., 2018.). Prinos svježeg korijena *U dioica* L. kreće se od 8-10 t/ha⁻¹, a suhog 2,5-3,5 t/ha⁻¹. 243” (Gadžo i sur., 2017.).

S obzirom da se vađenje korijena odvija za vrijeme jeseni, kada je vlaga zraka visoka za sušenje na otvorenom, korijen se suši isključivo u sušarama.



Slika 13. Sušare za ljekovito bilje

Izvor: Sito i sur. Industrijsko sušenje dvodomne koprive. Glasnik Zaštite Bilja, 37(6), 50-56., (2014.).

2.9.1. Utjecaj gnojidbe na koprivu (*Urtica dioica* L.)

Zbog sve učestalije primjene *U. dioica* L. u razne svrhe, njeno uvođenje u poljoprivrednu proizvodnju postaje sve zastupljenije, pa tako tehnologija uzgoja kao i optimalna doza gnojidbe dušikom zauzimaju sve veću pažnju.

Kako je poznato, *U. dioica* L. je samonikla biljna vrsta koja raste na neobrađenim staništima koja su bogata organskom tvari i dušikom. Problematika samonikle *U. dioica* L. je ta što preferira tla bogata dušikom (Otles i Yalcin, 2012.). Također, spominje se i kao hiperakumulator teških metala (Krystofova i sur., 2010.), što dovodi u pitanje kvalitetu *U. dioica* L. prikupljene iz prirodnog staništa.

Iako je poznato da je dušik jedan od esencijalnih elemenata za rast i razvoj, te ima značajnu ulogu u ishrani biljaka (Boroujerdnia i sur., 2007.), njegova veća ponuda u tlu na prirodnom staništu ili kroz gnojidbu u uzgoju lisnatog povrća može rezultirati prekomjernim nakupljanjem nitrata te negativno utjecati na kvalitetu biljaka (Sørensen, 1998.). Ove tvrdnje ukazuju na to kako gnojidba *U. dioica* L. dušičnim gnojivima trebala biti dobro izbalansirana kako bi biljni materijal bio što kvalitetniji, a nekontrolirana berba sa prirodnih staništa i njihova degradacija bila svedena na minimum.

Prema istraživanju provedenom 2012. godine, na području grada Zagreba, na lokaciji Maksimir (Stubljarić i sur., 2013.), gdje je gnojidba dušikom (0, 50, 100, 150, 200 kg N/ha) predstavljala glavni faktor, a tehnologija uzgoja (izravna sjetva i presadnice) podfaktor, ispostavilo se da je gnojidba sa 150 i 200 kg N/ha pokazala pozitivan učinak na većinu promatranih svojstava poput visine, mase biljaka, dimenzije listova, Razgranatosti i sl., pa bi se kao optimalna preporučena doza mogla istaknuti gnojidba sa 150 kg N/ha. Prema navodima istih autora, zbog slabog rasta biljaka u prvoj godini uzgoja bilo bi poželjno istraživanje ponoviti u kasnijim godinama, te isto obaviti na otvorenom polju. Isto tako, navode kako bi bilo potrebno istražiti utjecaj gnojidbe dušikom na akumulaciju nitrata te napraviti analizu kemijskog sastava biljaka. Nadalje, istraživanje je također pokazalo kako se *U. dioica* L. osim sadnjom presadnica, jednako uspješno može uzgajati i putem izravne sjetve sjemena. Kao glavni ograničavajući faktor izravne sjetve navode nedovoljno pripremljeno tlo, kao i malu količinu oborina. Također navode i to da se kod sadnje presadnica ne smije kasniti, jer bi visoke temperature mogle izazvati njihov zastoj u rastu. Istraživanje je pokazalo i značajan utjecaj tehnologije uzgoja na ispitivane parametre u oba roka, pa se tako ispostavilo da su biljke iz izravne sjetve polučile bolje rezultate u odnosu na presadnice.

Pokus proveden 2013. godine od strane Radman i sur., na dvije lokacije, u Zagrebu, te u mjestu Blatuša u Sisačko-moslavačkoj županiji, pokazao je nešto drugačije rezultate od prethodno navedenog. Prema njihovom istraživanju ispostavilo se da kako bi se ostvario optimalan prinos svježe herbe, prihvatljivog kemijskog sastava, *U. dioica* L. je potrebno gnojiti sa 100 kg N/ha. Isto tako, prema navedenom istraživanju kojim je pri izravnoj sjetvi utvrđena veća količina suhe tvari i željeza, kao bolju soluciju, zbog manjeg broja košnji, smanjenog sklopa kao i značajno manjeg prinosa, navode uzgoj koprive iz presadnica.

Za prihranjivanje se poslije svakog otkosa dodaje još 30-40 kg/ha N, a osim dušika, *U. dioica* L. ima velike potrebe i za kalijem (200 kg/ha K_2O). Ovisno o plodnosti tla, fosfor se primjenjuje u količini 60 – 80 kg/ha P_2O_5 (Medved, 2018.).

Dreyer i Müssing (2000.) navode optimalnim gnojidbu usjeva *U. dioica* L. sa 60-80 kg N/ha, 150-180 kg K_2O ha i 40-50 kg P_2O_5 ha.

2.10. Upotreba koprive (*Urtica dioica* L.)

2.10.1. Kopriva (*Urtica dioica* L.) u hranidba domaćih životinja

U. dioica L. ima svoju primjenu i u veterini (Galle Toplak, 2016.). Osušena *U. dioica* L. u kombinaciji sa sijenom odlična je ljekovita hrana u hranidbi konja. Također, *U. dioica* L. u hranidbi krava pozitivno utječe na povećanje mliječnosti. Prema Hashemi i sur. (2018.), *U. dioica* L. je imala snažan rast koji potiče sposobnost i potencijal utjecaja na hemoglobin i hematokrit u pilića brojlera. To ukazuje kako bi *U. dioica* L. mogla imati funkcionalnu i hranidbenu ulogu, te poslužiti kao kvalitetan dodatak u hranidbi peradi. Svježe nasjeckana *U. dioica* L. utječe na bolji razvoj mladih pilića i gusaka (Forenbacher, 1998.). dodane u hranu peradi, sjemenke *U. dioica* L., kao i smljevene stabljike utječu na povećanu proizvodnju jaja (Hulina, 2011.). U cilju postizanja sjajnijeg i kvalitetnijeg krzna, u hranidbu krznaša (činčila, zečeva) dodaje se brašno od koprive (Hulina., 2011.). U usporedbi s ječmenim i pšeničnim brašnom, koprivino brašno ima mnogo više bjelancevina, sirovih vlakana, masti, pepela, kalcija i željeza te ima nizak glikemijski indeks. (Adhikari i sur., 2016.), (slika 14).



Slika 14. Koprivino brašno

Izvor: www.omfoods.com

2.10.2. Kopriva (*Urtica dioica* L.) kao insekticid i gnojivo

Razvojem ekološke poljoprivrede potreba za prirodnim i ekološkim načinima zaštite i ishrane bilja zauzima sve veći značaj što naročito dolazi do izražaja u posljednjim desetljećima. Kao takva, *U. dioica* L. pronalazi svoju primjenu u vidu prirodnog gnojiva, te ostvaruje pozitivne učinke na rast drugih biljaka. Od *U. dioica* L. se tradicijski rade i vodeni macerati, takozvane biljne "juhe" koje se koriste kao gnojivo (Mirecki i sur., 2011.). Vodene otopine *U. dioica* L. stimuliraju rast biljaka (Rivera i sur., 2012.). Isto tako, biljke tretirane vodenim otopinama *U. dioica* L. imaju bolju apsorpciju dušika od biljaka tretiranih istovjetnom mineralnom otopinom (Peterson i Jensen, 1988.). Ekstrakt *U. dioica* L. reducira ili inhibira razvoj nekih uzročnika gljivičnog oboljenja bilja (Hadizadeh i sur., 2009.). Također, ekstrakt *U. dioica* L. se koristi i kao insekticid, a insekticidno djelovanje je potvrđeno na nekoliko vrsta kukaca (Sapkota i sur., 2002.). Svoju primjenu stabljika i list *U. dioica* L. otopljeni u vodi pronašli su u i kao sredstvo za suzbijanje lisnih ušiju, kao i drugih štetnih organizama. Kako navodi Hulina (2011.), *U. dioica* L. pospješuje razgradnju komposta. Suhi korijen *U. dioica* L. također se upotrebljava i u vidu organskog gnojiva.

2.10.3. Kopriva (*Urtica dioica* L.) u medicini

Cijela bilja *U. dioica* L. koristi se u narodnoj medicini u liječenju alergija, bubrežnih kamenaca, opeklina, anemije, osipa unutarnjih krvarenja, dijabetesa i slično (Singh i sur., 2012.), no, samo su neki od ovih farmakoloških aktivnosti eksperimentalno dokazani (Lourdes i sur., 2008.). Biljka može pomoći u suzbijanju pothranjenosti ili zdravstvenih problema povezanih s prehranom zbog svojih bioaktivnih spojeva (Adhikari i sur., 2016.). Koristi se kao sredstvo za ublažavanja simptoma reumatskih bolesti (MacVicar, 2006.). Preparati na bazi korijena se koriste u terapanju prostate (Treasure 2003., Bisht i sur., 2012.), dok se preparati na bazi sjemena koriste kod bolesti bubrega (Treasure 2003.). *U. dioica* L. djeluje kao diuretik, hemostatik, antireumatik i antianemik, te povoljno utječe na rad prostate i jetre, kao i smanjenje razine šećera u krvi (Nikolić, 2013.).

2.10.4. Kopriva (*Urtica dioica* L.) u prehrani ljudi

Iako *U. dioica* L. ima svuda oko nas, kada se radi o koprivi namijenjenoj za prehranu ljudi valja biti dosta oprezan. Stoga, treba izbjegavati *U. dioica* L. koja raste uz puteve, odnosno onu koja raste uz prometnice ili druga nečista područja. Dakle, treba ju nabaviti od provjerenih dobavljača, odnosno *U. dioica* L. iz poljoprivrednog uzgoja. *U. dioica* L. je od davnina poznata kao biljka koju su ljudi skupljali u divljini i hranili se njome kao povrćem (di Tizio i sur., 2012.). Prije same konzumacije *U. dioica* L. bi trebalo prokuhati kako bi uklonili mravlju kiselinu. Od

U. dioica L. se mogu pripremati razna jela poput raznih smoothija, juha, variva, savijača, pita, a kao bogat izvor željeza može se pronaći u raznim pudinzima ili pak biskvitnim kolačima (slika 16). Zajedničko svim jelima je to što se za pripremu koriste vrhovi listova *U. dioica* L. (oko 5-10 cm), jer upravo mladi listovi predstavljaju bogat izvor vitamina. *U. dioica* L. može poslužiti kao dobra zamjena za špinat, a isto tako i kao zamjena za razne salate. *U. dioica* L. se koristi u obliku čaja, tinkture, soka i dr., i tako pomaže organizmu održati ravnotežu, pročistiti krv, dišne puteve, poboljšati cirkulaciju, pobijediti upale, ublažiti simptome alergije i održati zdrav metabolizam (Galle Toplak., 2016.).



Slika 15. Quiche (tradicionalna francuska pita) s koprivom

Izvor: https://www.novolist.hr/life/gastro/zdrava-kopriva-za-bilo-koji-obrok-u-bilo-koje-doba-dana/?meta_refresh=true

2.10.5. Kopriva (*Urtica dioica* L.) u kozmetici

U. dioica L. od davnina važi za biljku koja se može upotrebljavati za liječenje i njegu, kao i u tretmanima lica. Čaj od *U. dioica* L. svoju je primjenu pronašao kao prirodno sredstvo u rješavanju problema sa nečistom kožom i celulitom. Također, u obliku tonika ili sličnih kozmetičkih pripravaka, koristi se kao sredstvo za obnovu i njegu kože, protiv prhuti, pa tako i u sprječavanju masne kose sklone opadanju. *U. dioica* L. se može koristiti i kod ublažavanja edema i upale. Ekstrakt *U. dioica* L. svoju je primjenu pronašao u pojačavanju mikrocirkulacije. Od *U. dioica* L. se priprema i različiti šamponi za poticanje rasta kose. Kao još neki od kozmetičkih pripravaka od *U. dioica* L. spominju se parne kupelje za lice, maske za lice od soka *U. dioica* L., čaj protiv akni, vodice i šamponi za kosu protiv prhuti, vodice za kosu i kožu glave, kupke za tijelo kod kožnih oboljenja i dr. Stoga, pripravci od *U. dioica* L. su vrlo vrijedan kozmetički proizvod koji se koristi u brizi oko ljepote i zdravlja kože, kose i noktiju. Od *U. dioica* L. se proizvode i različite tinkture kao i kapi (slika 16).



Slika 16. Tinktura od koprive

Izvor: <https://vanelli.hr/tinktura-od-koprive-za-rast-i-jacanje-kose-kako-ju-napraviti-recept/> (Pristupljeno:28.04.2021.)

3. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

Ovo istraživanje je imalo za cilj utvrditi bioplinski potencijal koprive (*Urtica dioica* L.) odnosno utvrditi postoji li mogućnost korištenja nadzemnog dijela biljke kako bi se proizvela toplinska ili električna energija. Isto tako, zadatak je bio utvrditi količinu, te sastav proizvedenog plina. Spomenuto istraživanje provedeno je u Laboratoriju za biomasu i obnovljive izvore energije na fakultetu Agrobiotehničkih znanosti u Osijeku. Kopriva (*Urtica dioica* L.) korištena za istraživanje prikupljena je na području Bilja, dok je goveđa gnojovka također korištena u istraživanju uzeta s farme muznih krava „Orlovnjak“.

Gnojovka predstavlja izuzetno važan resurs u proizvodnji krmiva za domaće životinje te u biljnoj proizvodnji općenito, jer sadržavaju biljna hraniva za ishranu usjeva i organsku tvar koja doprinosi biogenosti, strukturi i plodnosti tla (Edmeades, 2003.). Prema reviziji provedenoj na temelju rezultata kemijskih analiza uzoraka stajskog gnoja i gnojovke prikupljenih u 2011., 2012. i 2013. godine sa govedarskih i svinjogojskih farmi istočne Hrvatske prosječne vrijednosti koncentracije hranjiva u goveđem stajskom gnoju bile se: N 0,80 %, P₂O₅ 0,43 % i K₂O 1,18 %. (Cvjetković i sur., 2014.).

Uzorak usitnjene koprive pomiješan je s goveđom gnojovkom, a proces anaerobne digestije se odvijao pri termofilnim uvjetima (>50 °C) dok je retencijski period iznosio 35 dana.



Slika 17. Priprema uzoraka koprive za usitnjavanje

Izvor: J. Čepo

3.1. Određivanje suhe tvari

Količina suhe tvari predstavlja vrlo važan parametar u istraživanju bioplinskog potencijala *Urtica dioica L.* Ona predstavlja podlogu na kojoj se odvija rast i razvoj bakterija pri proizvodnji bioplina. (Majkovčan i sur., 2010.).

Sadržaj suhe tvari u uzorcima utvrđen je sušenjem 100 g svježeg uzorka u sušioniku na temperaturi od 75 °C kroz 24 sata, a nakon toga kroz dodatna 3 sata na temperaturi od 105 °C.

Ukupna suha tvar izračunata je iz podataka svježeg uzorka i suhog uzorka nakon sušenja:

$$\text{Ukupna suha tvar (\%)} = [\text{neto suha tvar (g)} \div \text{neto svježi uzorak (g)}] \times 100$$



Slika 18. Sušionik

Izvor: J.Čepo

3.2. Određivanje sadržaja pepela i organske tvari

Ukupan sadržaj pepela i organske tvari određen je žarenjem na 550 °C tijekom 2 sata u peći za žarenje (Thompson, 2001.). Korišteni su uzorci suhe tvari nakon sušenja na 75 °C i sljedeće formule:

$$\text{Pepelo (\%)} = [\text{neto masa pepela nakon 550 °C (g)} \div \text{neto suhi uzorak (g)}] \times 100$$

$$\text{Organska tvar (\%)} = [1 - \text{neto pepela nakon 550 °C (g)} \div \text{neto suhi uzorak (g)}] \times 100$$

Utvrđivanje organske tvari prije i nakon fermentacije standardnim metodama žarenja na 550 °C u trajanju od 3-4 sata provodili smo na uređaju koji se naziva Mufolna peć (Nabertherm L15/11). Navedeni uređaj sadrži peć s digitalnim kontrolerom B410 s 4 temperaturne rampe i 5 programa. Također sadrži USB priključak za procesno dokumentiranje, te vrata na spuštanje. Maksimalna temperatura ovog uređaja iznosi +1100 °C a potrebno vrijeme do maksimalnog

zagrijavanja iznosi 90 min. Volumen komore iznosi 15 L a primjenjuje se za spaljivanje različitih uzoraka (Slika 19).



Slika 19. Mufolna peć

Izvor: J. Čepo

3.3. Određivanje pH vrijednosti

pH vrijednost utvrđivali smo elektrokemijskim mjerenjem direktno u uzorcima (Slika 20).



Slika 20. Utvrđivanje pH vrijednosti

Izvor: J. Čepo

3.4. Određivanje količine i sastava bioplina

Istraživanje je postavljeno u dvije grupe koje su se odnosile na kontrolnu grupu i eksperimentalni uzorak. Anaerobna fermentacija provodila se u diskontinuiranim bioreaktorima zapremnine 1 L pri termofilnim uvjetima (55 °C) u kupelji tijekom razdoblja do 30 dana. Fermentacija se svakodnevno pratila a proizvedeni bioplin sakupljan je kroz prezasićenu otopinu NaCl u graduiranim menzurama (2 L) spojenim na bioreaktore preko PVC cijevi.



Slika 21. Graduirane posude i vodena kupelj

Izvor: J. Čepo

Analizu proizvedenog bioplina, nakon završetka fermentacije obavljali smo uz pomoć prijenosnog analizatora bioplina, koji se osim za mjerenje sastava bioplina može koristiti i za mjerenje: ispušnih plinova, ambijentalnog zraka, tlaka, protoka i kalorijske vrijednosti bioplina (Slika 22).



Slika 22. Prijenosni analizator bioplina

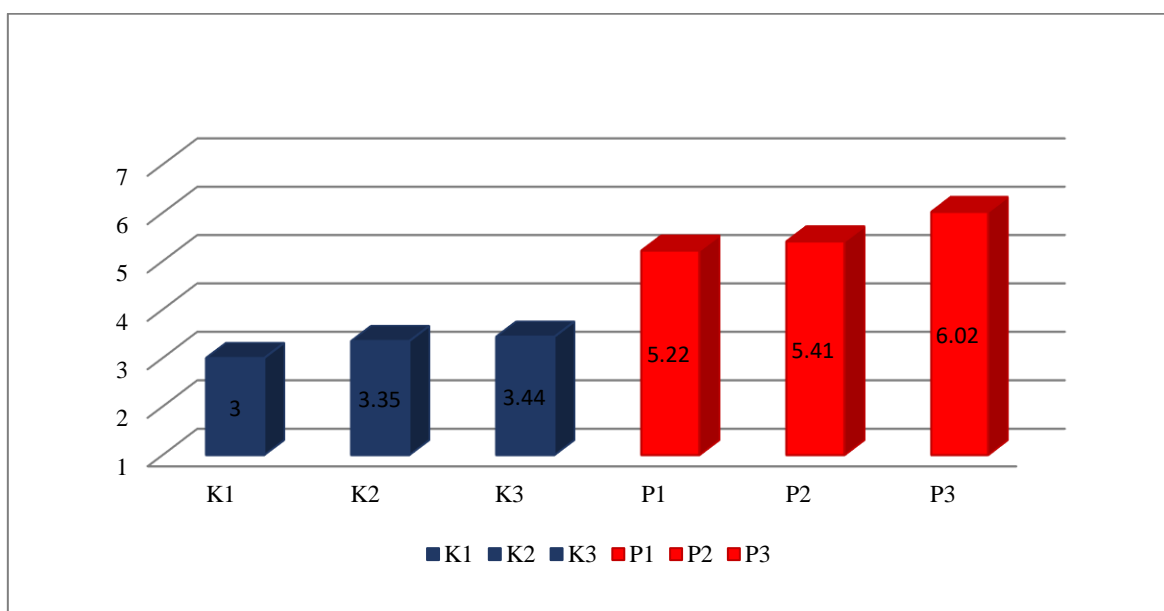
Izvor: J. Čepo

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1. Udio suhe tvari u supstratima

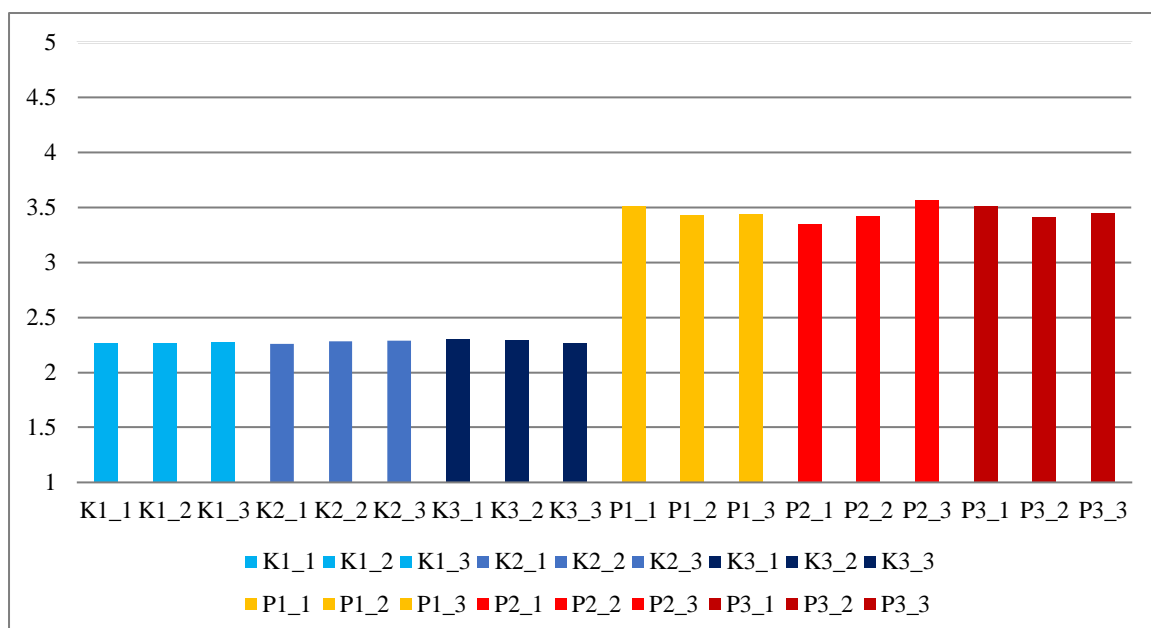
S obzirom da goveđa gnojovka ima nisku razinu suhe tvari, dodavanjem koprive utječemo na udio iste. Dodavanjem 10 % usitnjene koprive u eksperimentalni uzorak utječemo na promjenu udjela suhe tvari između kontrolne i eksperimentalne skupine.

U eksperimentalnoj skupini najveći iznos suhe tvari prije fermentacije iznosi 6,02 % (P3), dok prosječna vrijednost suhe tvari u eksperimentalnoj skupini P1, P2 i P3 iznosi 5,55 %. Kod kontrolne skupine najmanji iznos suhe tvari prije fermentacije iznosi 3 % (K1), a prosječni udio suhe tvari prije fermentacije kod kontrolne skupine (K1, K2 i K3) iznosi 3,26 %. (Grafikon 1)



Grafikon 1. Udio suhe tvari (%) u supstratima prije fermentacije

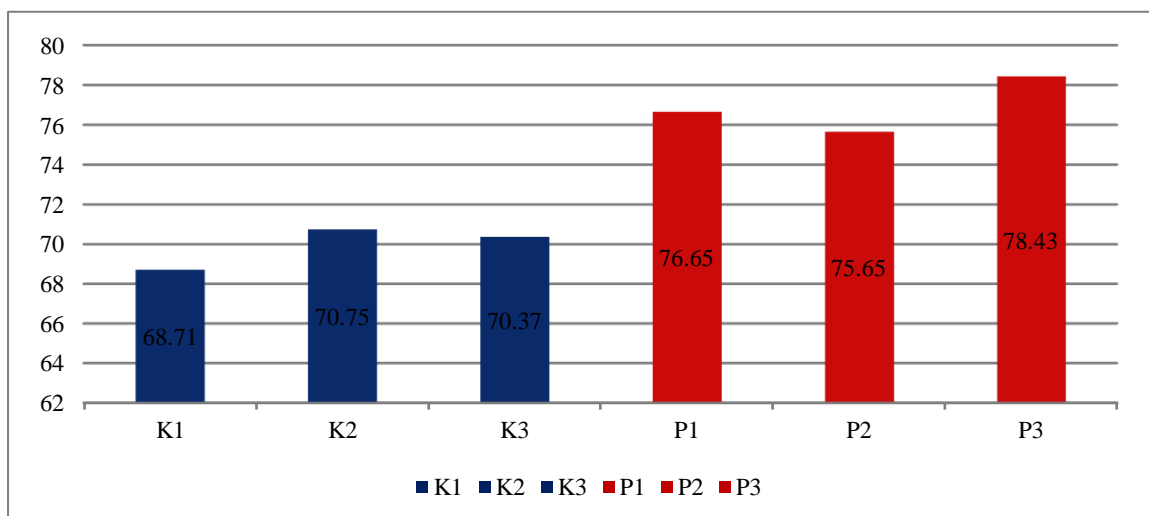
Grafikon 2 prikazuje smanjenje prosječnog udjela suhe tvari u kontrolnim skupinama nakon fermentacije, pa tako prosječni udio suhe tvari kod navedene skupine (K1, K2 i K3) iznosi 2,27 %, što je za 30,37 % manje u odnosu na prosječni udio suhe tvari kod kontrolne skupine prije fermentacije. Isto tako, prosječni udio suhe tvari u eksperimentalnoj skupini (P1, P2 i P3) nakon fermentacije manji je za 37,84 %, nego prosječni udio suhe tvari eksperimentalne skupine prije fermentacije, odnosno iznosi 3,45 %.



Grafikon 2. Udio suhe tvari (%) u supstratima nakon fermentacije

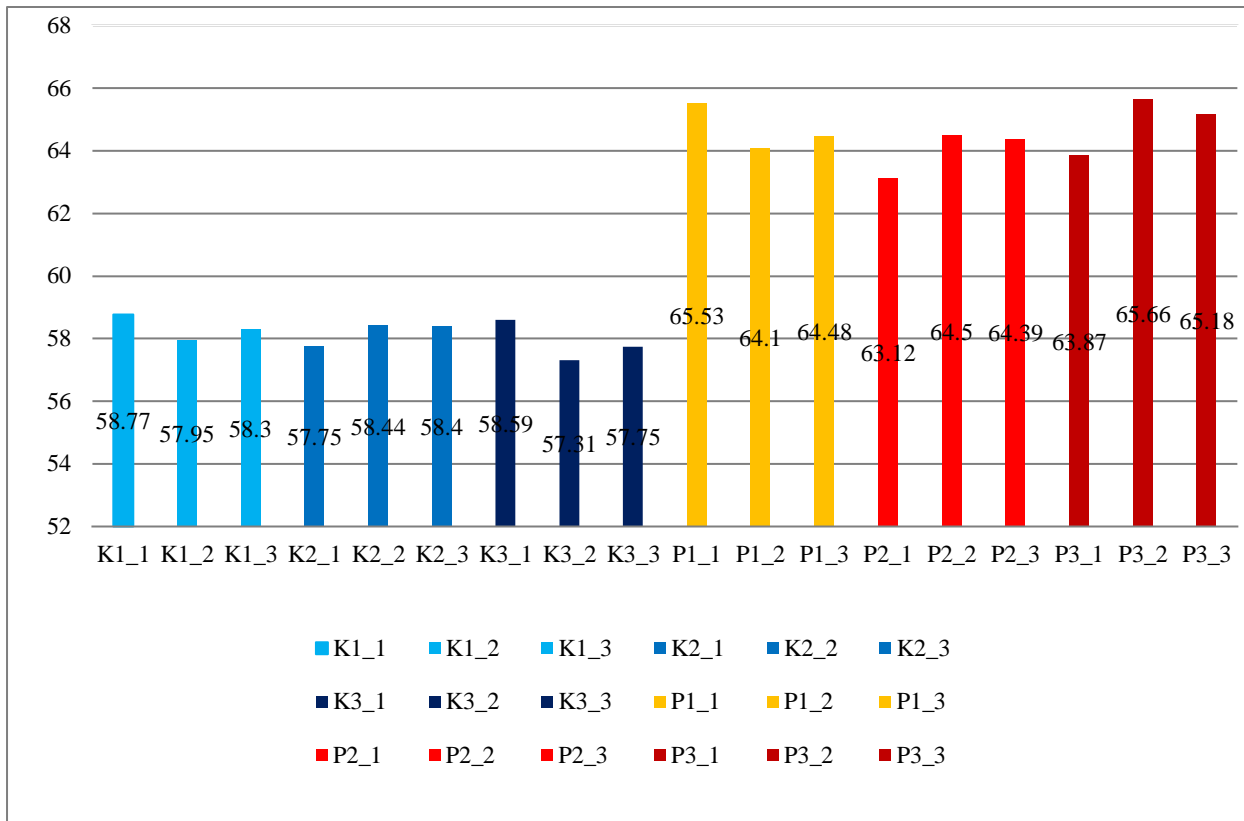
4.2. Udio organske tvari u supstratima

Grafikon 3 prikazuje koliki su udjeli organske tvari u kontrolnim uzorcima K1, K2 i K3 prije fermentacije iz čega proizlazi kako prosječni udio organske tvari prije fermentacije u navedenim uzorcima iznosi 69,94 %. Isto tako, u grafikonu su prikazani udjeli organske tvari u eksperimentalnim uzorcima P1, P2 i P3 prije fermentacije, te njihov prosječni udio organske tvari iznosi 76,91 %. Budući da mikroorganizmi za proizvodnju bioplina koriste organsku tvar goveđe gnojovke i biljke koprive, povećan udio organske tvari utječe i na povećanu proizvodnju bioplina.



Grafikon 3. Udio organske tvari (%) u supstratima prije fermentacije

Kao što je vidljivo iz grafikona 4 udio organske tvari nakon fermentacije je značajno manji, pa tako prosjek kontrolnih skupina K1_1, K1_2 i K1_3 iznosi 58,34 %, dok prosjek kontrolnih skupina K2_1, K2_2 i K2_3 iznosi 58,20 %, a prosjek kontrolnih skupina K3_1, K3_2 i K3_3 iznosi 57,88 %. Prosjek eksperimentalnih skupina P1_1, P1_2 i P1_3 iznosi 64,70 %, P2_1, P2_2 i P2_3 iznosi 64 %, a P3_1, P3_2 i P3_3 iznosi 64,90 %.

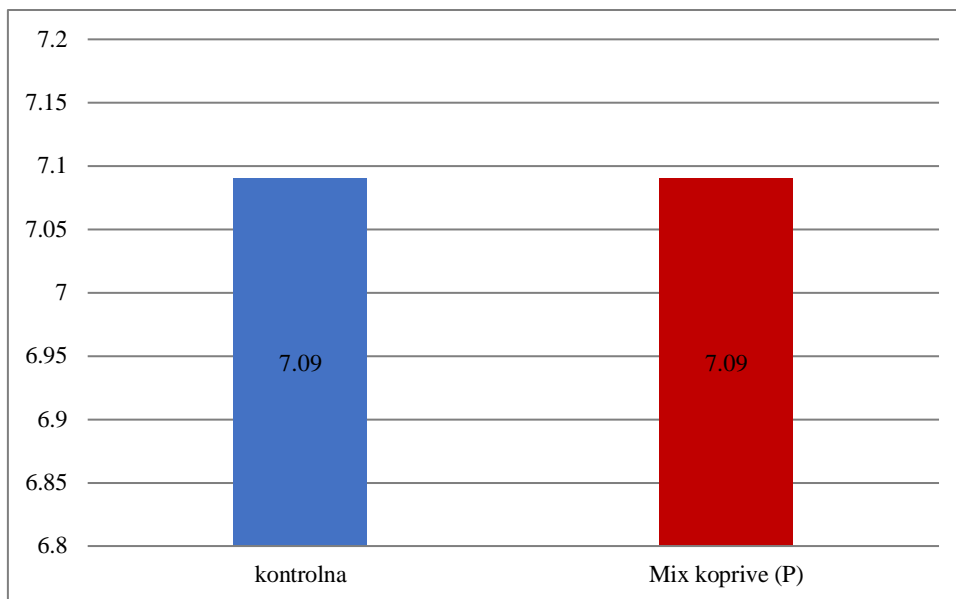


Grafikon 4. Udio organske tvari (%) nakon fermentacije

4.3. pH vrijednost u supstratima

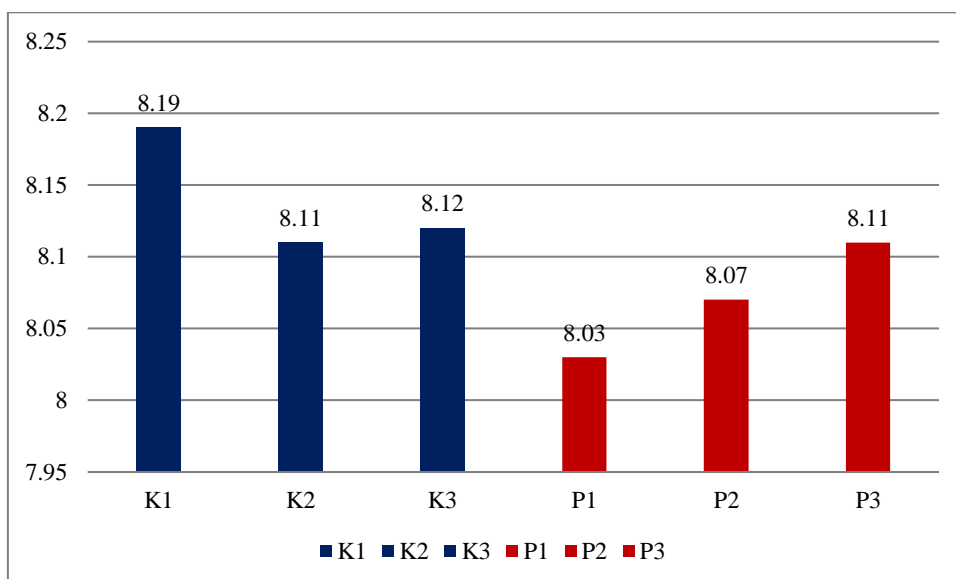
Metanogeni, odnosno mikrobi koji imaju ključnu ulogu u formiranju metana predstavljaju ključan segment u procesu metanogeneze. U razvoju spomenutog procesa vrlo bitnu ulogu ima i koncentracija pH. Metanogeneza predstavlja najsporiju biokemijsku reakciju u proizvodnji bioplina, te je ujedno ključni korak u procesu anaerobne razgradnje, a na sam proces vrlo važnu ulogu predstavljaju uvjeti medija.

Kako je vidljivo u grafikonu 5 pH vrijednost u kontrolnom uzorku prije fermentacije iznosi 7,09 što je jednako iznosu pH vrijednosti eksperimentalnog uzorka (mix koprive P).



Grafikon 5. pH vrijednost uzoraka prije fermentacije

Prosječna vrijednost pH nakon fermentacije u kontrolnoj grupi K1, K2 i K3 iznosi 8,14 što je za 12,9 % više nego u kontrolnoj grupi prije fermentacije. Prosječna vrijednost eksperimentalne grupe nakon fermentacije iznosi 8,07 što je u odnosu na eksperimentalnu grupu prije fermentacije poraslo za 12,14 %. Kako pH vrijednost varira u procesu anaerobne razgradnje u granicama između 6,6 do 8,2, pH vrijednost supstrata nema negativan utjecaj na spomenuti proces (Grafikon 6).



Grafikon 6. pH vrijednost uzoraka nakon fermentacije

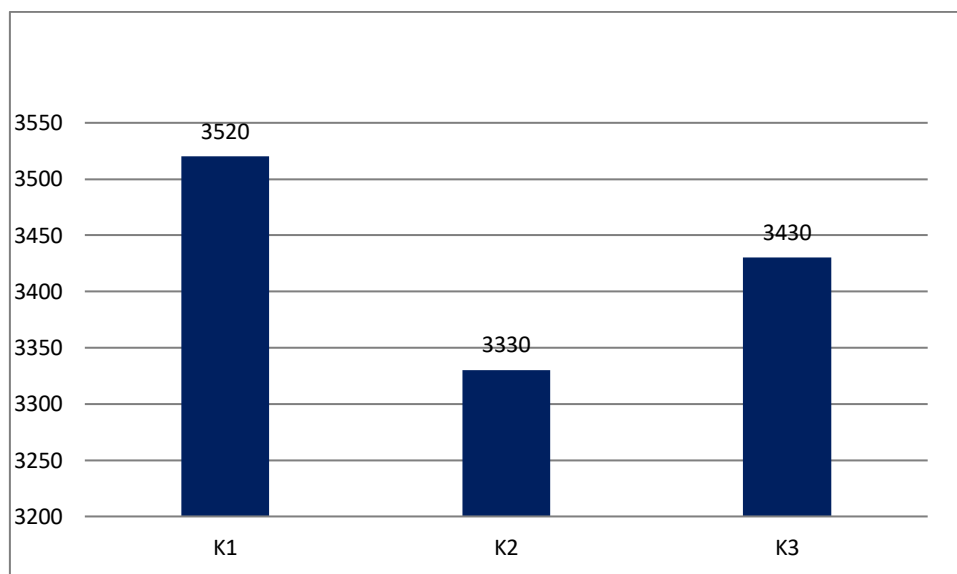
4.4. Količina proizvedenog plina

Biljka koprive zbog svog kemijskog sastava predstavlja dobar potencijal za proizvodnju bioplina.

Kako je vidljivo iz grafikona 7 ukupna količina plina u kontrolnim grupama iznosi 10.280 ml, dok je prosječna količina plina navedene grupe iznosi 3.426,66 ml. Također je vidljivo kako najveću količinu plina sadrži kontrolna grupa K1 a iznosi 3.520 ml, a najmanju količinu plina sadrži kontrolna grupa K2 u količini od 3.330 ml. Preostala kontrolna grupa K3 sadrži količinu plina u iznosu od 3.430 ml.

Kako bi smo dobili količinu plina po ml svake kontrolne grupe potrebno je podijeliti vrijednosti svake kontrolne grupe sa zapreminom supstrata koja iznosi 500 ml. Zbrojem dobivenih rezultata i izračunavanjem aritmetičke sredine dobit ćemo količinu plina od 6,85 ml/ml kontrolne grupe što se jasnije može vidjeti iz sljedećeg izračuna:

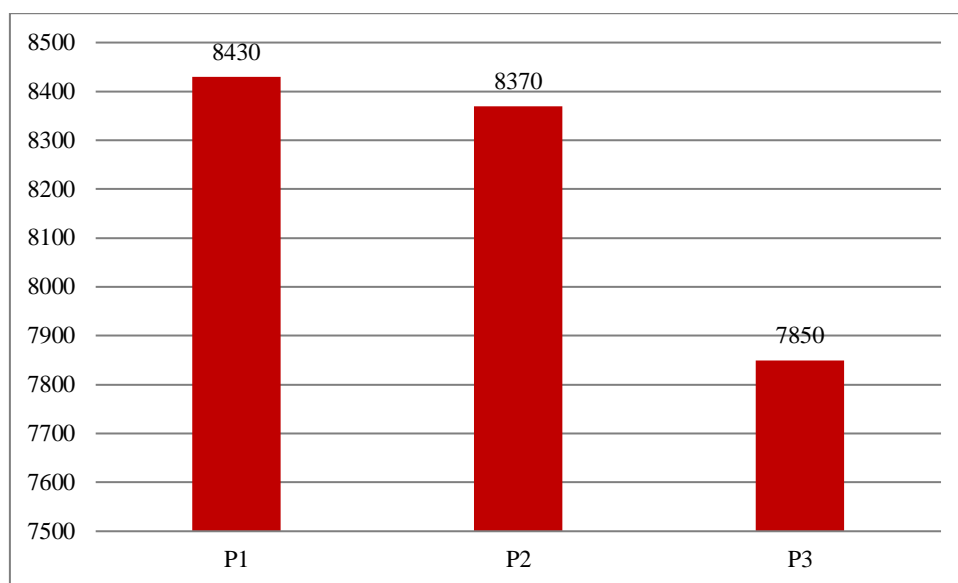
$$K1 / 500 + K2 / 500 + K3 / 500 + K4 / 500 = 6,85 \text{ ml}$$



Grafikon 7. Ukupna količina proizvedenog plina u kontrolnim grupama

Grafikon 8 prikazuje ukupnu količinu bioplina proizvedenog tijekom retencijskog vremena u trajanju od 35 dana nastalu iz 500 g supstrata. Od spomenutih 500 g supstrata 50 g zauzima biljka koprive, a 450 g odnosi se na goveđu gnojovku. Za vrijeme procesa anaerobne razgradnje proizvedeni se plin prikupljao u graduirane posude zapremnine od 2.000 ml kako bi se utvrdila dnevna dinamika proizvodnje bioplina.

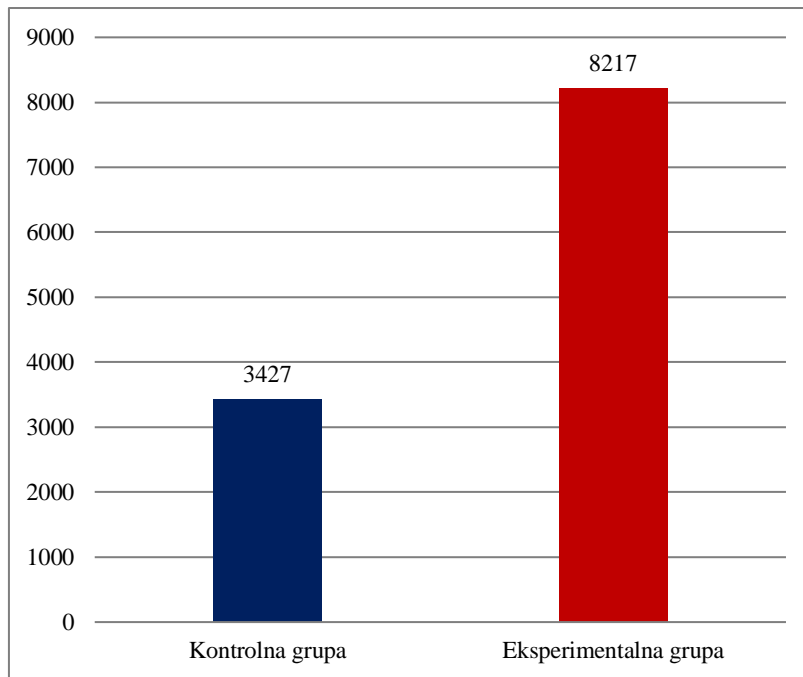
U eksperimentalnoj grupi ukupna količina plina iznosi 24.650 ml, dok je najveću količinu plina ostvarila eksperimentalna grupa P1 u iznosu od 8.430 ml. Kao eksperimentalna grupa sa najmanjom količinom plina je P3 u iznosu od 7.850 ml. Preostala eksperimentalna grupa je P2 i ona je ostvarila količinu plina od 8.370 ml. Iako je eksperimentalna grupa P3 ostvarila loš rezultat, ukupna količina plina u eksperimentalnoj grupi je veća od ukupne količine plina u kontrolnoj grupi za 58,3 %, odnosno za 14.370 ml.



Grafikon 8. Ukupna količina proizvedenog plina u eksperimentalnim grupama

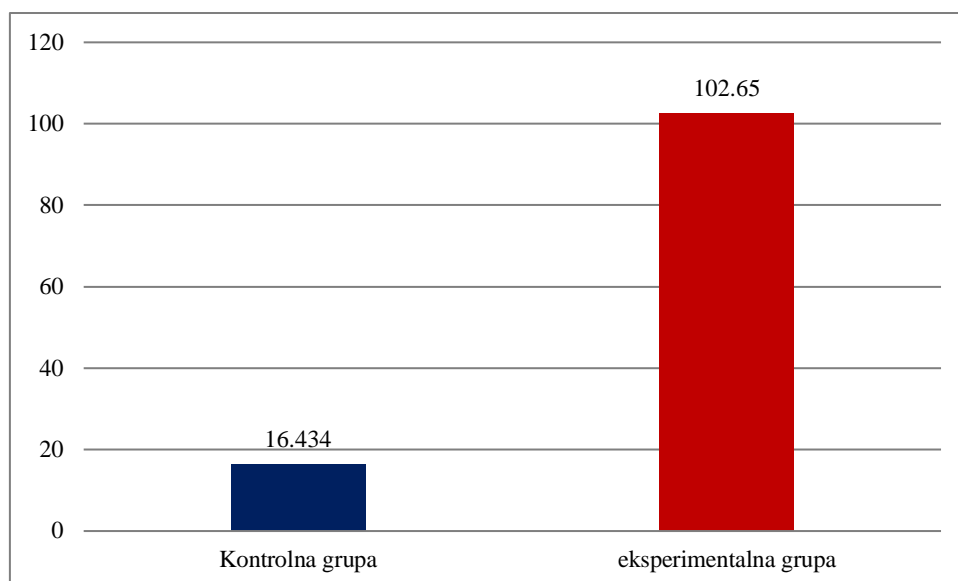
U obje grupe početni uzorci su sadržavali 500 g supstrata, odnosno kontrolna grupa sastojala se od 500 g goveđe gnojovke, dok je eksperimentalna grupa bila sačinjena od 450 g goveđe gnojovke i 50 g usitnjene biljke koprive. Količinu plina po ml eksperimentalne grupe računat ćemo na isti način kako smo radili i kod kontrolnog uzorka te dobiti količinu od 16,43 ml plina/g supstrata.

Kao što je vidljivo iz grafikona 9 prosječna vrijednost proizvedenog plina u eksperimentalnoj grupi (8.217 ml) je veća od prosječne vrijednosti proizvedenog plina u kontrolnoj grupi. Prosječna vrijednost proizvedenog plina eksperimentalne grupe veća je za 14.370 ml, što je razlika od 58,3 %.



Grafikon 9. Prosječna količina proizvedenog plina kontrolne i eksperimentalne grupe (ml)

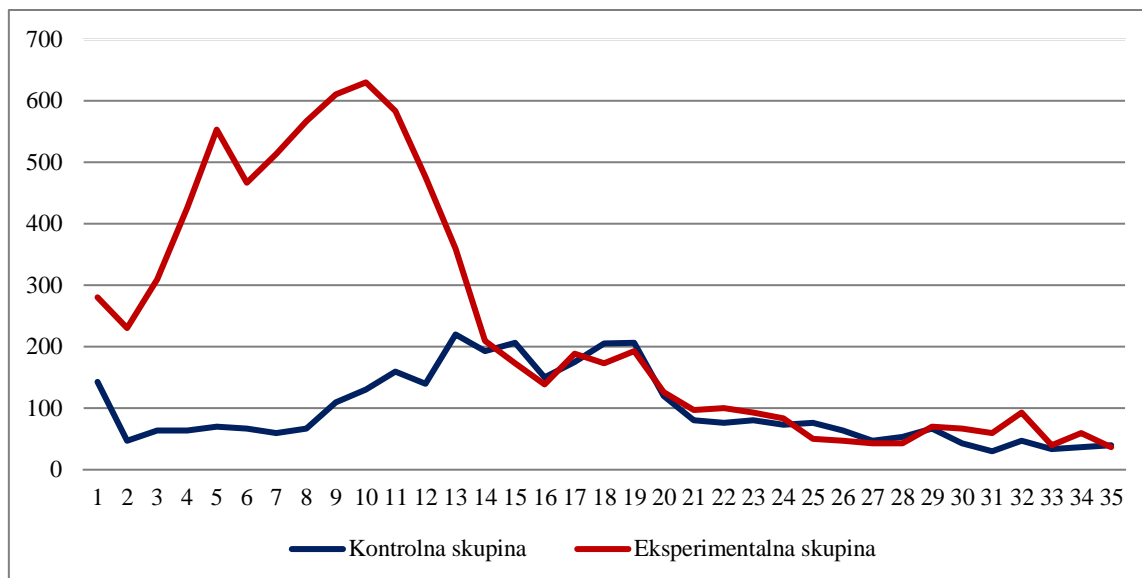
Koliki je doprinos biljke koprive u proizvodnji plina saznat ćemo na način da podijelimo prosječnu količinu proizvedenog plina sa početnih 500 g goveđe gnojovke kako bi smo dobili prosječnu količinu plina po 1 g kontrolnog uzorka, odnosno $3.427/500 = 6,85$ ml plina/g supstrata. Rezultat koji smo dobili, odnosno prosječnu količinu bioplina od 6,85 pomnožiti ćemo sa 450 g, te ćemo na taj način saznati koliko se plina od ukupnog sadržaja eksperimentalne grupe odnosi na goveđu gnojovku. Rezultat koji smo dobili iznosi 3.084,3 ml plina/450 g gnojovke. Nadalje, uzimamo prosječnu količinu plina eksperimentalne grupe (P1, P2 i P3), te ćemo od sve tri navedene grupe oduzeti prosječnu količinu plina iz 450 g goveđe gnojovke (3.048,3 ml) i na taj način dobiti podatak da eksperimentalna grupa P1 sadrži količinu od 5.345,7 ml plina/50 g biljke koprive, eksperimentalna grupa P2 sadrži količinu od 5.285,7 ml/50 g biljke koprive i eksperimentalna grupa P3 sadrži 4.765,7 ml/50 g biljke koprive. Kako bi došli do podatka koliko 1 g biljke koprive proizvede bioplina moramo izračunati aritmetičku sredinu od ova tri broja ($5.345,7 + 5.285,7 + 4.765,7 / 3 = 5.132,37$) te nju podijeliti s 50 g i dobit ćemo kako 1 g biljke koprive proizvede $102,65 \text{ m}^3$ bioplina/t biljke koprive (Grafikon 10).



Grafikon 10. Količina bioplina iz goveđe gnojovke i biljke koprive (m³/t)

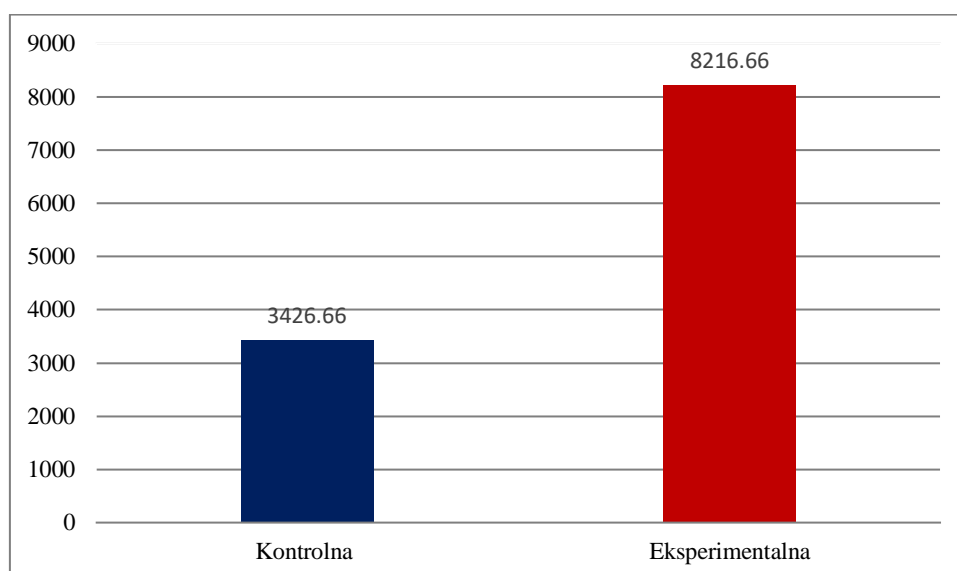
4.5. Dinamika proizvodnje plina

Iz grafikona 11 da se iščitati prosječna dnevna proizvodnja bioplina za vrijeme retencijskog perioda u trajanju od 35. dana. Vidljivo je kako je intenzitet stvaranja bioplina prilično neujednačen. Odstupanja u proizvodnji najbolje se primjećuju kako između početka i kraja procesa, tako i između eksperimentalne i kontrolne grupe. Kada govorimo o kontrolnoj grupi najveća prosječna proizvodnja je zabilježena između 13. i 19. dana, a kretala se između 220 i 206,66 ml plina dnevno. Najveća prosječna proizvodnja kod eksperimentalne grupe zabilježena je između 4. i 13. dana kada se kretala između 426,66 i 360 ml plina dnevno. Eksperimentalna grupa je svoju najveću prosječnu proizvodnju postigla 10. dana koja je iznosila 630 ml plina dnevno. Kontrolna grupa je svoju najveću prosječnu proizvodnju postigla 13. dana kada je iznosila 220ml plina dnevno. Najveća razlika proizvodnje između kontrolne i eksperimentalne grupe iznosila je 500 ml plina (K = 66,66 i P = 566,66) a odnosi se na 8. dan, što je povećanje od 8,5 puta. Nakon 13. dana proizvodnja plina između kontrolne i eksperimentalne grupe počinje se izjednačavati da bi 35. dana došla na razliku od samo 10 ml plina. Najveću proizvodnja plina na dnevnoj bazi kod kontrolne skupine ostvarili su uzorci K2 i K3 13. dana (240 ml), dok se najveća proizvodnja plina kod eksperimentalne grupe na dnevnoj bazi odnosila na uzorak P2 10. dana (710 ml).



Grafikon 11. Dinamika proizvodnje bioplina u ml/dan po prosječnim vrijednostima kontrolne i eksperimentalne grupe

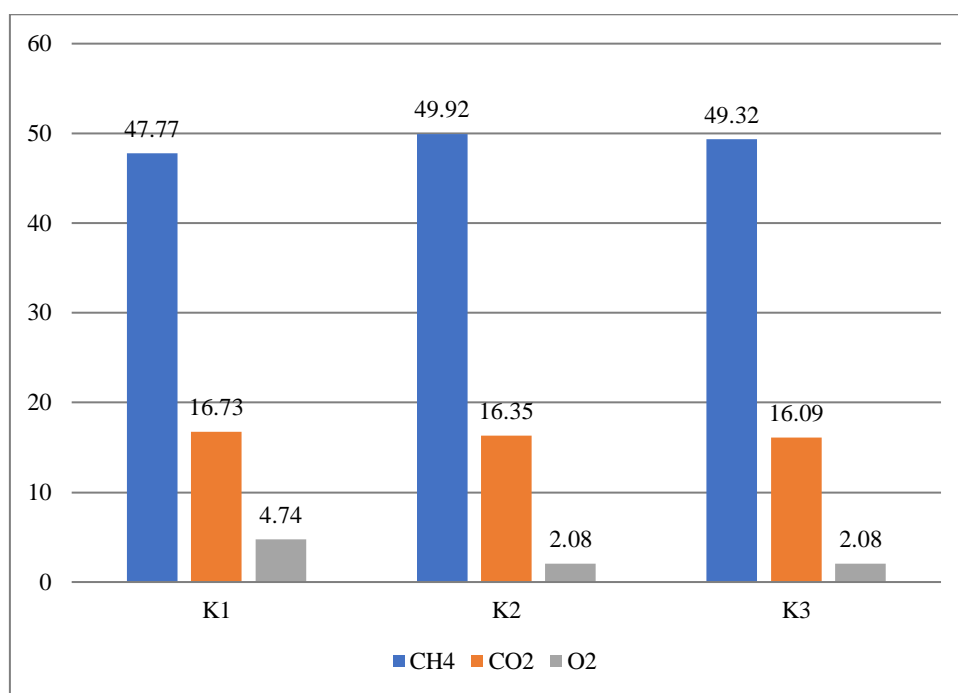
Prosječni dnevni prinos bioplina kod kontrolnih grupa iznosi 3.426,66 ml što je 4.790 ml (58,3 %) manje u usporedbi sa eksperimentalnom grupom čiji prosječni dnevni prinos bioplina iznosi 8.216,66 (Grafikon 12).



Grafikon 12. Prosječna dnevna proizvodnja plina kontrolne i eksperimentalne grupe (ml)

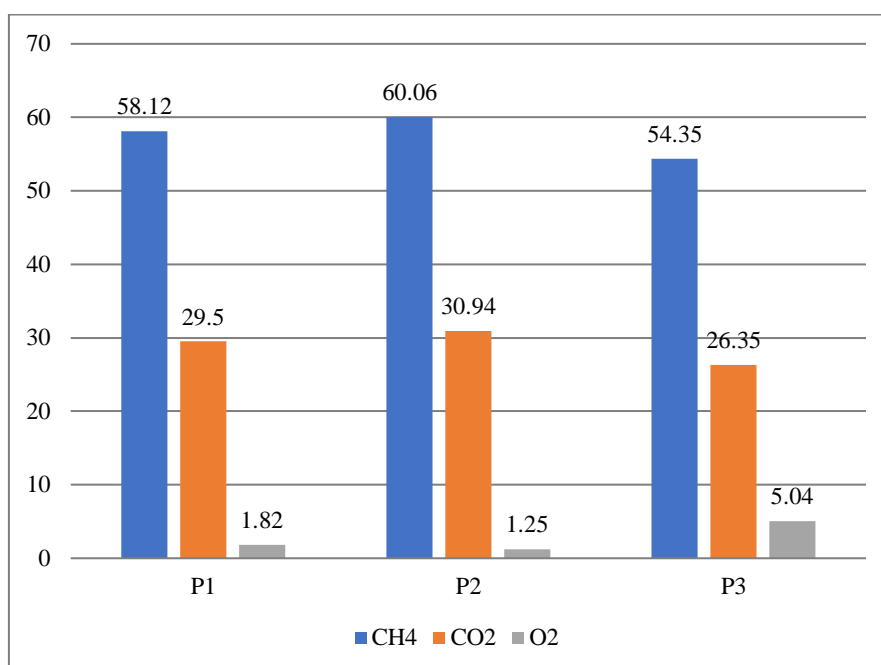
4.6. Sastav bioplina

Na sastav bioplina utječu brojni čimbenici poput temperature, pH, retencijskog perioda, opskrbljenosti hranjivima što je opširnije objašnjeno prethodno u tekstu u parametrima anaerobne digestije (str. 11.). U grafikonu 13 možemo vidjeti koje su komponente dobivenog bioplina i koja je njihova vrijednost. Shodno tome možemo iščitati kako je najveća koncentracija CH₄ ostvarila kontrolna grupa K₂, a iznosi 49,92 %. Nadalje, najnižu koncentraciju CH₄ ostvarila je kontrolna grupa K₁, a iznosi 47,77 %. preostala kontrolna grupa K₃ ostvarila je koncentraciju CH₄ od 49,32 %, iz čega možemo zaključiti kako su koncentracije metana u svim kontrolnim grupama približno jednake. CO₂ je također u svim kontrolnim skupinama ostvario približno iste rezultate, pa je tako najveću koncentraciju ugljikovog dioksida ostvarila kontrolna skupina P₁ od 16,73 %. Najnižu koncentraciju CO₂ ostvarila je kontrolna grupa K₃ od 16,09 %, a kontrolna grupa K₂ ostvarila je koncentraciju CO₂ u iznosu od 16,35 %. Kada govorimo o koncentracijama kisika u kontrolnim skupinama niti one se bitno ne razlikuju, pa je tako najveću koncentraciju O₂ ostvarila kontrolna skupina P₁ od 4,74 %, dok su kontrolne skupine K₂ i K₃ ostvarile koncentraciji O₂ u iznosu od 2,08 %.



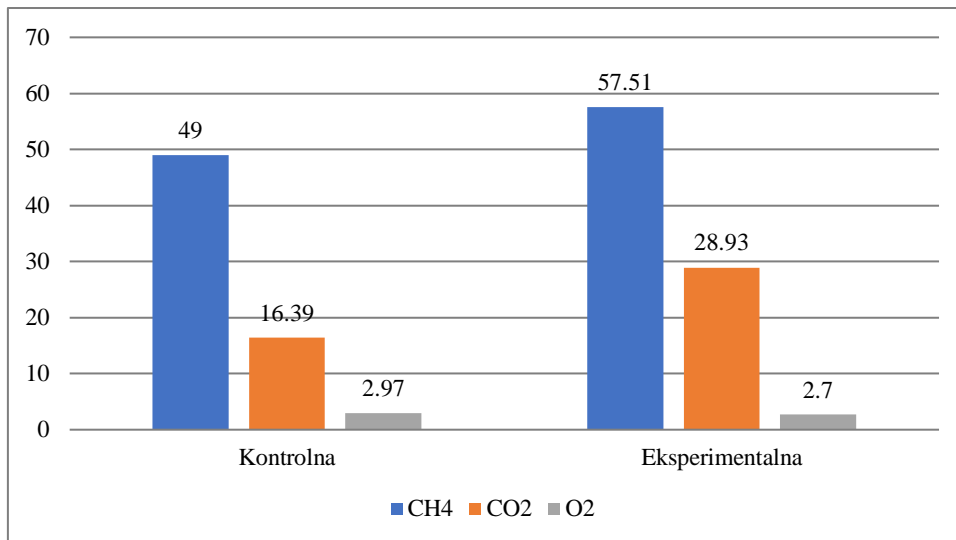
Grafikon 13. Sastav plina u kontrolnim Grupama (%)

Kod eksperimentalne skupine najveću koncentraciju metana ostvarila je eksperimentalna grupa P2 od 60,06 %, dok je najnižu koncentraciju CH₄ ostvarila eksperimentalna grupa P3 od 54,35 %. Kako je eksperimentalna grupa P1 ostvarila koncentraciju od 58,12 %, možemo zaključiti da su koncentracije metana u eksperimentalnim grupama također približno jednake. Ugljikov dioksid najveću je koncentraciju ostvario u eksperimentalnoj grupi P2 u iznosu od 30,94 %, a najmanju u eksperimentalnoj grupi P3 od 26,35 %. eksperimentalna grupa P1 ostvarila je koncentraciju CO₂ od 29,5 %. O₂ u eksperimentalnim skupinama najveću je koncentraciju ostvario u eksperimentalnoj grupi P3 koja iznosi 5,04 %, dok je najnižu koncentraciju kisika ostvarila eksperimentalna skupina P2 a iznosi 1,25 %. eksperimentalna grupa P1 sadržavala je koncentraciju kisika od 1,82 % (Grafikon 14).



Grafikon 14. Sastav plina eksperimentalnih grupa (%)

Ako usporedimo prosječne vrijednosti svake pojedine komponente plina između kontrolnih i eksperimentalnih skupina jasno je vidljivo kako se udio metana u eksperimentalnim skupinama povećao za 8,51 %. isto tako, udio ugljikovog dioksida u eksperimentalnim skupinama povećao se za 12,54 %, dok se udio kisika eksperimentalne skupine smanjio u odnosu na kontrolnu skupinu u iznosu od 0,27 % (Grafikon 15).



Grafikon 15. Prosječna vrijednost sastava plina kontrolnih i eksperimentalnih skupina (%)

Plin koji nastaje u procesu anaerobne digestije osim što sadrži metan, ugljikov dioksid, vodik, dušik, kisik, često sadrži i sumporovodik. Ovaj anorganski spoj osim što je neugodnog mirisa može dovesti i do korozije. Kako ne bi dolazilo do kvarova i zastoja koje mogu uzrokovati korodirani dijelovi turbina i motora u bioplinskom postrojenju, te kako bi se spaljivanje bioplina moglo odvijati bez problema, eksploatator bioplinskog postrojenja bi se trebao usmjeriti na uklanjanje H_2S . Upravo zbog mogućih kvarova i zastoja uzrokovanih popravcima koji bi dovodili do gubitaka u proizvodnji energije, kao i gubitaka vezanih za troškove saniranja skupih uređaja, proizvođači uređaja za spaljivanje bioplina određuju gornju granicu sadržaja sumporovodika. S obzirom na procese nastajanja bioplina sadržaj sumporovodika često prelazi dopuštenu granicu. Kao najjednostavniji i najefikasniji način smanjivanja količine sumporovodika navodi se primjena aktivnog ugljena koji reducira njegovu razinu.

Kod kontrolnih skupina najveću koncentraciju H_2S sadržavala je kontrolna grupa K1 koja je iznosila 1,33 ppm, dok je najnižu koncentraciju sumporovodika ostvarila kontrolna grupa K2 u iznosu od 1 ppm. Kontrolna grupa K3 sadržavala je koncentraciju od 0,33 ppm. Kada govorimo o eksperimentalnoj skupini najvišu koncentraciju je ostvarila eksperimentalna grupa P2 u iznosu od 541,17 ppm, dok je najniža koncentracija H_2S izmjerena u eksperimentalnoj grupi P3 od 320,17 ppm. Eksperimentalna grupa P1 ostvarila je koncentraciju H_2S od 461,83 ppm. Kada bi usporedili prosječne vrijednosti sumporovodika između kontrolnih i eksperimentalnih skupina vidljiva je drastična razlika u njihovim koncentracijama, pa je tako količina sumporovodika u eksperimentalnoj skupini veća za 438,4 ppm u odnosu na kontrolnu skupinu.

5. RASPRAVA

Prema rezultatima istraživanja u svrhu utvrđivanja bioplinskog potencijala koprive (*Urtica dioica* L.) možemo primijetiti kako je kopriva kao sirovina za proizvodnju bioplina ostvarila solidne rezultate. Iako, uspoređujući prinose bioplina kao i koncentraciju metana u istom sa sirovinama poput kukuruzne silaže i žitarica, možemo utvrditi kako su oni i dalje bolji izvor, te kao takvi jedni od najkorištenijih sirovina za dobivanje bioplina. Jedna od najboljih sirovina za dobivanje bioplina su žitarice s prinosom plina od 620 m³/t i udjelom metana (CH₄) od 329 m³/t (Špicnagel, 2014.). Iako su žitarice kako je vidljivo izvrsna sirovina za proizvodnju bioplina, dovodi se u pitanje koliko su kao takve prihvatljive s obzirom na to da predstavljaju jedne od glavnih namirnica za prehranu ljudi. Kopriva (*Urtica dioica* L.), iako se, kako je vidljivo iz prethodnog teksta uz širok spektar namjene koristi i u prehrani ljudi, to joj nije primarna upotreba. S obzirom na to da kopriva raste dosta sporo, puni prinos se može očekivati tek druge godine koji bi prema procjeni iznosio 10 – 15 t/ha svježe koprive. Prednost koprive je ta što su joj zahtjevi uzgoja, rast kao i cijena proizvodnje relativno mali pa bi tako kopriva bila idealna sirovina za proizvodnju bioplina. Prema istraživanju, iz jedne tone svježe biljke koprive (*Urtica dioica* L.) dobije se 102,65 m³ bioplina. Kako bi dobili koliko je to m³ bioplina/kg suhe organske tvari, 102,65 m³ bioplina trebamo podijeliti sa 239,6 (iznos suhe tvari koprivinog supstrata), i dobijemo da je to 0,43 m³ bioplina/kg suhe organske tvari. Nadalje, udio metana/kg suhe organske tvari izračunavamo na način da 0,43 m³ bioplina/kg suhe organske tvari pomnožimo sa 0,57 (Prosječna vrijednost CH₄ eksperimentalne skupine) i dobijemo rezultat od 0,25 m³ CH₄/kg suhe organske tvari (250 m³ CH₄/t suhe organske tvari). Energetska vrijednost bioplina se računa kao 6,4 kW iz 1 m³ bioplina, od čega se 2 kW odnosi na električnu energiju, 2,2 kW na toplinsku energiju, dok se preostala 2,2 kW otpadaju na rad motora, toplinsku energiju koja nije iskorištena i slično. Na osnovu navedenog možemo izračunati da se iz jedne tone koprive može proizvesti 225,83 kW toplinske energije i 205,3 kW električne energije. Kada uzmemo u obzir da je otkupna cijena električne energije iz bioplinskog postrojenja 1,20 kn, a otkupna cijena toplinske energije 0,60 kn (tablica 5) možemo izračunati da se iz jedne tone svježe koprive može dobiti 135,50 kn za toplinsku energiju i 246,36 kn za električnu energiju.

Cijena suhe biljke koprive kreće se oko 7 kn/kg, a shodno tome cijenu svježe koprive izračunavamo na način da 7 kn dijelimo sa 4,17 (zato što udio suhe tvari ispitivane koprive iznosi 23,96 %), te dobijemo da je cijena 1 kg svježe koprive 1,67 kn. Da bi smo dobili kolika je cijena toplinske energije po hektaru svježe koprive 135,50 kn svježe koprive po jednoj toni

množimo sa prosječnim prinosom svježe koprive od 12,5 t/ha i dobijemo da bi po jednom hektaru svježe koprive dobili 1.693,75 kn. Isto tako, da bi smo dobili kolika je cijena električne energije po hektaru svježe koprive 246,36 množimo sa 12,5 i dobijemo da bi po jednom hektaru svježe koprive dobili 3.079,50 kn. S obzirom da je cijena svježe koprive 1,67 kn/kg, uz ranije navedene prinose možemo izračunati da po jednom hektaru svježe koprive, ako je ne budemo koristili za proizvodnju bioplina možemo zaraditi 20.875 kn/ha, što proizvodnju bioplina iz biljke koprive čini nerentabilnom.

Tablica 5. Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije.

Tip postrojenja	Cijena (kn)
a.1. sunčane elektrane instalirane snage do uključivo 10 kW	
a.2. sunčane elektrane instalirane snage veće od 10 kW do uključivo 30 kW	3,40
a.3. sunčane elektrane instalirane snage veće od 30 kW	3
b. hidroelektrane	2,10
c. vjetroelektrane	0,69
d. elektrane na biomasu	0,64
d.1. kruta biomasa iz šumarstva i poljoprivrede (granjevina, slama, koštice...)	1,20
d.2. kruta biomasa iz drvno-prerađivačke industrije (kora, piljevina, sječka...)	0,95
e. geotermalne elektrane	1,26
f. elektrane na bioplin iz poljoprivrednih nasada (kukuruzna silaža...) te organskih ostataka i otpada iz poljoprivrede i prehrambeno-prerađivačke industrije (kukuruzna silaža, stajski gnoj, klaonički otpad, otpad iz proizvodnje biogoriva...)	1,20
g. elektrane na tekuća biogoriva	0,36
h. elektrane na deponijski plin i plin iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda	0,36
i. elektrane na ostale obnovljive izvore (morski valovi, plima i oseka...)	0,60

Izvor: http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_03_33_1082.html

6. ZAKLJUČAK

Činjenica je kako niti jedna grana gospodarstva ne može funkcionirati bez neograničenog pristupa energiji, koji je nažalost i dalje ovisan o neobnovljivim izvorima energije. Stoga, kako bi se smanjila ta ovisnost, treba u što većoj mjeri poticati ulaganja u obnovljive izvore energije. Iako se obnovljivi izvori energije u procesima pretvorbe troše, oni su nam na raspolaganju u neograničenim količinama što znači da se njihove količine samo privremeno iscrpljuju, odnosno uvijek ih je moguće nadoknaditi ili obnoviti. Iskorištavanje nusproizvoda iz poljoprivrede kao i kultura koje nisu primarna sirovina u ljudskoj prehrani kao ulaznih sirovina za proizvodnju bioplina, osim što bi zatvorilo ciklus od proizvodnje hrane do proizvodnje energije, ujedno bi utjecalo i na smanjenje konvencionalnih izvora energije. Osim resursa iz poljoprivrednog sektora trebalo bi se usmjeriti i na ostale obnovljive izvore energije poput energije sunca, vjetra, vode kao i na biomasu koja ne spada u poljoprivredni sektor.

Kako biomasa predstavlja vrlo bitan resurs u proizvodnji energije, cilj istraživanja je bio utvrditi bioplinski potencijal koprive (*Urtica dioica* L.) kao biomase za proizvodnju električne i toplinske energije. Rezultati istraživanja su pokazali kako je kopriva kao sirovina za proizvodnju bioplina dobar izbor, te kako ju se može proizvoditi i koristiti za proizvodnju toplinske i električne energije. Eksperimentalna grupa gledajući prosječnu proizvodnju plina ostvarila je rezultat od 8.217 ml što je za 58,3 % više od prosječne proizvodnje kontrolne grupe (3.426,66 ml). Prosječna pH vrijednost eksperimentalne grupe nakon fermentacije iznosila je 8,07 što je za 0,98 više u odnosu na pH vrijednost eksperimentalne grupe prije fermentacije (7,09), dok je pH kod kontrolne grupe sa 7,09 prije fermentacije porasla na 8,14 što je u optimalnim granicama. Što se tiče bioplina, sastav je bio podjednak i kod kontrolnih i kod eksperimentalnih grupa, te je prosječna koncentracija metana (CH₄) kod eksperimentalnih grupa iznosila 57,51 %, dok je kod kontrolnih grupa iznosila 49 %. Prosječni udio ugljikovog dioksida (CO₂) u eksperimentalnoj grupi je iznosio 28,93 %, dok je u kontrolnoj grupi iznosio 16,27 %. Kada gledamo prosječne udjele kisika (O₂), u eksperimentalnoj grupi su iznosili 2,70 % a u kontrolnoj grupi 2,97 %. Rezultati istraživanja su pokazali da se po jednom hektaru svježe koprive može dobiti 1.693,75 kn toplinske energije i 3.079,50 kn električne energije što kad bi se zbrojilo (4.773,25 kn) ne bi nadmašilo cijenu od 20.875 kn/ha svježe koprive koliko se može dobiti ako se ne bude koristila za proizvodnju bioplina. Iako je kopriva prema istraživanju ostvarila dobre rezultate i kao takva predstavlja dobar potencijal za proizvodnju bioplina, sa ekonomskog aspekta njena proizvodnja u tom smjeru nije rentabilna.

7. POPIS LITERATURE

1. Adhikari BM., Bajracharya A., Shrestha AK., (2016.): Usporedba hranjivih svojstava brašna koprive (*Urtica dioica*) s pšeničnim i ječmenim brašnom Food Sci Nutr , 4, str. 119 – 124.
2. Al Seadi T., Rutz D., Prassl H., Köttner M., Finsterwalder T., Volk S., Janssen R., (2008.): Priručnik za bioplin. str. 17, 18, 22. https://www.bigeast.eu/croatia/handbook/Prirucnik_za_bioplin_w%5B1%5D.pdf (pristupljeno: 23.04. 2021.).
3. Angelidaki, I. et al., (2004.), Environmental Biotechnology. AD – Biogas Production. Environment & Resources DTU, Technical University of Denmark.
4. Anonimno. (1993.): Sažetak Svjetske zdravstvene organizacije smjernica SZO-a za procjenu biljnih lijekova. Gram, 28, 13 - 14 .
5. Asgarpanah, J., Mohajerani, R. (2012.): Phytochemistry and pharmacologic properties of *Urtica dioica* L. J. Med. Plants Res. 6, 46: 5714-5719.
6. Bacovsky D., Ludwiczek N., Ognissanto M., Wörgetter M., (2013.): Status of Advanced Biofuels: A report to IEA bioenergy task 39.
7. Baker JT., Borris RP., Carté B., Cordell GA., Soejarto DD., Cragg GM., Gupta MP., Iwu MM., Madulid DR., Tyler VE., (1995.): Otkrivanje i razvoj lijekova od prirodnih proizvoda: nove perspektive međunarodne suradnje. J Nat Prod, 58, 1325 - 1357.
8. Basu P., (2013.): „Biomass Gasification“, Pyrolysis, and Torrefaction, Elsevier International, USA.
9. Bisht S., Bhandari S., Bisht N.S. (2012.). *Urtica dioica* (L.): an undervalued, economically important plant. Agricultural Science Research Journals. 2(5): 250-252.
10. Bonneti, G., Tadeschi, P., Meca, G., Bartelli, D., Manes, J., Brandolini, V., Maietti, A. (2016.): In vitro bioaccessibility, transepithelial transport and antioxidant activity of *Urtica dioica* L. phenolic compounds in nettle based food products. Food Funct 7, 4222-4230.
11. Boroujerdnia, M., Alemzadeh Ansari, N., Sedighie Dehcordie, F. (2007.). Effect of Cultivars, Harvesting Time and Level of Nitrogen Fertilizer on Nitrate and Nitrite Content, Yield in Romaine Lettuce. Asian Journal of Plant Sciences 6(3): 550-553.
12. Brdarić D., Kralik D., Kukić S., Spajić R., Tunjić G., (2009.): Konverzija organskog gnoja u bioplin., Izvorni znanstveni članak., 29. listopada 2009.

13. Chattopadhyay S., Mukerji A., Sen R., (2009.): Biofuels. U: Biotechnology for agro-industrial residues utilisation, Nigam P. S., Pandey A., ur., Springer Netherlands, 61-76.
14. Chaudhary L., Pradhan P., Soni N., Singh P., Tiwari A., (2014.): Algae as a Feedstock for Bioethanol Production: New Entrance in Biofuel World. In J Chemtech Res 6: 13811389.
15. Cvjetković S., Gantner R., Spajić R., Kundih K., Bukvić G., Stanisavljević A., (2014.): Sadržaj biljnih hraniva u goveđem stajskom gnoju i svinjskoj gnojovci., 49. hrvatski i 9. međunarodni simpozij agronoma., Dubrovnik ., Hrvatska.
16. Di Tizio, A., Łuczaj, Ł., Quave, C. L., Redžić, S., Pieroni, A. (2012.): Traditional food and herbal uses of wild plants in the ancient South-Slavic diaspora of Mundimitar/Montemitro (Southern Italy), Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, vol. 8, article 21.
17. Di Virgilio, N., Papazoglou, E.G., Jankauskiene, Z., Di Lonardo, S., Praczyk, M., Wielgusz, K., (2015.): The potential of stinging nettle (*Urtica dioica* L.) as a crop with multiple uses. Ind., Crops Prod. 68, 9–42.
18. Dreyer J., Müssing J., (2000.): New hiroyons in natural fiber production: retting and nettle with enzymes. 3rd International Symposium Bioresouce Hemp and Other Fibre Plants. Sempember 13-16, Wolsburg, Germany.
19. Dunović M., (2011.): Energetsko pitanje u Europskoj uniji – Geopolitika EU u kontekstu energetske izvora i energetske učinkovitosti, str. 59., Split: Protuđer.
20. Đulabić, M. (1986.): Biogas, dobijanje, korišćenje i gradnja uređaja, Tehnička knjiga, Beograd.
21. Edmeades D. C. (2003.): The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a review. Nutrient Cycling in Agroecosystems 66: 165–180.
22. Ernst, E., Pittler, M. H., Wider, B. (2006.): The desktop guide to complementary and alternative medicine: an evidence-based approach, Elsevier Health, Philadelphia, str. 443.
23. Forenbacher, S. (1998.): Otrovnne biljke i biljna orovanja životinja. Školska knjiga, Zagreb.
24. Franjić, J., Škvorc, Ž. (2014.): Šumsko zeljasto bilje. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.

25. Fu, H., Chen, S., Chen, Ruei, Ding, W., Kuo-Hurang, L., Huang, R. (2006.): Identification of oxalic acid and tartaric acid as major persistent pain-inducing toxins in the stinging hairs of the nettle. *Ann Bot-London*, 57-65.
26. Gadžo, D., Đikić, M., Jovović, Z., & Mijić, A. (2017.). *Alternativni ratarski usjevi*. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.
27. Galambosi, Zs., Galambosi, B. (2001.): Elaboration of nettle (*Urtica dioica* L.) field growing techniques in Finland, poster.
28. Galle Toplak, K., (2016.): *Domaće ljekovito bilje*. Mozaik knjiga, Zagreb.
29. Grieve M., (1931.): *A modern herbal*, 3. izd., Tiger Books Int., London, str. 912.
30. Grupa autora, (2008.): *Prirodni lijekovi*. Vodič kroz ljekovito bilje i njegovu primjenu. Mozaik knjiga, Zagreb.
31. Guil-Guerrero, J.L., Reboloso-Fuentes, M.M., Torija Isasa, M.E. (2003.): Fatty acids and carotenoids from Stinging Nettle (*Urtica dioica* L.). *J. Food Compos. Anal.* 16, 9-111.
32. Hadizadeh, I., Peivastegen, B., Kolahi, M. (2009.). Antifungal activity of nettle (*Urtica dioica* L.), colocynth (*Citrullus colocynthis* L.Schrad), oleander (*Nerium oleander* L.) and konar (*Ziziphus spina-christi* L.) extracts on plants pathogenic fungi. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 12(1): 58-63.
33. Hashemi SH., Soleimanifar A., Sharifi SD., Vakili N., (2018.): Učinci promicanja rasta sušenih ekstrakata koprive i njegov utjecaj na hematologiju i titriranje protutijela u pilića brojlera *Int. J. Anim. Sci.*, str. 1016.
34. HMPC (Committee on herbal medicinal products), (2012.): *Assesment report on Urtica dioica* L., *Urtica urens* L., their hybrids or their mixtures, radix. European Medicines Agency. London.
35. Hulina N., (1988.): *Korovi*, Zagreb: Školska knjiga., ISBN:953-0-3117-6.
36. Hulina N., (2011.): *Više biljke stablašice*. Sistematika i gospodarsko značenje. Golden marketing-Tehnička knjiga, Zagreb.
37. Ivanović M., Glavaš H., Vukobratović M., (2017.): *Bioplinske elektrane u Slavoniji i Baranji*. U: Pero Raos, Tomisla Galeta, Dražen Kozak, Marija Raos, Josip Stojšić, Zlatko Tonković (ur.) *Zbornik radova 15. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi* ; 8. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi.
38. Joshi, B., Mukhija, M., Kalia, A. (2014.): Pharmacognostical review of *Urtica dioica* L. *Int Jour of Green Pharmacy*, str. 16, 201-207.

39. Knežević, M. (2006.): Atlas korovne, ruderalne i travnjačke flore. Osijek: Poljoprivredni fakultet, str. 290.
40. Kougias PG., Angelidaki I. (2018.): Bioplin i njegove mogućnosti., *Granice znanosti o okolišu i inženjerstva* 12., Broj članka: 14.
41. Kregiel, D., Pawlikowska, E., Antolak, H. (2018.): *Urtica* spp.: Ordinary plants with extraordinary properties. *Molecules* 23, 1–21.
42. Kralik D., Tolušić Z., Kralik I., Majkovčan I. (2006.): Zootehnički i ekonomski aspekti proizvodnje bioplina iz svinjske gnojovke. *Krmiva* 48, Zagreb, 3:107-112.
43. Krystofova, O., Adam, V., Babula, P., Zehnalek, J., Beklova, M., Havel, L., Kizek, R. (2010.): Effects of various doses of selenite on stinging nettle (*Urtica dioica* L.) *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 7:3804–3815.
44. Kusch S i Morar M., (2009.): Integration of Lignocellulosic Biomass into Renewable Energy Generation Concepts. *ProEnvironment*, 2: 32–37.
45. Labudović B., (2002.): *Obnovljivi izvori energije*, Zagreb: Energetika marketing d.o.o., str. 333.
46. MacVicar, J. (2006.): *Ljekovito i začinsko bilje*. Rijeka: Naklada Uliks, str. 95-96.
47. Majkovčan I., Kralik D., Kukić S., Spajić R., Lamza S., Jovičić., (2010.): Utjecaj suhe tvari na sastav bioplina proizvedenog iz svinjske gnojovke., *Krmiva* 52 (2010.), Zagreb, 1; 15-20.
48. Medved, I., (2018.): Sve o uzgoju koprive. Dostupno na: <https://www.agroportal.hr/ljekovite-biljke/13676> (Pristupljeno: 28.04.2021.).
49. Mirecki, N., Wehinger, T., Repič, P., Jaklič, M., (2011.): Priručnik za organsku proizvodnju - za osoblje savjetodavne službe. Biotehnički fakultet Podgorica. 192 str.
50. Nikolić, T., Kovačić, S. (2008.): *Flora Medvednice. 250 najčešćih vrsta Zagrebske gore*.
51. Nikolić, T. (2013.): *Sistematska botanika. Raznolikost i evolucija biljnog svijeta*. Alfa, Zagreb.
52. Nozzi NE., Oliver JWK., Atsumi S., (2013.): Cyanobacteria as a Platform for Biofuel Production. *Front Bioeng Biotechnol* 1: 7.
53. Omeradić N., (2020.): Anaerobnom digestijom do visokovrijednog organskog gnojiva., *Hrvatske vode* 28 (2020) 111.
54. Osman Z., (2015.): *Projekt bioplinskog postrojenja*. Diplomski rad. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb.
55. Otles, S., Yalcin, B. (2012.): Phenolic compounds analysis of root, stalk, and leaves of nettle. *Sci. World J.*, 1-12.

56. Peterson, R., Jensen, P. (1985.): Effects of nettle water on growth and mineral nutrition of plants. I. Composition and properties of nettle water. *Biological agriculture & Horticulture: An international Journal for sustainable production systems*, 2(4): 303-314.
57. Petravić-Tominac V., Nastav, N., Buljubašić M., Šantek B., (2020.): Current state of biogas production in Croatia. *Energy, Sustainability and Society* (2020) 10: 8.
58. Radman S., Žutić I., Fabek S., Toth N., Benko B., Čoga L., (2015.): Utjecaj načina razmnožavanja i gnojidbe na kemijski sastav i prinos koprive., Section 4 . *Vegetable Growing, Ornamental, Aromatic and Medicinal Plants., Proceedings: 51st Croatian and 11th International Symposium on Agriculture. Opatija. Croatia* (192-196).
59. Reppas N. B., Sholl M., Kosuri S., Green B. D., Ridley C. P., Skraly F. A., Robertson D. E., Berry D. A., Afeyan N. B., (2012.): Engineered CO₂ fixing microorganisms producing carbon-based products of interest, US Patent br. 8 227 237.
60. Rogošić, J. (2011.): *Bilinear cvjetnjača hrvatske flore s ključem za određivanje bilja.* Sveučilište Zadar, Suton tisak, Split.
61. Rujnić-Sokele M., (2011.): Jesu li biogoriva dobra ili loša za okoliš?, *Zaštita okoliša i zdravlja., Polimeri.*, 32(2011)1.
62. Rutto L. K., Xu Y., Ramirez E., Brandt M., (2013.): Mineral properties and dietary value of raw and processed stinging nettle (*Urtica dioica* L.) *Int. J. Food Sci.*, p. 857120.
63. Said A. A. H., Otmani I. S. E., Derfoufi S., Benmoussa A., (2015.): Highlights on nutritional and therapeutic value of stinging nettle (*Urtica dioica*) *Int. J. Pharm. Sci.*, 7., pp. 8-14.
64. Sapkota, T.B., Shrestha, S.M., Khatri-Chettri, G.B. (2002.): Potential use of nettle (*Urtica dioica* L.) extracts for management of alternaria blight of radish. *Tropical agricultural research*, 14: 165-173.
65. Savković, D. (2017.): *Enciklopedija ljekovitog, korisnog i medonosnog bilja.* Zagreb, Begen, str. 302.
66. Scarlat N., Dallemand J. F., Fahl F., (2018.): Biogas: Developments and perspectives in Europe., *Renewable Energy* 129 (2018) pp 457-472.
67. Schafner, W., Häfelfinger, B., Ernst, B. (2004.): *Ljekovito bilje kompendij.* Rijeka, Leocommerce, str. 282-283.
68. Sinčić D., (2014.): *Kemijsko-inženjerski aspekti proizvodnje biodizela., I. Biogoriva, svojstva biodizela i osnove proizvodne tehnologije., Kem. Ind.* 63 (1-2) 19–31.

69. Singh R., Dar SA., Sharma P., (2012.): Antibakterijsko djelovanje i toksikološka procjena polupročišćenog ekstrakta heksana listova *Urtica dioica* Res J Med Plants, 6, 123 - 135 .
70. Sito, S., Radman, S., Žutić, I., Džaja, V., Hrvojčec, H., Ivandija, M., Horvat, N. (2014). Industrijsko sušenje dvodomne koprive. Glasnik Zaštite Bilja, 37(6), 50-56.
71. Sørensen J. (1998.). Nitrogen effects on vegetable crop production and chemical composition. Acta Horticulturae 506:41-50.
72. Stepanović B., Radanović D., Turšić I., Nemčević N., Ivanec J., (2009.): Uzgoj ljekovitog i aromatičnog bilja. Jan Spider, Pitomača.
73. Stubljar S., Žutić I., Fabek S., Božidar, B., Toth N., (2013.): Utjecaj načina uzgoja i gnojidbe dušikom na morfološka svojstva dvodomne koprive., Glasnik zaštite bilja 6/2013.
74. Špicnagel A. M., (2014.): Potencijal bioplinskih postrojenja u hrvatskom poljoprivrednom sektoru. Sisak.
75. Tomić F., Krička T., Matić S., (2008.): Raspoložive poljoprivredne površine i mogućnost šuma za proizvodnju biogoriva u Hrvatskoj., Šumarski list br. 7–8, CXXXII (2008.), 323-330.
76. Tomić F., Krička T., (2007.): Strategija proizvodnje i korištenja biogoriva u Europskoj uniji, Poljoprivreda i šumarstvo kao proizvođači obnovljivih izvora energije, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zbornik radova znanstvenog skupa, str. 43–52, Zagreb.
77. Thompson, W.H. (ed.) (2001.): Test Methods for the Examination of Composting and Compost. The United States Composting Council Research and Education Foundation. The United States Department of Agriculture.
78. Treasure J. (2003.): *Urtica* semen reduces serum creatinine levels. The Journal of the American Herbalists Guild. 4 (2) : 22-25.
79. Truong, LVA, Abatzoglou, N. (2005): A H₂S reactive adsorption process for the purification of biogas prior to its use as a bioenergy vector. Biomass Bioenergy 29(2):142–51.
80. Upton, R. (2013.): Stinging nettles leaf (*Urtica dioica* L): Extraordinary vegetable medicine. J Herb Med, str. 9-38.
81. Uranjek, N., Kralik, D., Kanižai, G., Vukšić, M. (2007.): Proizvodnja bioplina iz goveđe gnojovke, Krmiva 49(4):215-219.
82. Valiathan MS., (1998.): Ljekovite biljke., Curr Sci, 75, 1122 - 1126 .

83. Valijanian E., Tabatabaei M., Aghbashlo M., Sulaiman A., Chisti Y., (2018.): Biogas Production Systems. U: Biogas Fundamentals, Process, and Operation. Tabatabaei M., Ghanavati H., ur., Springer International Publishing AG, part of Springer Nature 2018, str. 95-116.
84. Virgilio D.N., Papazoglou E.G., Jankauskiene Z., Lonardo D.S., Praczyk M., Wielgusz K., (2015.): The potential of stinging nettle (*Urtica dioica* L.) as a crop with multiple uses. *Industrial Crop and Products*. [online]. 68, 42-49.
85. Vogl C.R., Hartl A., (2003.): Production and processing of organically grown fiber nettle (*Urtica dioica* L.) and its potential use in the natural textile industry: a review. *American Journal of Alternative Agriculture*. [online]. 18: 119-128.
86. Quaak P., Knoef H., Stassen H., (1999.): Energy from biomass, a review of combustion and gasification technologies, March, 1999.
87. Zargari, A. (1988.): Medicinal plants. Vol 2. Tehran University Press, Iran: 42.
88. Zheng Y., Zhao J., Xu F., Li Y., (2014.): Pretreatment of lignocellulosic biomass for enhanced biogas production. *Progress in Energy and Combustion Science* 42: 35–53.

Internet:

89. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_02_21_798.html
(pristupljeno:23.04.2021.)
90. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2001_07_68_1120.html
(pristupljeno:23.04.2021.)
91. http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_03_33_1082.html
(pristupljeno:23.04.2021.)

8. SAŽETAK

Budući da bioenergija postiže sve veći značaj, biogoriva, kao i unaprjeđivanje tehnologija tog sektora privlače sve veću pažnju. Ovisnost o neobnovljivim izvorima u proizvodnji energije nažalost i dalje je prisutna, stoga su ulaganja u obnovljive izvore energije koji predstavljaju nepresušan izvor a ujedno uvelike utječu na smanjenje štetnog utjecaja na okoliš od velike važnosti. Nusproizvodi iz poljoprivrede kao i pojedine kulture kojima primarna proizvodnja nije usmjerena na ljudsku prehranu imaju dobar potencijal da budu ulazna sirovina u proizvodnji bioplina. Na taj način, osim što bi se smanjila potrošnja konvencionalnih izvora energije, također bi se utjecalo i na zatvaranje ciklusa od proizvodnje hrane do proizvodnje energije. Također, pažnju treba usmjeriti i na ostale obnovljive izvore energije poput energije sunca, energije vjetra, energije vode i druge. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi bioplinski potencijal koprive (*Urtica dioica* L.) te u konačnici mogućnost njenog korištenja u proizvodnji toplinske i električne energije.

Ključne riječi: bioplin, *Urtica dioica* L., biogorivo, istraživanje, proizvodnja energije, anaerobna digestija

9. SUMMARY

Since bioenergy gains increasing importance, biofuels as well as the advancement of technologies in the sector are attracting increasing attention. Dependence on non-renewable sources in energy production is unfortunately still present, so investments in renewable energy sources are of great importance, as they are an inexhaustible source and at the same time they greatly reduce the harmful impact on the environment. By-products from agriculture as well as certain crops for which primary production is not focused on human consumption have a good potential to be an input raw material in biogas production. In this way, in addition to reducing the consumption of conventional energy sources, it would also have the effect of closing the cycle from food production to energy production. Attention should also be paid to other renewable energy sources such as solar energy, wind energy, water energy and others. The aim of this study was to determine the biogas potential of nettle (*Urtica dioica* L.) and ultimately the possibility of its use in the production of heat and electric energy.

Key words: biogas, *Urtica dioica* L., biofuel, research, energy production, anaerobic digestion

10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Kemijski sastav bioplina	8
Tablica 2. Termalna faza i uobičajeno trajanje procesa	12
Tablica 3. Optimalna pH reakcije za odvijanje anaerobne digestije	13
Tablica 4. Podvrste koprive (<i>Urtica dioica</i> L.).....	18
Tablica 5. Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije.	51

11. POPIS SLIKA

Slika 1. Koraci pretvorbe biomase u energiju	3
Slika 2. Izrada anaerobnih digestora od nehrđajućeg čelika.....	7
Slika 3. Shematski prikaz četiri faze anaerobne digestije.....	9
Slika 4. Bioplinska elektrana PZ Osatina u Ivankovu	15
Slika 5. Velika kopriva (<i>Urtica dioica</i> L.) i mala kopriva (<i>Urtica urens</i> L.).....	19
Slika 6. Osušeni korijen velike koprive	20
Slika 7. Stabljika <i>Urtica dioica</i> L, Slika 8. Stabljika <i>Urtica dioica</i> L.....	20
Slika 9. List <i>Urtica dioica</i> L.....	21
Slika 10. <i>Urtica dioica</i> L. – trihomi.....	22
Slika 11. Muški i ženski cvjet <i>U. dioica</i> L.....	23
Slika 12. Plod <i>Urtica dioica</i> L.....	24
Slika 13. Sušare za ljekovito bilje	27
Slika 14. Koprivino brašno	30
Slika 15. Quiche (tradicionalna francuska pita) s koprivom.....	32
Slika 16. Tinktura od koprive	33
Slika 17. Priprema uzoraka koprive za usitnjavanje	34
Slika 18. Sušionik.....	35
Slika 19. Mufolna peć.....	36
Slika 20. Utvrđivanje pH vrijednosti.....	36
Slika 21. Graduirane posude i vodena kupelj	37
Slika 22. Prijenosni analizator bioplina	37

12. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Udio suhe tvari (%) u supstratima prije fermentacije	38
Grafikon 2. Udio suhe tvari (%) u supstratima nakon fermentacije.....	39
Grafikon 3. Udio organske tvari (%) u supstratima prije fermentacije	39
Grafikon 4. Udio organske tvari (%) nakon fermentacije	40
Grafikon 5. pH vrijednost uzoraka prije fermentacije	41
Grafikon 6. pH vrijednost uzoraka nakon fermentacije	41
Grafikon 7. Ukupna količina proizvedenog plina u kontrolnim grupama.....	42
Grafikon 8. Ukupna količina proizvedenog plina u eksperimentalnim grupama	43
Grafikon 9. Prosječna količina proizvedenog plina kontrolne i eksperimentalne grupe (ml) ..	44
Grafikon 10. Količina bioplina iz goveđe gnojovke i biljke koprive (m ³ /t).....	45
Grafikon 11. Dinamika proizvodnje bioplina u ml/dan po prosječnim vrijednostima kontrolne i eksperimentalne grupe	46
Grafikon 12. Prosječna dnevna proizvodnja plina kontrolne i eksperimentalne grupe (ml)	46
Grafikon 13. Sastav plina u kontrolnim Grupama (%).....	47
Grafikon 14. Sastav plina eksperimentalnih grupa (%).....	48
Grafikon 15. Prosječna vrijednost sastava plina kontrolnih i eksperimentalnih skupina (%) ..	49

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij Zootehnika, smjer Hranidba domaćih životinja

Utvrđivanje bioplinskog potencijala (*Urtica dioica* L.)

Josip Čepo

Sažetak:

Budući da bioenergija postiže sve veći značaj, biogoriva, kao i unaprjeđivanje tehnologija tog sektora privlače sve veću pažnju. Ovisnost o neobnovljivim izvorima u proizvodnji energije nažalost i dalje je prisutna, stoga su ulaganja u obnovljive izvore energije koji predstavljaju nepresušan izvor a ujedno uvelike utječu na smanjenje štetnog utjecaja na okoliš od velike važnosti. Nusproizvodi iz poljoprivrede kao i pojedine kulture kojima primarna proizvodnja nije usmjerena na ljudsku prehranu imaju dobar potencijal da budu ulazna sirovina u proizvodnji bioplina. Na taj način, osim što bi se smanjila potrošnja konvencionalnih izvora energije, također bi se utjecalo i na zatvaranje ciklusa od proizvodnje hrane do proizvodnje energije. Također, pažnju treba usmjeriti i na ostale obnovljive izvore energije poput energije sunca, energije vjetra, energije vode i druge. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi bioplinski potencijal koprive (*Urtica dioica* L.) te u konačnici mogućnost njenog korištenja u proizvodnji toplinske i električne energije.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Mentor: prof. dr. sc. Davor Kralik

Broj stranica: 64

Broj grafikona i slika: 37

Broj tablica: 5

Broj literaturnih navoda: 91

Broj priloga: 0

Jezik izvornika: Hrvatski

Ključne riječi: bioplin, *Urtica dioica* L., biogorivo, istraživanje, proizvodnja energije, anaerobna digestija

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. prof. dr. sc. Bojan Stipešević, predsjednik
2. prof. dr. sc. Davor Kralik, mentor
3. doc. dr. sc. Ranko Gantner, član

Rad je pohranjen u: Knjižnici fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilištu u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
University Graduate Studies, Plant production, course Plant production

Graduate thesis

Determination of biogas potential of nettle (*Urtica dioica* L.)

Josip Čepo

Abstract:

Since bioenergy gains increasing importance, biofuels as well as the advancement of technologies in the sector are attracting increasing attention. Dependence on non-renewable sources in energy production is unfortunately still present, so investments in renewable energy sources are of great importance, as they are an inexhaustible source and at the same time they greatly reduce the harmful impact on the environment. By-products from agriculture as well as certain crops for which primary production is not focused on human consumption have a good potential to be an input raw material in biogas production. In this way, in addition to reducing the consumption of conventional energy sources, it would also have the effect of closing the cycle from food production to energy production. Attention should also be paid to other renewable energy sources such as solar energy, wind energy, water energy and others. The aim of this study was to determine the biogas potential of nettle (*Urtica dioica* L.) and ultimately the possibility of its use in the production of heat and electric energy.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: Davor Kralik, PhD

Number of pages: 64

Number of figures: 37

Number of tables: 5

Number of references: 91

Number of appendices: 0

Original in: Croatian

Key words: biogas, *Urtica dioica* L., biofuel, research, energy production, anaerobic digestion

Thesis defended on date:

Reviewers:

1. Bojan Stipešević, PhD, president
2. Davor Kralik, PhD, mentor
3. Ranko Gantner, PhD, member

Thesis deposited at: Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, University of Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek.