

# STROJEVI I OPREMA U BIOPLINSKOM POSTROJENJU PODUZEĆA ENERGIJA BIOPLINA D.O.O. GREGUROVEC

---

**Kašaj, Marija**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Križevci college of agriculture / Visoko gospodarsko učilište u Križevcima**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:185:862238>

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

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



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Križevci University of Applied Sciences](#)



REPUBLIKA HRVATSKA  
VISOKO GOSPODARSKO UČILIŠTE U KRIŽEVCIMA

Marija Kašaj, bacc.ing.agr.

**STROJEVI I OPREMA U BIOPLINSKOM  
POSTROJENJU PODUZEĆA ENERGIJA BIOPLINA  
D.O.O. GREGUROVEC**

Završni specijalistički diplomski stručni rad

Križevci, 2021.

REPUBLIKA HRVATSKA  
VISOKO GOSPODARSKO UČILIŠTE U KRIŽEVCIMA

Specijalistički diplomski stručni studij

*Poljoprivreda*

Usmjerenje : *Održiva i ekološka poljoprivreda*

Marija Kašaj, bacc.ing agr.

**STROJEVI I OPREMA U BIOPLINSKOM  
POSTROJENJU PODUZEĆA ENERGIJA BIOPLINA  
D.O.O. GREGUROVEC**

Završni specijalistički diplomski stručni rad

Povjerenstvo za obranu i ocjenu završnog rada:

1. dr. sc. Ivka Kvaternjak, prof. v.š. - predsjednica povjerenstva
2. mr. sc. Miomir Stojnović, v. pred. - mentor
3. mr. sc. Lidija Firšt Godek, v. pred. - članica

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. PREGLED LITERATURE.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Potencijali proizvodnje energije iz bioplina.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 Zakonska regulativa vezana uz bioplin u RH.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3 Sustav poticaja proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora         energije i kogeneracije.....</b>	<b>28</b>
<b>3. MATERIJAL I METODE.....</b>	<b>31</b>
<b>4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Bioplinsko postrojenje Organica Kalnik 1 d.o.o. ....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 Uporaba Nahtec tehnologije na bioplinskom postrojenju.....</b>	<b>40</b>
<b>4.3 Račun dobiti.....</b>	<b>50</b>
<b>4.4 Digestat.....</b>	<b>52</b>
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>59</b>
<b>6. LITERATURA.....</b>	<b>60</b>
SAŽETAK.....	63
SUMMARY.....	64
ŽIVOTOPIS.....	65

## PODACI O RADU

Završni specijalistički diplomski stručni rad pristupnice Marije Kašaj, bacc.ing.agr. izrađen je na Visokom gospodarskom učilištu u Križevcima pod mentorstvom mr.sc. Miomira Stojnovića.

Rad sadrži:

- 65 stranica,
- 13 tablica,
- 30 slika i
- 33 literaturna izvora.

## 1. UVOD

Posljednjih godina u cijelom svijetu sve je veći interes za korištenje obnovljivih izvora energije. Zamjena fosilnih goriva bio-gorivima utječe na smanjenje emisije stakleničkih plinova i njihov nepovoljan utjecaj na klimatske promjene. Očuvanje okoliša, razvoj tzv. cirkularne, zelene ekonomije jedan je od glavnih pravaca razvojnih strategija većine zemalja, pa tako i Republike Hrvatske. U tom smislu potrebno je poticati izgradnju postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije, a među njima i postrojenja za proizvodnju i preradu organske biomase.

Biomasa je biorazgradivi dio različitih proizvoda, nusproizvoda, otpada i ostataka biološkog podrijetla. Biomasa iz poljoprivrede može biti biljnog i životinjskog podrijetla. Biomasa biljnog podrijetla su različite energetske kulture, kao što je kukuruz, a životinjskog podrijetla stajski gnoj. Mnogim bio-kemijskim procesima moguće je iz zelene biomase proizvesti energiju. Od biomase kao obnovljivog izvora energije mogu se proizvoditi bio-goriva kao što su bioetanol, biodizel, bioplin, a suha masa se može mljeti u sitne komadiće i prešati u pelete. U poljoprivrednoj proizvodnji ostaje velika količina neiskorištene biomase. Proizvodnjom i korištenjem biomase u energetske svrhe smanjuje se emisija štetnih tvari i doprinosi se zaštiti tla i voda te očuvanju bioraznolikosti. Osim iz čistog biootpada, bioplin se može proizvesti i iz komunalnog otpada koji sadrži više od 10% biootpada. Dolazi do problema kada ovakvu vrstu otpada nije moguće usitniti i pretvoriti u tekuću.

Zbog toga se u deponije komunalnog otpada postavljaju drenažne cijevi koje prikupljaju nastali bioplin. Fermentacija u ovakvim deponijima može trajati i preko 30 godina.

Korištenjem poljoprivredne biomase postupkom anaerobne digestije dobiva se bioplin. Bioplin je plinovito gorivo koje se dobiva anaerobnom fermentacijom biomase. Bioplin je smjesa plinova metana i ugljikova dioksida koji su najzastupljeniji, a nalaze se i manje količine dušika, vodika, amonijaka, sumporovodika, vodene pare. Metan je zapaljiv, te energetski sadržaj bioplina ovisi o njegovom udjelu. Ogrjevna vrijednost bioplina kreće se od 25 do 26 MJ/m<sup>3</sup>. Udio metana u bioplinu obično je od 55-70%. Funkcija i primjena bioplina je višestruka kao primjerice: prevođenje iz toplinske u električnu energiju korištenjem kogeneracijskih jedinica s plinskim motorima s unutrašnjim izgaranjem pokretanim bioplinom kao gorivom u

kogeneracijskim postrojenjima. Plinski motori u kombinaciji s generatorom proizvode električnu i toplinsku energiju.

Bioplin kao obnovljivi izbor energije ima sve veći značaj kao energent koji se svrstava u tzv. zelenu energiju. Kogeneracija (engl. *Combined Heat and Power - CHP*) je postupak proizvodnje korisne toplinske energije i električne energije u jednom procesu. Toplinska energija može se koristiti za proizvodnju pare, zagrijavanje vode ili zraka. Osnovna prednost kogeneracije je povećana učinkovitost energenata u odnosu na konvencionalne elektrane koje služe samo za proizvodnju električne energije. Može se koristiti i u procesu trigeneracije gdje se dio energije koristi i za hlađenje. Prema Nacionalnom akcijskom planu za obnovljive izvore energije do 2020. godine (Ministarstvo gospodarstva, 2013), nacionalni cilj korištenja energije iz obnovljivih izvora u Republici Hrvatskoj u 2020. godini određuje se kao minimalni udio energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj neposrednoj potrošnji energije koji izražen u postotku iznosi 20%. Nacionalni akcijski plan za obnovljive izvore energije je planski dokument koji se donosi za razdoblje do 2020. godine. Njime se određuje nacionalni cilj Republike Hrvatske za udio energije iz obnovljivih izvora u elektroenergetici, grijanju, hlađenju i prijevozu. Primjeri politika i mjera koji bi trebale biti ostvarene do kraja 2020. godine su: poticanje primjene kogeneracije da minimalan udio električne energije proizvedene u kogeneracijskom postrojenju od strane proizvođača isporučeno u distribucijsku mrežu bude 4% u ukupnoj neposrednoj potrošnji električne energije, veće korištenje nacionalnog potencijala topline za grijanje i hlađenje, poticanje primjene obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije.

Predmet ovog rada je analiza bioplinskog postrojenja Energija bioplina d.o.o. Gregurovec. Svrha i cilj je detaljnom analizom rada strojeva i opreme u tehnološkom procesu proizvodnje bioplina u bioplinari utvrditi njihovu funkcionalnost i učinkovitost u proizvodnji toplinske i električne energije kao i mogućnosti za poboljšanje sustava.

## **Hipoteze**

1. Strojevi i oprema u kogeneracijskom bioplinskom postrojenju u Gregurovcu omogućavaju efikasnu i učinkovitu uporabu energije bioplina u proizvodnji električne i toplinske energije.

2. Toplinska energija proizvedena u kogeneracijskoj jedinici bioplinare nedovoljno je iskorištena.
3. Proizvodnja bioplina u bioplinskom postrojenju u Gregurovcu pozitivno utječe na poslovanje poljoprivrednih gospodarstava i farmi u svom okruženju.



## 2. PREGLED LITERATURE

Al Seadi i sur., (2008) opisuju kako je jedan od glavnih problema zaštite okoliša suvremenog društva kontinuirani porast nastajanja organskog otpada. U mnogim je zemljama održivo gospodarenje otpadom, koje podrazumijeva i sprječavanje njegovog nastanka i smanjenje novih količina, postalo glavni politički prioritet i važan dio zajedničkih napora u smanjenju zagađenja okoliša i emisija stakleničkih plinova radi ublažavanja globalnih klimatskih promjena. Dosadašnja praksa nekontroliranog odlaganja otpada danas više nije prihvatljiva, čak i kontrolirano odlaganje otpada na to predviđenim odlagalištima ili spaljivanja organskog otpada više ne predstavljaju prikladan način njegovog zbrinjavanja, a standardi za okoliš su sve rigorozniji, te upućuju na povrat energije i uporabu hraniva, te organske tvari.

Isti autori (2008) navode da se smatra da je proizvodnja bioplina anaerobnom digestijom (AD) optimalan proces za tretiranje životinjskog izmeta i gnojnice kao i širok spektar organskog otpada, budući da se time svi ovi supstrati pretvaraju u obnovljivu energiju i često ekološki prihvatljivo gnojivo u poljoprivredi. Istovremeno se izdvajanjem organske frakcije iz tijeka otpada povećava učinkovitost energetske pretvorbe putem spaljivanja preostalog otpada, te biokemijska stabilnost odlagališta.

Al Seadi i sur. (2008), definiraju proces anaerobne digestije kao mikrobiološki proces razlaganja organske tvari bez prisutnosti kisika koji je uobičajen u prirodnom okolišu, a danas se naveliko primjenjuje u proizvodnji bioplina u zrako nepropusnim reaktorima zvanim digestori ili fermentori. U postupku anaerobne razgradnje djelovanjem različitih vrsta mikroorganizama nastaju dva glavna proizvoda bioplin i digestat. Bioplin je zapaljivi plin koji se sastoji od metana, ugljikovog dioksida ostalih plinova i elemenata u tragovima. Digestat je anaerobno razgrađen supstrat bogat makro i mikro nutrijentima što ga čini prikladnim biljnim gnojivom.

Zadnjih nekoliko godina svjetsko tržište bioplina bilježi značajan porast, te su mnoge zemlje razvile moderne tehnologije za proizvodnju bioplina kao i konkurentna nacionalna tržišta bioplinom iza čega stoje dekade intenzivnog istraživanja i razvoja značajno potpomognuto državnim potporama i podrškom javnosti. Europski sektor bioplina broji na tisuće bioplinskih instalacija, a zemlje poput Austrije, Danske, Njemačke, Švedske su predvodnice u razvitku tehnologije s najvećim brojem suvremenih bioplinskih postrojenja. I u drugim dijelovima svijeta

postoje brojna bioplinska postrojenja, tako je u Kini 2006 godine bilo oko 18 milijuna ruralnih bioplinskih postrojenja za kućanstva, a ukupan je potencijal Kine procijenjen na 145 milijardi kubičnih metara. Na globalnoj razini potencijal proizvodnje energije iz biomase smatra se vrlo visokim. Postojeće procjene izrađene su na temelju različitih scenarija i pretpostavki, ali svi rezultati ukazuju na to da sa danas koristi vrlo mali dio tog potencijala. Prema različitim procjenama i studijama korištenje biomase u energetske svrhe bi se moglo znatno povećati. Europska udruga za biomasu (European Biomass Association – AEBIOM) procjenjuje da se energija proizvedena iz biomase može povećati sa 72 Mtoe iz 2004. godine na 220 Mtoe u 2020. godini. Najveći potencijal za povećanje leži u poljoprivrednoj biomasi. Prema procjenama AEBIOM-a 20-40 milijuna hektara zemljišta u EU moglo bi se koristiti za proizvodnju energije, bez utjecaja na opskrbu hranom u EU.

Kao supstrati za anaerobnu digestiju mogu poslužiti različiti tipovi biomase, a najčešće se koriste sljedeće kategorije supstrata:

- Stajski gnoj i gnojnica
- Ostaci i nusproizvodi iz poljoprivredne proizvodnje
- Razgradivi organski otpad iz poljoprivrede i prehrambene industrije (ostaci biljnog i životinjskog podrijetla)
- Organski dio komunalnog otpada i otpada iz ugostiteljstva
- Otpadni muljevi
- Energetski usjevi (kukuruz, sirak, različite vrste trava, djetelina)

Tablica 1. Organski otpad pogodan za biološki tretman

Opis otpada	
Otpad iz poljoprivrede, hortikulture, proizvodnje vodenih kultura, šumarstva, lova i ribarstva, pripremanja i prerade	Otpad iz poljoprivrede, hortikulture, šumarstva, lovstva i ribarstva
	Otpad od pripreme i prerade mesa, ribe i ostalih namirnica životinjskog porijekla
	Otpad od pripreme i prerade voća, povrća, žitarica, jestivih ulja, kakaa, čaja i duhana; otpad od konzerviranja, proizvodnje i ekstrakcije kvasca, pripreme melase i ostaci fermentiranja
	Otpad iz proizvodnje šećera
	Otpad iz mliječne industrije
	Otpad iz pekarske i slastičarske industrije
	Otpad iz proizvodnje alkoholnih i bezalkoholnih pića (osim kave, čaja i kakaa)
Otpad od prerade drveta i proizvodnje ploča i namještaja, celuloze, papira i kartona	Otpad iz obrade drva i proizvodnje panela, furnira i namještaja
	Otpad iz prerade celuloze i proizvodnje papira i kartona
Otpad iz kožarske, krznarske i tekstilne industrije	Otpad iz industrijske prerade kože i krzna
	Otpad iz tekstilne industrije
Ambalaža; apsorbeni, materijali za brisanje i upijanje, filterski materijali i zaštitna odjeća koja nije specificirana na drugi način	Ambalažni otpad (uključujući odvojeno prikupljeni ambalažni komunalni otpad)
Otpad iz uređaja za obradu otpada, gradskih otpadnih voda i pripremu pitke vode i vode za industrijsku uporabu	Ostatak nakon anaerobnog tretmana otpada
	Otpad iz procesa obrade otpadnih voda koji nije drugačije specificiran
	Otpad od pripreme vode za opskrbu građana i pripreme industrijske vode
Komunalni otpad (otpad iz kućanstava, trgovine, zanatstva i slični otpad iz proizvodnih pogona i institucija), uključujući odvojeno prikupljene frakcije	Otpad iz različitih frakcija osim(15 01)
	Otpad iz vrtova i gradskih parkova (uključujući i otpad s groblja)
	Ostali komunalni otpad

Izvor: Europski katalog otpada (European waste catalogue EWC, 2007), prema Al Seadi i sur. (2008)



Slika 1. Komunalni otpad dostavljen u postrojenje

*Izvor: Rutz, 2008*



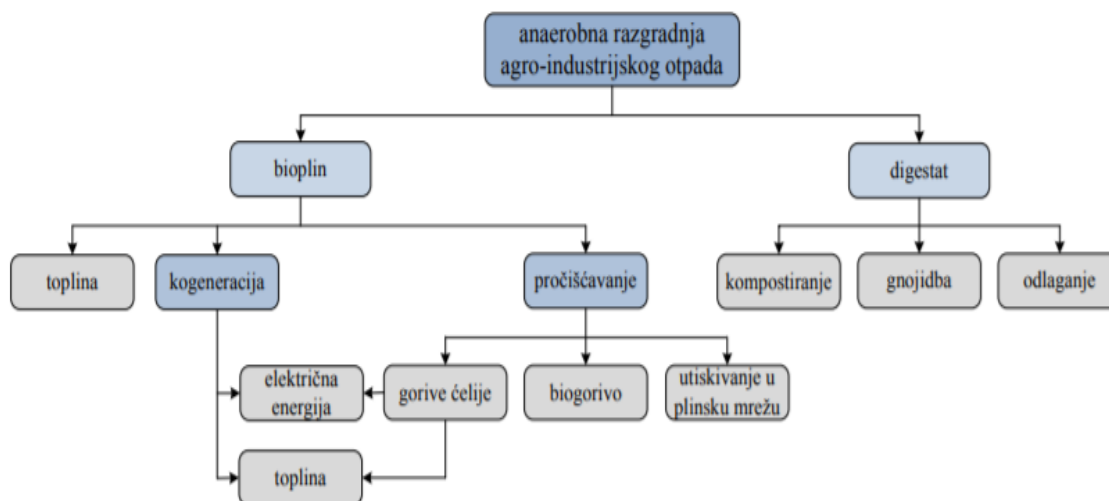
Slika 2. Kukuruzna silaža

*Izvor: Rutz, 2008.*



Slika 3. Otpad iz restorana i ugostiteljstva

*Izvor: Rutz, 2008.*



Slika 4. Mogućnosti korištenja bioplina i digestata dobivenog anaerobnom razgradnjom agro-industrijskog otpada

*Izvor: Hublin, 2012*

Korištenje životinjskih ekskremenata za AD ima prednosti s obzirom na sljedeće karakteristike:

- Prirodno sadrže anaerobne bakterije
- Imaju visok sadržaj vode (4-8% suhe tvari u gnojnici), koja služi kao otapalo za druge tvari i omogućuje dobro miješanje s drugim supstratima
- Jeftini su i lako dostupni, sakupljaju se kao otpad sa stočarskih gospodarstava

Tijekom posljednjih godina su osim životinjskih ekskremenata testirani i drugi supstrati za potrebe procesa digestije. Oni uglavnom pripadaju energetske usjevima koji predstavljaju poljoprivredne kulture proizvedene isključivo za proizvodnju energije. Energetski usjevi se uglavnom sastoje od jednogodišnjih biljaka (vrste iz porodice trava, kukuruz, repa i dr.), a mogu imati i višegodišnje nasade drvenastih vrsta (vrba, topola), no drvenaste vrste se prije uporabe AD moraju obraditi kako bi se uklonio lignin, a ta tehnologija se još uvijek razvija.

Prema Al Seadi i sur. (2008), supstrati za AD klasificiraju se prema sadržaju suhe tvari (ST), prinosu metana i ostalim kriterijima. Supstrati sa sadržajem ST manjim od 20% koriste se za tzv „mokru digestiju“ neki autori ga nazivaju i „mokra fermentacija“, u tu kategoriju svrstavaju se stajski gnoj i gnojnica kao i organski otpad iz prehrambene industrije s visokim sadržajem vode,

kada je u supstratu sadržaj ST 35% ili veći proces digestije se naziva „suha digestija“, a tipičan je za AD energetske usjeve i silažu. Odabir tipa i količine sirovine pogodne za supstratnu mješavinu ovisi o udjelu ST, te o sadržaju šećera, masnoća i bjelančevina.

Tablica 2. Pregled karakteristika pojedinih supstrata

Vrsta supstrata	Organska tvar	C:N omjer	Suha tvar (ST) %	HKT % ST	Prinos bioplina $m^3 \cdot kg^{-1}$ HKT	Nepoželjni sadržaj	Ostale neželjene tvari
Svinjski izmet	Ugljikohidrati, bjelančevine, masti	3-10	3-8	70-80	0,25-0,50	Komadi drva, iverje, voda, pijesak, slama	Antibiotici i dezinfekcijska sredstva
Izmet goveda	Ugljikohidrati, bjelančevine, masti	6-20	5-12	80	0,20-0,30	Dlake, zemlja, voda, slama i grančice	Antibiotici i dezinfekcijska sredstva, $NH_4^+$
Izmet peradi	Ugljikohidrati, bjelančevine, masti	3-10	10-30	80	0,35-0,60	Kamenčići, pijesak i perje	Antibiotici i dezinfekcijska sredstva, $NH_4^+$
Iznutrice	Ugljikohidrati, bjelančevine, masti	3-5	15	80	0,40-0,68	Životinjska tkiva	Antibiotici i dezinfekcijska sredstva

Sirutka	75-80% laktoza 20-25% bjelančevine	n.a.	8-12	90	0,35-0,80	Onečišćenja tijekom transporta	
Koncentrirana sirutka – plazma	75-80% laktoza 20-25% bjelančevine	n.a.	20-25	90	0,80-0,95	Onečišćenja tijekom transporta	
Otopljene životinjske masti	65-70% bjelančevine 30-35% masti					Životinjska tkiva	Teški metali, dezinfekcijska sredstva, organski zagadivači
Trop (ostatak nakon fermentacije)	Ugljikohidrati	4-10	1-5	80-95	0,35-0,78	Nerazgradivi dijelovi voća	
Slama	Ugljikohidrati i masti	80-100	70-90	80-90	0,15-0,35	Pijesak i kamenčići	
Vrtni otpad		100-150	60-70	90	0,20-0,50	Zemlja, celulozna vlakna	Pesticidi
Trava		12-25	20-25	90	0,55	Kamenčići	Pesticidi
Travnata silaža		10-25	15-25	90	0,56	Kamenčići	
Otpad od voća		35	15-20	75	0,25-0,50		
Riblje ulje	30-50% masti	n.a.					
Sojino ulje i margarini	90% biljna ulja	n.a.					
Alkohol	40% alkohol	n.a.					
Ostaci hrane			10	80	0,50-0,60	Kosti, plastika	Dezinfekcijska sredstva
Organski otpad iz kućanstava						Plastika, metal, kamen, drvo i staklo	Teški metali, dezinfekcijska sredstva, organski zagadivači
Muljevi otpadnih voda							Teški metali, dezinfekcijska sredstva, organski zagadivači

\* hlapive krute tvari

Izvor: Al Seadi i sur., 2008.

Supstrati koji imaju visok sadržaj lignina, celuloze i hemiceluloze, primjerice drvo, također se mogu koristiti u kodigestiji, ali moraju proći predtretman kako bi se povećala mogućnost digestije. Potencijal stvaranja metana vrlo je važan čimbenik za vrednovanje supstrata za AD. Najčešći supstrati koji se dodaju stajskom gnoju i gnojnici su uljni ostaci iz prehrambene i ribarske industrije, te proizvodnje stočne hrane, ostaci nastali prilikom proizvodnje alkoholnih pića, ostaci iz pivovara i prerade šećera, te trave, žitarice ili uljarice uzgojene kao energetski usjevi.

Biokemijski postupak AD je mikrobiološki proces razgradnje organske tvari bez prisutnosti kisika, glavni proizvodi ovog procesa su bioplin i digestat. Bioplin je gorivi plin koji se primarno sastoji od metana i ugljikova dioksida, digestat je procesirani ostatak supstrata, a nastao tijekom proizvodnje bioplina. Tijekom proizvodnje bioplina nastaje vrlo malo topline u usporedbi s aerobnom razgradnjom (uz prisutnost kisika) ili kompostiranjem.



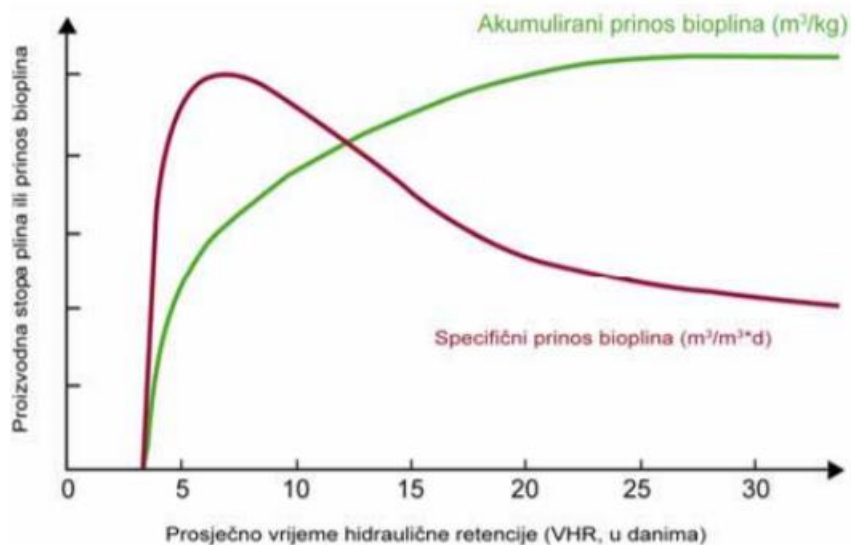
Slika 5. Glavne faze u procesu nastanka bioplina

*Izvor: Al Seadi i sur., 2008.*

Koraci u procesu dobivanja bioplina se odvijaju paralelno u vremenu i prostoru fermentora. Brzina ukupnog procesa razlaganja je jednaka najsporijoj reakciji u nizu. Kod bioplinskih postrojenja koja rade na razlaganju biljnih supstrata koji sadrže celulozu, hemi-celulozu i lignin



brzina procesa se određuje brzinom hidrolize. Proizvodnja bioplina vrhunac dostiže u fazi metanogeneze.



Slika 6. Proizvodnja bioplina povećanjem količine supstrata

Izvor: LfU 2007.

- Hidroliza

Prva faza AD tijekom koje se organska tvar (polimeri) razlažu na manje jedinice zvane monomeri i oligomeri, polimeri poput ugljikohidrata, lipida, aminokiselina i bjelančevina transformiraju se u glukozu, glicerol, purine i sl. Lančani procesi odvijaju se istodobno unutar fermentora, brzina cjelokupnog procesa razgradnje određena je brzinom odvijanja najsporije reakcije u lancu. U procesu hidrolize sudjeluje širok spektar bakterija koje izlučuju egzoenzime koji razgrađuju čestice supstrata, produkti hidrolize dalje razgrađuju prisutne bakterije koje ujedno koriste ove spojeve za vlastite metaboličke procese.

- Acidogeneza

U ovoj fazi proizvodi hidrolize se uz pomoć acidogenih bakterija (fermentacije) transformiraju u metanogene spojeve. Jednostavni šećeri, aminokiseline i masne kiseline razgrađuju se na acetat, ugljikov dioksid i vodik, te na hlapljive masne kiseline i alkohole.

- Acetogeneza

Tijekom acetogeneze se proizvodi fermentacije koje se ne mogu metanogenim bakterijama direktno transformirati u metan, pretvaraju u metanogene spojeve, alkoholi oksidiraju u acetat, vodik i ugljikov dioksid.

- Metanogeneza

Proizvodnja metana i ugljikovog dioksida potaknuta je aktivnošću metanogenih bakterija, 70% metana nastaje iz acetata, dok ostalih 30% nastaje pretvorbom iz vodika i ugljikovog dioksida. Metanogeneza je ključan korak u cijelom procesu anaerobne digestije jer predstavlja najsporiju biokemijsku reakciju u proizvodnji bioplina. Ovaj proces uvelike ovisi o uvjetima rada, odnosno uvjetima medija., niz čimbenika kao što su :

- sastav sirovine
- stupanj dopune digestora
- temperatura
- pH vrijednost supstrata

Pretrpavanje digestora, promjena temperature i povećani dotok kisika obično rezultiraju zaustavljanjem proizvodnje metana.

Radni parametri AD

- Sadržaj organske tvari u digestoru

Bioplinska se postrojenja grade prema ekonomskim i tehnološkim parametrima, za maksimalan prinos bioplina dobiven potpunom digestijom supstrata, potrebno je dugo vrijeme hidraulične retencije (VHR) i odgovarajuća veličina digestora. U praksi izvor sustava za digestiju (veličina i tip digestora) temelji se na kompromisu između maksimalnog prinosa bioplina i opravdanog ulaganja u postrojenje . U tom je smislu unos organske tvari važan radni parametar koji indicira koliko suhe organske tvari može biti uneseno u digestor po volumenu i jedinici vremena.

- Vrijeme hidraulične retencije

Važan parametar za dimenzioniranje digestora je vrijeme hidraulične retencije (VHR).

VHR je prosječni vremenski interval za zadržavanje supstrata u digestoru, on je u korelaciji sa volumenom digestora i volumenom supstrata unesenog u jedinici vremena. Vrijeme zadržavanja sadržaja u digestoru mora biti dovoljno dugo kako bi se osiguralo da je količina bakterija iznesenih obrađenim ostatkom (digestatom) manja od novonastalih bakterija koje se nalaze u dijelu supstrata koji ostaje u digestoru, uobičajeno vrijeme za razmnožavanje bakterija je 10 ili više dana. Kratko vrijeme zadržavanja u fermentoru omogućava preradu veće količine supstrata, ali rezultira manjim prinosom plina. Stoga je neophodno prilagoditi VHR specifičnom stupnju razgradnje korištenog supstrata, ukoliko se zna ciljani VHR, dnevni unos supstrata i vrijeme potrebno za njegovu razgradnju moguće je izračunati potreban volumen digestora.

#### Lista pokazatelja AD

Različiti parametri mogu se koristiti za evaluaciju učinkovitosti bioplinskih postrojenja i usporedbu različitih bioplinskih sustava.

Tablica 3. Radni parametri bioplinskog postrojenja

Parametar	Simbol / Formula	Jedinica	Utvrđeno kroz: mjerjenje tijekom postupka / proračunom
Temperatura	t	°C	Mjerenje tijekom postupka
Radni tlak	P	mbar	Mjerenje tijekom postupka
Kapacitet, protočnost	V	m <sup>3</sup> /d; t/d	Mjerenje
Volumen digestora/reaktora	V <sub>R</sub>	m <sup>3</sup>	Određeno konstrukcijom
Količina plina	V po danu V po godini	m <sup>3</sup> /d; m <sup>3</sup> /a	Mjerenje tijekom postupka i konverzije u Nm <sup>3</sup>
Vrijeme retencije (hidraulično, minimalno garantirano)	HRT MGT	d	Proračun iz radnih podataka
Punjenje organskom tvari		kg oTS / (m <sup>3</sup> * d)	Proračun iz radnih podataka
Koncentracija metana u bioplina	CH <sub>4</sub>	%	Mjerenje tijekom postupka
Specifični prinos plina		%	Proračun iz radnih podataka
Specifična proizvodnja bioplina		m <sup>3</sup> / m <sup>3</sup>	Proračun iz radnih podataka
Ukupna energija		kWh	Proračun iz količine plina i koncentracije metana
Proizvodnja električne energije		kWh	Mjerenje na BTTP generatoru
Plasman u mrežu		kWh	Mjerenje na BTTP generatoru
Učinkovitost	η	%	Proračun iz radnih podataka
Opskrba toplinom / električnom energije		kWh	Temeljeno na planiranom, naknadno mjerenjem tijekom postupka proizvodnje
Specifična opskrba toplinom / el. energijom		kWh/m <sup>3</sup> sirovine kWh/UG	Proračun iz radnih podataka
Proizvodnja energije		kWh	Zbroj energije koja može biti iskorištena. Izračun iz radnih podataka

			od ukupne energije
Dostupnost		%	Postotak sati u godini tijekom kojih je elektrana radila punim kapacitetom
Iskoristivost		%	Odnos stvarne količine unosa i projektiranog kapaciteta
Ukupno ulaganje		€	Ukupna investicija u bioplinsko postrojenje
Subvencije		€	Propisane
Postotak subvencija		%	Postotak svih subvencija u ukupnom ulaganju
Specifična ulaganja		€/m <sup>3</sup> reaktor €/UG	Osjetljivost se vidi samo u slučaju kada se koristi primarno stajski gnoj s mjesta uzgoja (farmi) (UG - uvjetno grlo)
Specifični troškovi tretiranja		€/m <sup>3</sup> ulaznog materijala; €/UG	Izračun

Izvor: Schnell, Fachverband Biogas e.V

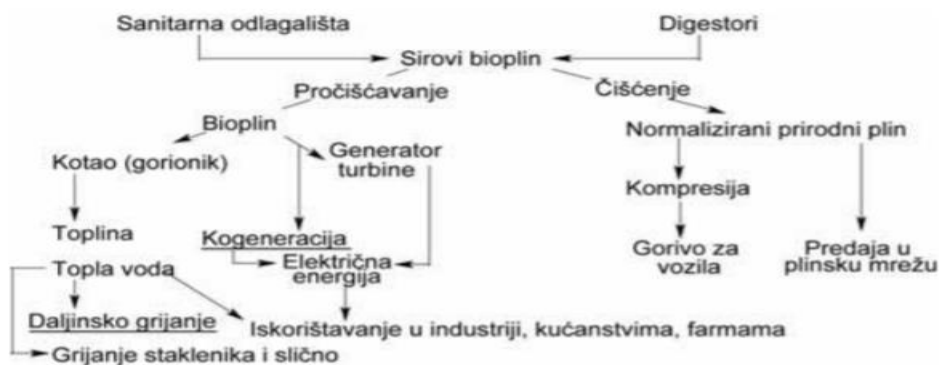
## Osnovne primjene bioplina

Proizvodnja bioplina putem AD je rasprostranjena metoda obrade otpada iz stočarstva (životinjskog izmeta i gnojnice) u modernim društvima radi proizvodnje obnovljive energije i poboljšanja kvalitete stajskog gnoja.

U zemljama sa značajnom poljoprivrednom proizvodnjom kontinuirano postrožavanje propisa koji se odnose na skladištenje i uporabu stajskog gnoja i otpada organskog porijekla potaknulo je rast interesa za postupak AD. S druge strane razvoj tržišta bioplina tijekom posljednjih godina potaknuo je interes poljoprivrednika za podizanje usjeva na kojima će uzgajati žitarice i uljarice za proizvodnju bioplina. Anaerobna digestija glavna je tehnologija za stabilizaciju primarnog i sekundarnog otpadnog mulja pri obradi otpadnih voda organske, prehrambeno-prerađivačke i fermentacijske industrije, kao i pri recikliranju frakcije krutog komunalnog otpada organskog porijekla. Specijalna primjena provodi se kod prikupljanja bioplina s odlagališta.

## Upotreba bioplina

Bioplin se može koristiti za različite energetske potrebe ovisno o prirodi izvora i lokalnom potražnjom za specifičnim vrstama energije. Bioplin se najčešće koristi za proizvodnju toplinske energije direktnim izgaranjem, proizvodnju električne energije putem energetskih ćelija ili u mikro turbinama, te proizvodnju topline i električne energije u kogeneracijskim postrojenjima ili kao pogonsko gorivo za vozila.



Slika 7. Mogućnosti korištenja bioplina

Izvor: Al Seadi i sur., 2008.

## Svojstva bioplina

Svojstva i sastav bioplina ovise o tipu supstrata, načinu proizvodnje (vrsti postrojenja), temperaturi na kojoj se odvijao proces, trajanju retencije, volumenu digestora i ostalim čimbenicima. Energetska vrijednost bioplina je oko 21 MJ/Nm<sup>3</sup>, prosječna gustoća iznosi 1,22 kg/Nm<sup>3</sup> (s 50% udjela metana), a težina je slična zraku.

## Kogeneracijska proizvodnja toplinske i električne energije

Kogeneracijska proizvodnja toplinske i električne energije smatra se vrlo učinkovitim načinom korištenja bioplina. Prije korištenja u kogeneracijskim postrojenjima bioplin se suši i kondicionira, većina plinskih motora ima ograničenja s obzirom na sadržaj sumporovodika, halogenih ugljikohidrata i siloksana koji se nalaze u neobrađenom bioplinu. Stupanj iskoristivosti modernih kogeneracijskih generatora je do 90%, pri čemu proizvodnja električne energije iznosi 35, a toplinske 65%. Kogeneracijska postrojenja na bioplin su najčešće termoelektrane blokovskog tipa (BTE) s motorima na izgaranje koji su povezani s generatorom. Motor generatora može biti plinski-otto motor, plinski dizel motor ili plinski dizel motor s pilot paljenjem. Plinski otto i plinski dizel motor rade na Otto principu, dakle bez samozapaljenja, a razlikuju se samo u stupnju kompresije.

Električna energija proizvedena iz bioplina može se koristiti za rad električnih uređaja kao što su crpke, kontrolni sustavi ili mješalice, no u mnogim zemljama u kojima je propisana povlaštena cijena za otkup električne energije iz obnovljivih izvora, sva električna energija proizvedena u bioplinskom postrojenju se prodaje u mrežu, a energija potrebna za rad postrojenja se kupuje ponovno iz mreže od distributera po nižoj cijeni.

Iskorištavanje proizvedene toplinske energije važan je parametar za energetske i ekonomske učinkovitost bioplinskog postrojenja. Proizvedena toplinska energija se djelomično koristi za grijanje digestora, a otprilike 2/3 ukupne proizvedene energije može se koristiti za druge potrebe.

U Njemačkoj su mnoga bioplinska postrojenja ranijih generacija izrađena isključivo za proizvodnju električne energije, dok se toplinska energija uopće nije iskoristavala. Danas je iskorištavanje i toplinske energije obavezno iz ekonomskih razloga jer zbog porasta cijena, kao primjerice cijene kukuruza, za mnoga postrojenja prodaja samo električne energije nije dovoljna

za ekonomsku održivost , stoga radi što veće učinkovitosti postrojenja i ostvarivanja održive profitabilnosti, na tržište treba plasirati obje vrste energije.

Brdarić (2009) navodi da je jedno od obećavajućih alternativnih energetske rješenja proizvodnja bioplina anaerobnom razgradnjom organskog otpada, naročito iskorištenjem organskog gnoja kod uzgoja životinja, te drugih ostataka iz poljoprivredne proizvodnje. Prema podacima o stočarskoj proizvodnji u vremenu od 2005. do 2007. godine, dnevna količina životinjskih ekskremenata u RH na bazi broja uvjetnih grla iznosi 784 015,26 m<sup>3</sup>. Stočarska proizvodnja je značajna poljoprivredna grana koja osigurava sirovine za prehrambenu, tekstilnu, farmaceutsku, kemijsku industriju. Stočarska je proizvodnja s obzirom na koncentraciju velikog broja životinja na malom prostoru potencijalni zagađivač okoliša. Velike koncentracije stajskog gnoja ugrožavaju tlo, atmosferu, nadzemne i podzemne vode, stoga su propisane norme o potrebnim minimalnim površinama po jednom uvjetnom grlu (UG). Maksimalan broj UG po jednom hektaru je 2, zbog čega uzgajivači životinja moraju transparentno prikazati način zbrinjavanja stajskog gnoja.

Postoji nekoliko načina zbrinjavanja: apliciranje stabilizirane gnojovke direktno u tlo, apliciranje organskog gnojiva na tlo, prerada stajskog gnoja u kompost ili anaerobnom fermentacijom proizvesti bioplin i organsko gnojivo. Proizvodnjom bioplina iz govedeg gnoja govedarske farme mogu postati značajni proizvođači energije i smanjiti emisiju stakleničkih plinova, sprječavajući odlazak metana u atmosferu.

Bioplin je zapaljivi plin proizveden biološkim procesima, odnosno procesom anaerobne razgradnje. Anaerobna fermentacija ili razgradnja je od iznimne važnosti jer dolazi do proizvodnje bioplina iz biomase koji može biti iskorišten u proizvodnji električne i toplinske energije, uz manje emisije stakleničkih plinova. Kako bi se postigla što veća proizvodnja i kvaliteta bioplina, potrebno je znati na koji način vanjski tehnološki čimbenici utječu na sam proces. Čimbenici su podijeljeni u tri grupe:

- Fizikalni tehnološki čimbenici- temperatura, tlak, usitnjenost i vrsta supstrata, miješanje, vrijeme zadržavanja u fermentoru, otklanjanje kore s površine supstrata
- Kemijski tehnološki čimbenici- pH, inhibitori, anaerobnost, odnos C:N, odnos suhe tvari i vode

- Biološki tehnološki čimbenici – hranjive tvari, kvaliteta metanskih bakterija

Odnos vode i organske suhe tvari važan je u svim fazama anaerobne razgradnje, količina vode posebice je važna u fazi hidrolize, jer u nedostatku vode je usporen rad bakterija. Ukoliko je vode previše, tada osim što je usporen rad bakterija razgradnja se ne može obaviti u predviđenom obimu, pa supstrat izlazi iz fermentora gotovo nerazgrađen.

Proizvodnja bioplina iz stajskog gnoja osigurava očuvanje okoliša i dobra tehnološka rješenja za zbrinjavanje otpada koji se pretvara u iskoristivu energiju. Takav način prerade otpada smanjuje troškove uvoza energije i naftnih derivata. Proizvodnjom bioplina iz goveđeg i svinjskog gnoja farme mogu postati proizvođači električne i toplinske energije, te na taj način smanjiti emisiju stakleničkih plinova i spriječiti odlazak metana u atmosferu. Na bazi ukupnog broja goveda i svinja u RH moguće je izgraditi 83 bioplinska postrojenja od 1 MW. Koristeći gnoj samo s farmi moguće je proizvesti 19,33-22,50 MWh električne energije i 22,85-26,64 MWh toplinske energije. Korištenjem bioplina smanjila bi se koncentracija ugljikova dioksida u atmosferi, zbog smanjenja korištenja fosilnih goriva. Isto tako, Hrvatska bi ostvarila svoje obveze prema EU u zamjeni konvencionalnih goriva s obnovljivim izvorima, te povećala broj zaposlenih osoba.

Cantrell (2008) navodi pogodnost korištenja životinjskog otpada za produkciju bioenergije. Stajski gnoj je smjesa gustih i tekućih izmeta domaćih životinja i stelje. Vrijednost stajskog gnoja ovisi o vrsti životinje, prehrani, starosti životinje, vrsti stelje, postupcima skladištenja i načinu primjene na polju. Ako se bioplin proizvodi iz goveđeg gnoja govedarske farme mogu postati vrlo značajni proizvođači energije i smanjiti emisiju stakleničkih plinova, sprječavajući odlazak metana u atmosferu. Bioplin je proizveden biološkim procesom. Zapaljiv je i sadrži od 55-80% metana. Anaerobna fermentacija od iznimne je važnosti jer dolazi do proizvodnje bioplina iz biomase. On se može iskoristiti u proizvodnji toplinske i električne energije. Tehnološki čimbenici koji utječu na proces su fizikalni (tlak, temperatura, vrsta i usitnjenost supstrata, vrijeme zadržavanja u fermentatoru, miješanje, uklanjanje kore s površine supstrata), te kemijski (pH, inhibitori, anaerobnost, C:N odnos, odnos vode i suhe tvari) i biološki čimbenici (hranjiva tvar, kvaliteta metanskih bakterija). U svim faza anaerobne razgradnje važan je odnos vode i organske suhe tvari. U fazi hidrolize posebice je važna voda jer u slučaju nedostatka vode usporen je rad bakterija, razgradnja ne može biti obavljena u predviđenom



obimu pa supstrat izlazi iz fermentora nerazgrađen. Bioplin može služiti kao zamjena za zemni plin. Iz bioplina proizvedenog s 1 ha motorno vozilo može prijeći 70.000 km. Ukupna energija koja je upotrebljena iz biomase u svijetu je 6-13% i sve je više u porastu.

Kod utvrđivanja potencijalne proizvodnje bioplina iz svinjske i goveđe gnojnice prema Thompsonu (2001) određen je sadržaj pepela i organske tvari, postotak vlage. Kroz zasićenu otopinu proizvedeni bioplin prikupljan je u potopljenim građuiranim posudama. Iz obiteljskih gospodarstava i pravnih osoba lako je organizirati prikupljanje otpada zbog velike količine otpada na malom prostoru, što predstavlja opterećenje za okoliš zbog visokih koncentracija suspendiranih tvari, kemijske potrošnje kisika, dušikovih i fosfornih spojeva ( Quanguo Zhang, 1997, Ramaraj Boopathy, 1998). Koncentracija ugljikovog dioksida u atmosferi smanjila bi se korištenjem bioplina, jer bi se smanjila potrošnja fosilnih goriva. Republika Hrvatska zamijenila bi konvencionalna goriva sa obnovljivim izvorima energije, te tako sačuvala okoliš.

Ošlaj i Muršec (2010) u svom radu opisuju kako tehnologije obnovljivih izvora energije ne proizvode samo energiju, toplinu i gorivo za transportna sredstva, već također nude mogućnost života koji vodi razumnom budućem razvoju. U Europi i drugim industrijaliziranim područjima glavni razlog za razvoj obnovljivih izvora energije je briga za okoliš, posebice zabrinutost u vezi s globalnim klimatskim promjenama i potrebom za poboljšanje sigurnosti i raznolikosti opskrbe energijom. Proizvodnja „zelene energije“ iz bioplina, koja je među obnovljivim izvorima energije, u regijama bez vlastitih konvencionalnih izvora energije pruža prilike za održivi razvoj. Proizvodnja „zelene energije“ iz bioplina obećava ekološki manje štetan način dobivanja energije smanjenjem emisije CO<sub>2</sub> u okoliš i smanjuje energetske ovisnosti o uvoznim izvorima energije. Proizvodnja bioplina je od velike važnosti za održivo korištenje agrarne biomase kao obnovljivog izvora energije. Bioplin ima povoljno djelovanje na okoliš i dodatni je izvor prihoda za poljoprivrednike, nastao je anaerobnom fermentacijom organske tvari kao što su ostaci biljaka, gnojivo, otpadne tvari. Obnovljivi izvori energije kao i ostale energije utječu na okoliš, ali utjecaj obnovljivih izvora energije mnogo je manji od nuklearnih i fosilnih. Obnovljivi izvori energije su prava rješenja za klimatske promjene, ali to ne bi trebalo biti jedino alternativno rješenje. Globalni izazov zaštite okoliša zahtijeva modificirani ekološko orijentirani energetske sustav za budućnost. Uz proizvodnju energije koja ne opterećuje atmosferu, nema dodatnih emisija stakleničkih plinova.

Kod dobrog funkcioniranja fermentora treba spriječiti ulaz zraka i svjetla, spremnici moraju biti vodonepropusni i nepropusni za plin, osigurana precizna statička i termo regulacija. Fermentor mora biti zagrijan na željenu temperaturu procesa i precizno reguliran. Potrebno je spriječiti obilno i često miješanje, te je potrebno osigurati pouzdani ulaz i izlaz, izbjegavati ulazak pretjerane količine supstrata odjednom, te izbjegavati prekomjernu količinu dezinficirajućih tvari. Mora se predvidjeti odgovarajuće vrijeme držanja digestata u fermentoru. Punjenje fermentora se obično obavlja dva puta dnevno, smjesa nakon fermentacije ne sadrži nitrata, pa je vrijedno biološko gnojivo. Anaerobna digestija jedna je od najčešćih tehnologija za proizvodnju energije kao i stabilizaciju i smanjivanje količina otpada. Proizvodnja bioplina će uvijek ostati vrlo važan čimbenik i s padom cijene energenata, iskorištavanjem stajskog gnoja kao sirovine za proizvodnju bioplina. Postoji znatni potencijal za proizvodnju bioplina u Europi kao i u mnogim drugim dijelovima svijeta. Anaerobna digestija stajskog gnoja nudi nekoliko ekološko-poljoprivredno, socijalno-ekonomske koristi. Kroz poboljšanu kvalitetu gnojiva, smanjenje neugodnih mirisa, inaktivacije patogena i proizvodnja bioplina kao čistog obnovljivog goriva za višestruku uporabu.

Šljivac (2009) razmatra najefikasniju iskoristivost velikog potencijala RH i cjelokupne regije u svrhu proizvodnje toplinske i električne energije iz biomase i bioplina. Biomasa kroz godine postaje iskoristiv izvor energije i može se podijeliti na brzorastuće biljke i ostatke, tzv. otpad. Najveći interes pobuđuje drvena masa nastala kao otpadna tvar u drvnoj i šumarskoj industriji te u poljoprivredi. Projekt korištenja energije iz biomase veći je od ekonomske dobiti jer ima brojne pozitivne učinke kao što su zbrinjavanje otpada, otvaranje novih radnih mjesta, povećanje konkurentnosti drvne industrije i šumarstva. Proces sagorijevanja ima nekoliko faza: zagrijavanje, sušenje, destilacija hlapljivih sastojaka, izgaranje hlapljivih sastojaka i čvrste tvari. Ako se biomasa spaljuje, ugljikov dioksid se oslobađa u atmosferu i dolazi do ponovne asimilacije. Dođe li do korištenja takve biomase umjesto fosilnih goriva, ugljik, koji je pohranjen u fosilnim gorivima, ostaje u tlu, a oslobođeni ugljik iz atmosfere iskorištava se sa svakom novom biljnom generacijom. U nas se planira izgraditi nekoliko postrojenja koja bi kogeneracijom iskoristila drvenu biomasu sa svrhom kombinirane proizvodnje električne i toplinske energije. Sav organski materijal, biljni i životinjski, može biti razgrađen aerobno i anaerobno, a njihovi produkti razgradnje vrlo su različiti. U 2002. godini u Njemačkoj je bilo 2000 postrojenja za proizvodnju bioplina, a u Austriji 110.

Hublin (2005) opisuje kako se u današnjem svijetu, kada dolazi do porasta potrošnje energije i ograničenih količina fosilnih goriva, nameće potreba istraživanja, razvoja tehnika iskorištavanjem održivih energetske rješenja. Važan parametar za energetske i ekonomsku učinkovitost bioplinskog postrojenja je iskorištavanje proizvedene topline. Dio topline koji se proizvede koristi se za grijanje digestora, dok se preostali može koristiti u poljoprivredne svrhe, industrijsku proizvodnju ili za grijanje-hlađenje objekata.

Dinca (2014) opisuje utjecaj teških metala na proizvodnju bioplina tijekom procesa anaerobne digestije. Teški metali prisutni su u vrlo značajnim koncentracijama. Kod gnoja životinja, industrijskim otpadnim vodama, biokemijskim reakcijama. Metali se u biokemijskim reakcijama mogu podijeliti u 3 skupine - stimulirajući, inhibicijski, toksični. Prekomjerne razine teških metala dovode do inhibicije i toksičnosti. Optimalni tretman stajskog gnoja smatra se proizvodnja bioplina anaerobnom digestijom, kao i ostali otpad kojeg je moguće preraditi u tu svrhu. Glavni sastojci bioplina su metan i ugljikov dioksid, ali ovisno o njihovom podrijetlu mogu sadržavati i sumporovodike, amonijak. Najvažniji završni proces proizvodnje bioplina je njegovo pročišćavanje. Procesi kojima se može još pročišćavati su: fizikalno-kemijski adsorpcija kemikalija u vodenim otopinama. Adsorpcija na krutini adsorbensa, katalitička oksidacija preko aktivnog ugljena i ribanje otapala ili biološka. Što se tiče europske direktive koje se odnose na proizvodnju iz obnovljivih izvora je smanjenje emisije stakleničkih plinova, te održivo gospodarenje otpadom. Članice Europske unije ima obvezu smanjiti postotak stakleničkih plinova (GHG) za 20% i povećati energetske učinkovitost za 20% . Digestat kao gnojivo za poljoprivrednu proizvodnju smanjuje neugodne mirise iz životinskog gnoja i drugih organskih otpadaka. Anaerobna digestija uključuje niz metaboličkih reakcija, hidrolizu, acidogenezu, acetogenezu, metanogenezu koje provode različite skupine mikroorganizama. Da bi se dobila što veća količina bioplina potrebno je osigurati kontrolu okoliša i tehnoloških čimbenika povoljnih za aktivnost metanogenih bakterija i anaerobnu ravnotežu između zajednica mikroorganizama koji koegzistiraju. Najvažniji okolišni čimbenici su: temperatura, pH, sustav supstrata, tlak. Proizvodnja bioplina anaerobnom fermentacijom smatra se optimalnom metodom za poljoprivredu. Otpad, stajski gnoj i širok izbor organskog otpada jer ovi supstrati se pretvaraju u oblik obnovljive energije i organskog gnojiva za poljoprivredu.

## 2.1 Potencijali Republike Hrvatske u proizvodnji energije iz bioplina

Vlada RH razvila je poseban poticajni tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije, takvim radom pojavljuje se sve više mogućih proizvođača električne energije iz bioplina. Važno je napomenuti točku 3 članka 4 Tarifnog sustava gdje se uvjetuje domaći inženjering i proizvodnja 60% od ukupne vrijednosti jer u protivnom nije moguće dostići punu poticajnu cijenu, te se nameću određeni korekcijski faktori. Stajška gnojovka predstavlja velik problem našim poljoprivrednim proizvođačima kojih najviše ima u Slavoniji i Baranji, dakle tu postoji potencijal za proizvodnju električne energije. Procjenjuje se dnevni potencijal neto energije bioplinskih postrojenja od 240 MWh s obzirom na stočni fond Osječko-baranjske županije, ostala količina energije koju je moguće proizvesti nije dobar pokazatelj zbog usitnjenosti gospodarstva. (Šljivac, 2009.)

Tablica 4. Potencijalna energija Osječko-baranjske županije

	Svinjogojstvo	Govedarstvo		Peradarstvo
		Muzare	Ostalo	
<b>Broj</b>	58 093	4 715	9 081	94 572
<b>Ukupna energija (MWh/dnevno)</b>	38,9	38,43	44,1	5,7
<b>Neto energija (MWh/dnevno)</b>	25,5	24,9	28,5	2,8

*Izvor: Šljivac, 2009.*

## 2.2 Zakonska regulativa vezana uz bioplin u RH

Zakon o energiji (NN 102/15) propisuje da je osnovni akt kojim se utvrđuje energetska politika i planira energetske razvitak Strategija energetskeg razvoja (NN 130/2009). Strategija energetskeg razvoja donosi se za razdoblje do 2020. godine kako bi se uskladila s ciljevima i vremenskim okvirom Direktivi o promociji energije iz obnovljivih izvora 2009/28/EZ: smanjenje emisija stakleničkih plinova za 20%, 20% udjela energije iz obnovljivih izvora, te povećanje energetske učinkovitosti na 20% do 2020. godine. Zakon o energiji navodi da je

korištenje OIE (obnovljivih izvora energije) od nacionalnog interesa za Republiku Hrvatsku te propisuje korištenje i financijske poticaje za korištenje OIE.

Pravilnikom o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije (NN 88/12) , određeni su obnovljivi izvori energije koji se koriste za proizvodnju energije, uvjeti i mogućnost njihova korištenja, uključujući planiranje, registar projekata obnovljivih izvora energije i kogeneracije, te druga pitanja od značaja za korištenje obnovljivih izvora energije i kogeneracije. Financijski poticaji za korištenje obnovljivih izvora energije i kogeneraciju određuju se Zakonom o energiji (NN 102/15), posebnim zakonom kojim se uređuje djelatnost proizvodnje, distribucije i opskrbe toplinskom energijom, Zakonom o Fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (NN 10 i Zakonom o državnim potporama (NN 47/14).

Od 2016. godine na snazi je Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji (NN 100/15) kojim se uređuju planiranje i poticanje proizvodnje i potrošnje električne energije proizvedene u proizvodnim postrojenjima koja koriste obnovljive izvore energije i visokoučinkovitu kogeneraciju, utvrđuju mjere poticanja za proizvodnju električne energije korištenjem obnovljivih izvora energije i visokoučinkovite kogeneracije, uređuje provedba sustava poticanja proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i visokoučinkovite kogeneracije. Većina bioplinskih postrojenja u RH ima status kao povlašteni proizvođači električne energije. Elektroenergetski subjekt ili druga pravna ili fizička osoba koja u proizvodnom postrojenju istodobno proizvodi električnu i toplinsku energiju na visokoučinkovit način i/ili koristi obnovljive izvore energije i/ili otpad i obnovljive izvore energije za proizvodnju električne energije na gospodarski primjeren način sukladno propisima iz upravnog područja zaštite okoliša i prirode, neovisno o snazi proizvodnog postrojenja, može steći status povlaštenog proizvođača električne energije. Povlašteni proizvođači proizvedenu električnu ili toplinsku energiju prodaju u sustav po povlaštenoj tarifi s poticajima koja je specificirana u Tarifnom sustavu za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije.

Tablica 5. Tarifne stavke i visina tarifnih stavki za isporučenu energiju

Tip postrojenja	do 5 MW (cijena u kn/kWh)
<b>Elektrane na bioplin iz poljoprivrednih kultura te organskih ostataka i otpada biljnog i životinjskog podrijetla</b>	
<b>&lt; 300 kW</b>	1,34
<b>300 kW – 2 MW</b>	1,26
<b>&gt; 2 MW</b>	1,18

*Izvor: Zemljak, 2017.*

Dana 1.siječnja 2016. godine, kada je stupio na snagu ZOIE/VUK prestao je važiti tarifni sustav iz 2013., osim za nositelje projekata koji su do navedenog dana sklopili s HROTE-om ugovor o otkupu električne energije sukladno tarifnom sustavu.

Dana 20.12.2018. na snagu je stupio zakon o izmjenama i dopunama Zakona o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji (NN 111/2018) temeljem kojeg je Vlada RH donijela:

- Uredbu o poticanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji (NN 116/2018) kojom se detaljno razrađuje način i uvjeti provedbe novih modela poticaja dodjelom tržišne premije ili isplatom zajamčene otkupne cijene, određivanje maksimalnih referentnih vrijednosti, određivanje maksimalnih zajamčenih otkupnih cijena, procedure za sklapanje ugovora, određivanje kvota za poticanje, primarni izvori energije, instalirana snaga.
- Uredbu o udjelu u neto isporučenoj električnoj energiji povlaštenih proizvođača kojeg su opskrbljivači električne energije dužni preuzeti od operatora tržišta električne energije (NN 116/118) kojom se određuje da su opskrbljivači električne energije dužni preuzeti od operatora tržišta električne energije 70 % u neto isporučenoj električnoj energiji povlaštenih proizvođača električne energije.

Uredbom o poticanju uređen je novi način postupanja HROTE-a prilikom sklapanja ugovora o otkupu električne energije iz OIEiK i to provedbom javnih natječaja za dodjelu tržišne

premije, odnosno sklapanjem ugovora sa zajamčenom otkupnom cijenom temeljem odluke o odabiru najpovoljnijeg ponuđača.

Od početka uspostava sustava poticaja proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije u RH (srpanj 2007. godine) do kraja 2018. godine HROTE je, isključivši istekle i raskinute ugovore, imao ukupno 1.384 ugovora o otkupu električne energije iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije i kogeneracijskih postrojenja.

- Postoji 177 ugovora o otkupu električne energije po odredbama Tarifnog sustava (NN 33/07)
- Postoji 915 ugovora o otkupu električne energije po odredbama Tarifnog sustava (NN 63/12)
- Postoji 292 ugovora o otkupu električne energije po odredbama tarifnog sustava (NN 133/13)

Tablica 6. Broj ukupno sklopljenih ugovora o otkupu el. energije po tehnologijama i instaliranoj snazi

TEHNOLOGIJA	Sklopljeni ugovori (broj postrojenja)	Instalirana snaga [kW]
Vjetroelektrane	26	717.800
Sunčane elektrane	1.232	53.466
Hidroelektrane	16	6.719
Elektrane na biomasu	54	112.098
Elektrane na bioplin	48	53.920
Kogeneracijska postrojenja	6	113.293
Geotermalne elektrane	1	10.000
Elektrane na plin iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda	1	2.500
<b>UKUPNO</b>	<b>1.384</b>	<b>1.069,796</b>

*Izvor: HROTE, sustav poticaja OIEiK u RH, godišnji izvještaj za 2018. godinu*

Tablica 7. Broj i ukupno instalirana snaga svih aktiviranih ugovora o otkupu električne energije po tehnologijama

TEHNOLOGIJA	Povlašteni proizvođači (broj postrojenja)	Instalirana snaga [kW]
Hidroelektrane	1	1.305
Elektrane na biomasu	9	22.379
Elektrane na bioplin	5	3.998
Sunčane elektrane*	5	645
Vjetroelektrane	1	48.000
<b>UKUPNO</b>	<b>21</b>	<b>76.327</b>

\* Dio ugovora sklopljeno je temeljem ponovljenog upravnog postupka

*Izvor: HROTE, sustav poticaja OIEiK u RH, godišnji izvještaj za 2018. godinu*

U 2018. godini HROTE je sklopio 36 ugovora o prijenosu ugovora o otkupu temeljem kojeg su izmijenjeni nositelji projekata odnosno povlašteni proizvođači za određena postrojenja, te 22 dodatka ugovora o otkupu kojima su izmijenjene odredbe osnovnog ugovora o otkupu, a ukupno je raskinuto 9 ugovora o otkupu električne energije.

Tablica 8. Broj i ukupno instalirana snaga svih raskinutih ugovora o otkupu električne energije u 2018. godini po tehnologijama

TEHNOLOGIJA	Povlašteni proizvođači (broj postrojenja)	Instalirana snaga [kW]
Elektrane na biomasu	6	2.689
Elektrane na bioplin	3	1.599
<b>UKUPNO</b>	<b>9</b>	<b>4.288</b>

*Izvor: HROTE, sustav poticaja OIEiK u RH, godišnji izvještaj za 2018. godinu*



## **2.3 Sustav poticanja proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije**

### Opis sustava poticanja

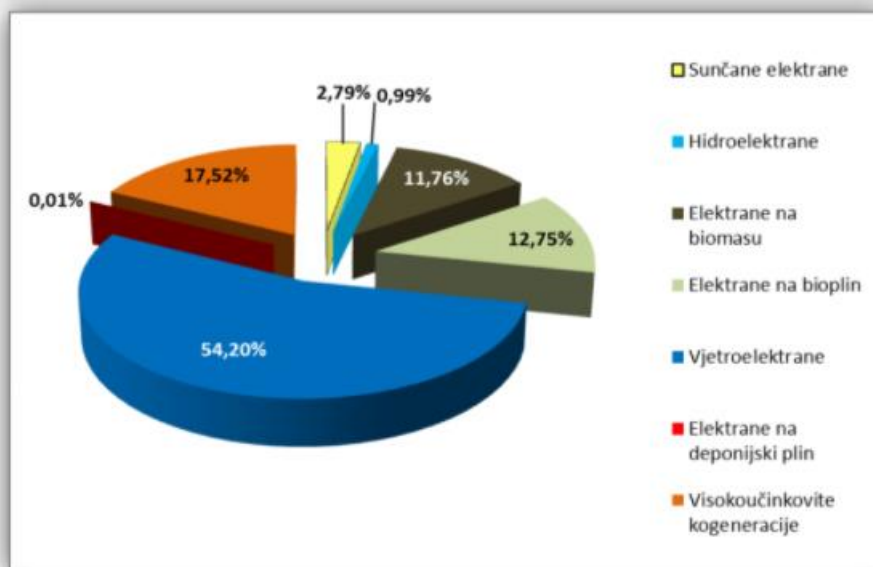
Poticajna cijena po kojoj HROTE plaća povlaštenom proizvođaču za električnu energiju isporučenu u elektroenergetski sustav isplaćuje se iz sredstava koja HROTE prikuplja sa dviju osnova:

- Sredstva prikupljena temeljem obveze svakog opskrbljivača da preuzme (otkupi) dio električne energije proizvedene iz OIEiK, ovisno o njegovom udjelu u ukupnoj opskrbi

Ukupnu neto isporučenu električnu energiju iz postrojenja povlaštenih proizvođača električne energije temeljem Zakona o OIEVUK i Uredbe o izmjeni Zakona o OIEVUK opskrbljivači električne energije bili su dužni preuzeti sukladno njihovom udjelu do 31. prosinca 2018. godine, po regularnoj otkupnoj cijeni koja iznosi 0,42 kn/kWh. HROTE sa svakim pojedinim opskrbljivačem sklapa ugovor kojim se detaljno uređuje sva međusobna prava i obveze u svezi s preuzimanjem, obračunom i naplatom pripadajućeg udjela električne energije proizvedene iz proizvodnih pogona koja koriste obnovljive izvore energije i kogeneracijska postrojenja.

- Sredstva prikupljena s osnova naknada za poticanje

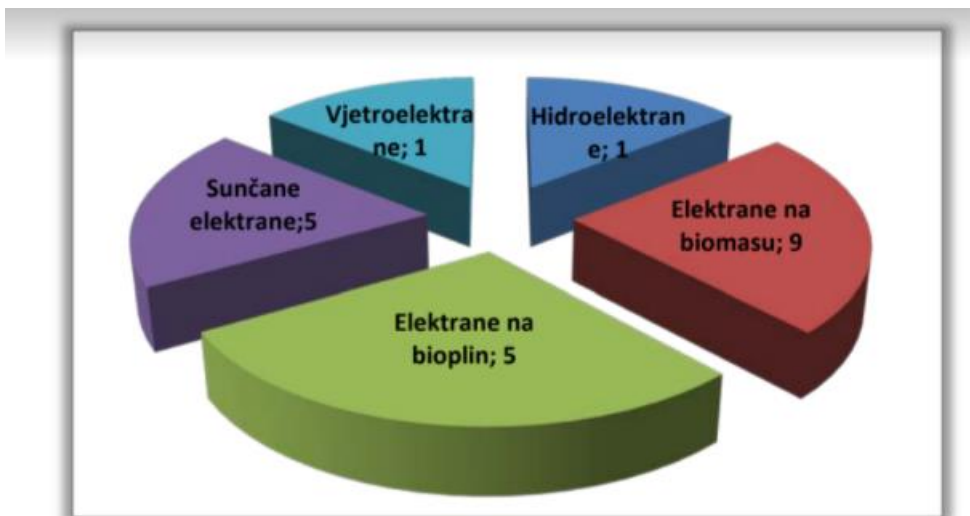
Naknada za obnovljive izvore energije i kogeneracije je namjenska naknada koju naplaćuju opskrbljivači električne energije kranjim kupcima kao fiksnu naknadu za svaki pojedini prodani kWh električne energije. HROTE sa svakim pojedinim opskrbljivačem sklapa ugovor kojim se detaljno utvrđuje sva međusobna prava i obveze u svezi sa prikupljanjem naknade za obnovljive izvore energije kogeneracije, obračunom i naplatom naknade.



Slika 8. Udjeli proizvodnje električne energije povlaštenih proizvođača po tehnologijama u 2018. godini

*Izvor: HROTE, sustav poticaja OIEiK u RH, godišnji izvještaj za 2018. godinu*

Svi instalirani proizvodni kapaciteti obnovljivih izvora energije i kogeneracije u 2018. godini ukupne instalirane snage 828,873 MW novih postrojenja proizveli su ukupno 2.482.533.220 kWh, na hrvatski elektroenergetski sustav priključeno je ukupno 76,327 MW novih postrojenja.



Slika 9. Broj novih postrojenja priključenih na mrežu u 2018 godini, po tehnologijama

*Izvor: HROTE, sustav poticaja OIEiK u RH, godišnji izvještaj za 2018. godinu*

### 3. MATERIJAL I METODE

Ovaj diplomski rad bavi se strojevima i opremom bioplinskog postrojenja tvrtke Bioplinara Organica Kalnik 1. Primarni podaci prikupljeni su na samom bioplinskom postrojenju, a sekundarni iz relevantne literature koja pokriva tehnologiju, strojeve i opremu bioplinskih postrojenja.

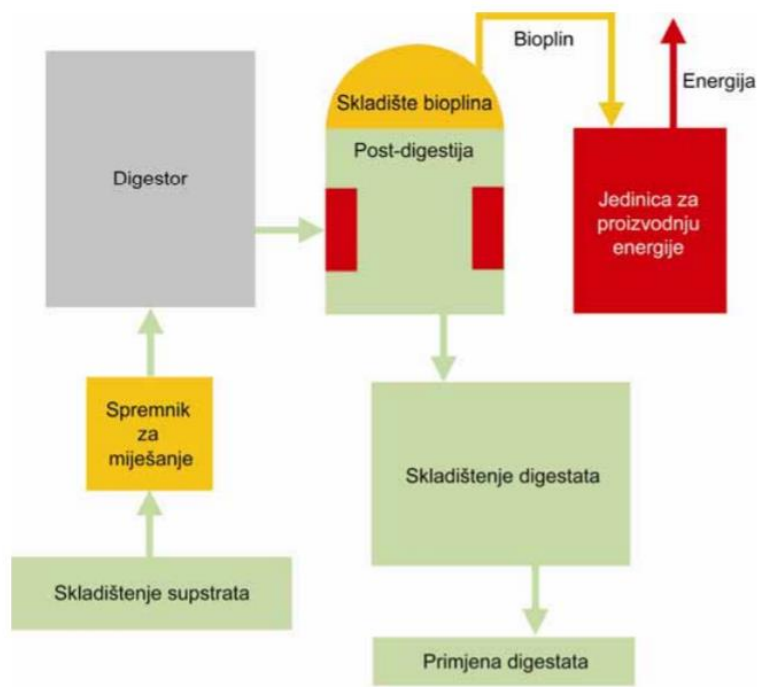
Tvrtka Bioplinara Organica Kalnik 1 d.o.o. bioplinsko je postrojenje snage 2,4 MW smješteno u općini Sveti Petar Orehovec u naselju Gregurovec, nedaleko od grada Križevaca u Koprivničko-križevačkoj županiji. Izgradnja bioplinskog postrojenja za proizvodnju električne energije započela je 2015. godine, a postrojenje je pušteno u pogon 24. rujna 2016. godine.

U radu su korištene metode prikupljanja, analize i obrade podataka o radu strojeva i opreme u tehnološkom procesu proizvodnje bioplina u postrojenju u Gregurovcu, metode usporedbe analiziranih podataka s literaturnim podacima o različitim tehnološkim rješenjima proizvodnje bioplina. Laboratorijskim analizama krute frakcije digestata utvrđena su njegova kemijska svojstva i nutritivna vrijednost kao organskog gnojiva.

U radu su analizirani i obrađeni podaci o troškovima proizvodnje bioplina kako bi se utvrdila cijena proizvedene električne i toplinske energije te isplativost njihove proizvodnje, kao i utjecaj na poslovanje poljoprivrednih gospodarstava i farmi od kojih nabavljaju supstrate za anaerobnu digestiju.

#### 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

Bioplinsko postrojenje je složena instalacija koja se sastoji od svih potrebnih uređaja za proizvodnju bioplina i električne energije. Izgled postrojenja ovisi o vrsti i količini sirovina koje se koriste za proizvodnju bioplina, budući da one u bioplinskim postrojenjima dolaze u mnoštvu različitih oblika različitog porijekla. Postoje različite tehnike i tehnologije za preradu pojedinih vrsta sirovina, različite konstrukcije fermentora i različiti sustavi radnog procesa, odnosno funkcioniranja sustava.

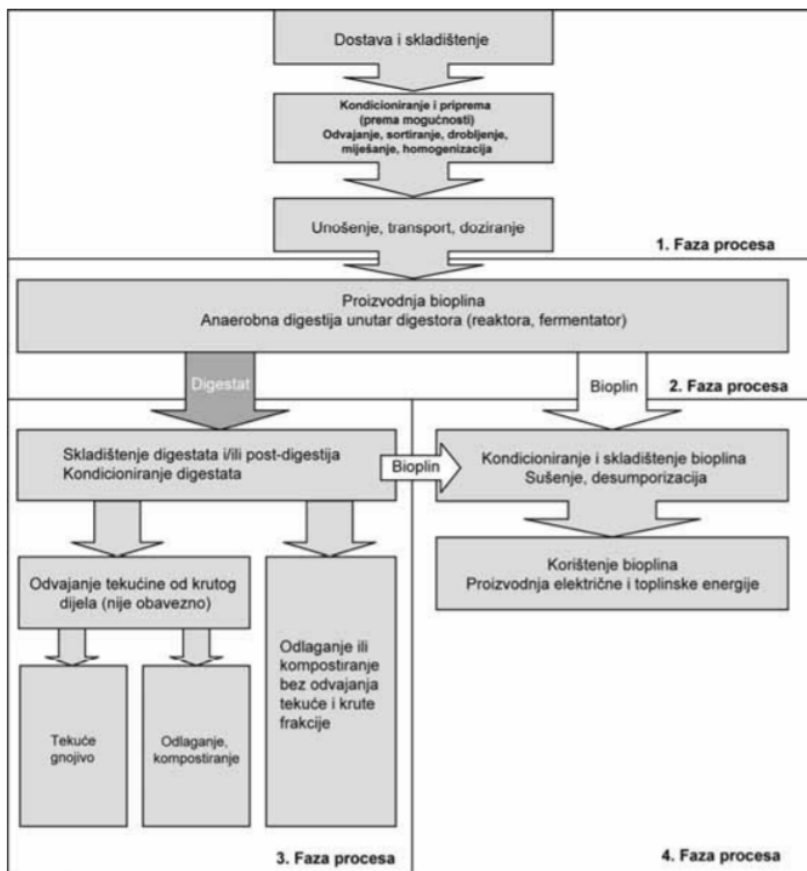


Slika 10. Glavni dijelovi postrojenja za proizvodnju bioplina

*Izvor: Prafl, 2008.*

Proces proizvodnje bioplina u poljoprivrednim bioplinskim postrojenjima obično se odvija u četiri faze:

1. Transport, isporuka, skladištenje i prethodna obrada sirovina
2. Proizvodnja bioplina (AD)
3. Skladištenje digestata, eventualno kondicioniranje i primjena
4. Skladištenje bioplina, kondicioniranje i korištenje



Slika 11. Procesne faze proizvodnje bioplina iz biomase

*Izvor: Jäkel, 2002.*

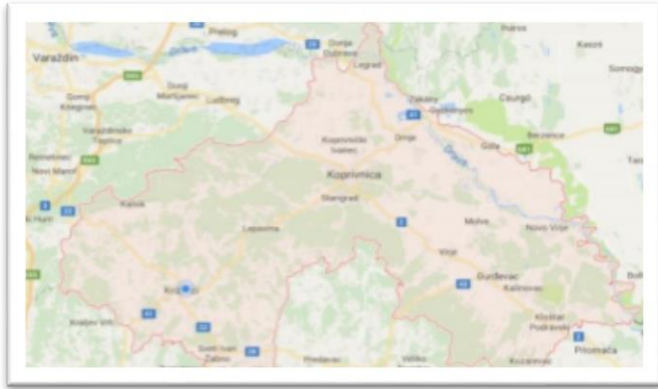
Izbor vrste i rasporeda elemenata bioplinskog postrojenja prvenstveno ovisi o dostupnoj sirovini. Količina sirovine određuje dimenzioniranje veličine fermentora, kapacitet skladišta i kogeneracijskog postrojenja. Kvaliteta sirovine (udio suhe tvari, struktura, porijeklo...) određuje procesnu tehnologiju. Ovisno o sastavu sirovine, može doći do potrebe za odvajanjem problematičnog materijala iz mješavine, pretvaranja sirovine u smjesu, dodavanjem vode kako bi se mješavina pripremila za transport crpkama. Ukoliko je nabavljena sirovina sklona kontaminaciji, neophodno je uključiti korak sanitacije u cjelokupnu strukturu budućeg postrojenja. U slučaju mokre AD, obično se koriste jednofazna AD postrojenja s protočnim procesom. Kod dvofaznog procesa, ispred fermentora se stavlja pred-fermentor. U pred-fermentoru se stvaraju optimalni preduvjeti za prva dva procesna koraka AD procesa (hidroliza i acidogeneza). Nakon pred-fermentora, sirovina ulazi u glavni fermentor gdje se nastavljaju sljedeći koraci AD (acetogeneza i metanogeneza). Digestirani supstrat (digestat) se crpkama

transportira iz digestora u spremnike za skladištenje. Ti spremnici moraju biti prekriveni membranama koje ne propuštaju plin kako bi se proizvodnja i skupljanje bioplina nastavilo na sobnoj temperaturi (post-digestija). Druga je mogućnost skladištiti digestat u otvorene kontejnere s prirodnim ili umjetnim plutajućim slojem koji svodi emisije s površine na najmanju moguću mjeru. Standardni način korištenja digestata je u obliku tekućeg gnojiva za poljoprivredno zemljište. Proizvedeni bioplin se skladišti, kondicionira i koristi za proizvodnju energije.

#### **4.1 Bioplinско postrojenje Bioplinara Organica Kalnik 1 d.o.o.**

Bioplinско postrojenje službeno je pušteno u pogon 24. rujna 2016. godine. S prvim punjenjem bioplinскоg postrojenja počelo se u svibnju 2016. godine, a pogon s punim radnim kapacitetom krenuo je u srpnju 2016. godine. Gradnja bioplinске elektrane u ovom području primjeren je sustav za zatvaranje proizvodno-prerađivačkog poljoprivrednog procesa jer se omogućava dobivanje toplinske i električne energije, kao i digestata kao nusproizvoda koji predstavlja izvrsno organsko gnojivo. Tehnologija koju koristi bioplinско postrojenje je NAHTEC GmbH, odabrani izvođači su NAHTEC GmbH i Hidroregulacija d.d. Vrijednost investicije iznosila je 59.789.669,00 HRK. Zaposleno je 10 djelatnika na postrojenju.

Kako bi se što učinkovitije iskoristila toplinska energija iz bioplinare, u planu je bila i izgradnja akvaponija uz bioplinско postrojenje, pogon za uplinjavanje posušenog digestata, kompostana, staklenik, laboratorij za praćenje ulaznih sirovina i učinkovitosti rada postrojenja. Ovo postrojenje je koncipirano je kao menadžment tvrtka. Sastoji se od dva odjela - centralnog i upravljačkog. Centralni nadzorni sustav ujedno je i dispečerski centar. To je glavni logistički centar za nabavu sirovina energetske postrojenjima. Upravljački odjel zadužen je da samostalno ili u suradnji s hrvatskim kooperantom i nositeljem prava održava sve elemente energetskih postrojenja s biološke i kemijske strane. Osnovni cilj ovog odjela je osiguravanje nesmetanog tehničkog i upravljačkog rada s maksimalnim kapacitetom postrojenja.



Slika 12. Lokacija bioplinare Organica Kalnik1.

*Izvor: Google maps*



Slika 13. i 14. Pogled na bioplinско postrojenje

*Izvor: Arhiva slika bioplinare*



Slika 15. Ulaz u bioplinaru

*Izvor: Vlastita fotografija*



Ulazni materijal (biomasa) koja ulazi na bioplinsko postrojenje je sljedeće:

Supstrati:

- Gnojiva: goveđa i svinjska gnojovka i gnoj, peradarski gnoj
- Biljna biomasa: kukuruzna silaža, biomasa od sirka, žitna i travna silaža, svježi otkos trave, ostaci krme.

Kosupstrati:

- Biorazgradivi otpad prehrambeno-prerađivačke industrije.

Tu ubrajamo životinjske nusproizvode, ostatke hrane, mast, otpadno voće i povrće, kompost, industrijske otpadne vode bogate bjelančevinama i ugljikohidratima, otpadne tvari kod razgradnje masti. Za potrebe proizvodnje električne energije iz bioplina nužno je osigurati stabilne i dostatne količine otpada biološkog porijekla koji je sirovina u proizvodnji. Vrlo važna komponenta biološki razgradivog otpada za bioplinsko postrojenje je gnojovka (tekući stajski gnoj) koju isporučuju stočari iz regije s kojima bioplinara ima potpisane ugovore o otkupu za vremensko razdoblje od 15-20 godina. Stočarima gnojovka predstavlja svojevrsni problem zbog zakonski propisanog zbrinjavanja (u skladu s nitratnom direktivom Europske unije), te je oni besplatno dovoze i ustupaju bioplinskom postrojenju.

Bioplinara godišnje proizvede 60.000 t digestata, koji je vrhunsko organsko gnojivo i besplatno se daje svim zainteresiranim poljoprivrednicima s okolnih gospodarstava kako bi poboljšali kvalitetu tla, povećali prinose poljoprivrednih kultura i smanjili potrebe za mineralnim gnojivima.

Za potrebe proizvodnje električne energije godišnje se otkupljuje kukuruzne silaže u količini 35.000 t od preko stotinu kooperanata iz okolice. Za otkup električne energije potpisan je 14 godišnji ugovor s Hrvatskim operatorom tržišta energije (HROTE) po povlaštenoj feed in tarifi, koja se korigira na godišnjoj razini prema inflaciji i porastu cijene energenata. Bioplinara Organica Kalnik 1 prva je bioplinara u grupaciji koja je instalirala liniju za obradu biorazgradivog otpada i na taj način pridonijela rješavanju problematike zbrinjavanja biorazgradivog otpada.

- U 2018. godini zbrinuto je preko 18.000 t biorazgradivog otpada
- U 2019. godini potpisan je ugovor o zbrinjavanju biorazgradivog otpada grada Zagreba

Postrojenje se sastoji od dva fermentora i jednog postfermentora, dvije predmješaće jame, dvije kogeneracijske jedinice.

Kapacitet prvog fermentora je 5880 m<sup>3</sup>, drugog je 3820 m<sup>3</sup>, a kapacitet postfermentora je 3000 m<sup>3</sup>.

Mješaće jame imaju zapremninu od 400 m<sup>3</sup>. Kod tijeka ispuštanja gnojovke svako jutro ona se ispušta iz postfermentora u mješaće jame, nakon toga se u te jame ubacuje u određenom omjeru ostali biorazgradivi materijal. Ovisno o tome koliko ima plina, ta masa se mora zamiješati, te se ona svakog sata prepumpava preko crpki u crpnoj stanici. U prvom i drugom fermentoru dolazi do anaerobne fermentacije. Plin koji se oslobodio nakuplja se u spremniku ispod kupola fermentora i putem plinovoda kroz kondenzacijsku šahtu preko puhala dovodi do motora. Kupole na fermentorima sastoje se od dvije membrane. Prva membrana ima funkciju hvatanja plina i nalazi se s unutrašnje strane, a druga, nama vidljiva membrana, smještena je s vanjske strane. Ona ima ulogu štita unutrašnje membrane od nepovoljnih meteoroloških uvjeta. Prostor između kupola ispunjen je zrakom koji u taj prostor upuhuju mala puhala. Kondenzacijska šahta je najniža točka u tom plinovodu i u nju se slijeva sav kondenzat. Osnovni plin koji troše motori je metan.

Kada je plin topao 40°C i izađe po cijevima kroz hladnu zemlju, tamo dolazi do skupljanja. Baklja ima kapacitet 1000 m<sup>3</sup>/h. Plin koji povremeno izgara na baklji 85% je u iskoristivom obliku, te predstavlja gubitak. Vлага ne smije doći na motore zbog toga što se oštećuju cilindri, klipovi i ostali dijelovi.

Masa koja je ubačena izlazi iz fermentora nakon 38-40 dana preko crpke prema separatoru gdje se odvaja kruti i tekući digestat. Tekući digestat skladišti se u lagunu, a kruti na jedan plato ispod separatora. Na cijelom postrojenju primijenjena je Nahtec tehnologija, a sami plinski motori su proizvođača Jenbacher. U svakih sat vremena postrojenje u HEP mrežu isporuči 2 MWh električne energije i proizvede 2 MWh toplinske energije. Toplinska energija koristi se za grijanje upravnih zgrada i samih fermentora.

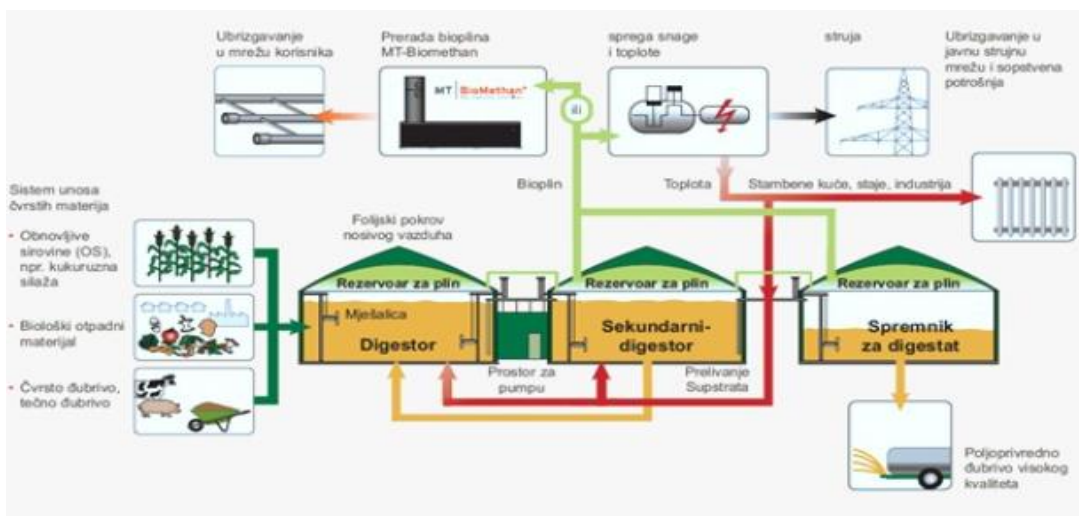
Postrojenje je koncipirano kao kontinuirano punjeno pomoću crpki i radi u srednjem mezofilnom temperaturnom području, u anaerobnom okolišu – bez prisutnosti kisika.

Energetska vrijednost tako dobivenog bioplina iznosi od 5,2 do 6,5 kWh/m<sup>3</sup> bioplina. Iz tog se postupka suproizvodnje ili kogeneracije proizvodi 83,8 % upotrebljive energije, dok su ostalo gubici u pretvorbi. Od te energije proizvodi se približno 42,1 % električne energije i 41,7% toplinske energije. Proizvedena električna energija predaje se u mrežu, dok se proizvedena toplina koristi za potrebe obrade sirovina za proizvodnju bioplina, grijanje fermentora i upravne zgrade.



Slika 16. Shema procesa proizvodnje

Izvor: Zemljak, 2017.



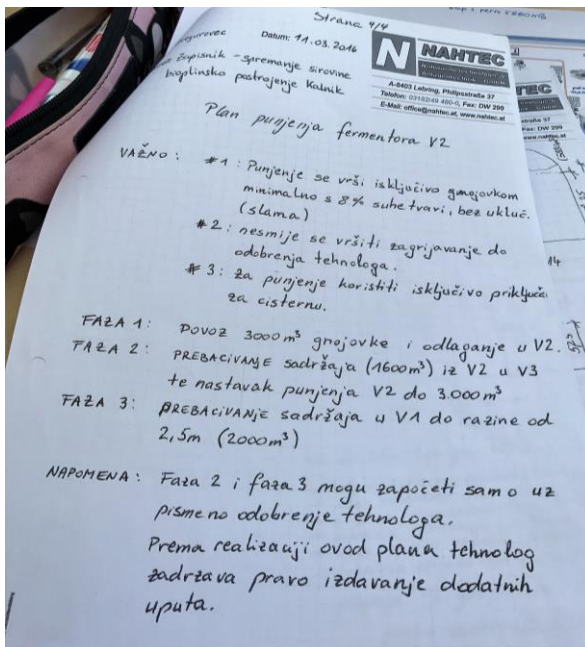
Slika 17. Predložena shema postrojenja za plin

Izvor: web bioplinara



Slika 18. Ulazak traktora i cisterne na mosnu vagu

*Izvor: Vlastita fotografija*



Slika 19. Primjer punjenja fermentora po fazama

*Izvor: Vlastita fotografija*

## 4.2 Uporaba Nahtec tehnologije na bioplinskom postrojenju

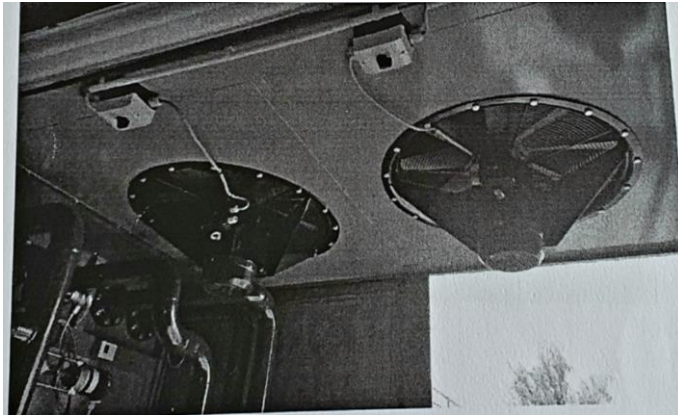
Kogeneracijski modul je Tricon 1200 J, smješten u posebnom kontejneru zajedno sa svim pomoćnim komponentama i sustavima. Toplinu je moguće vratiti pomoću sustava za hlađenje motora i sustava za hlađenje ispušnih plinova, ova oba sustava osiguravaju toplu vodu.



Slika 20. i 21. Kontejnerska kogeneracijska jedinica

*Izvor: Materijali sa bioplinskog postrojenja*

**Ventilacijski sustav kontejnera** obuhvaća kućište za ulaz zraka koji je postavljen na zid kontejnera, kako bi se zrak uveo u prostoriju s generatorom, odsisna ventilacija zraka postavljena je na krov kontejnera. Zvučna izolacija je izrađena od ploča mineralne vune koja se postavlja na bočne zidove i krov s izolacijskim pokrovima perforiranih čeličnih limova kako bi se postigle potrebne razine rezidualne buke ( debljina 90 mm).

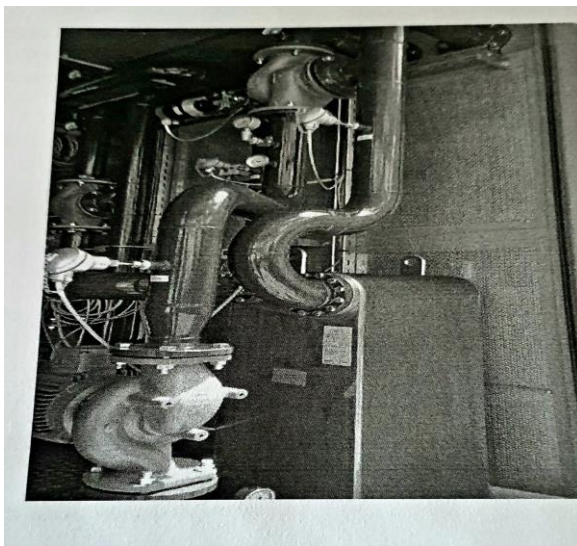


Slika 22. Ventilacijski sustav

*Izvor: Materijali sa bioplinskog postrojenja*

### **Cjevovod i instrumenti kogeneracijskog modula**

Krugovi za iskoristivost i disipaciju spojeni su sa motorom odgovarajućim zavarivanjem i kukama. Pomoćna oprema koja je postavljena u sklopu modula je cjevovod između zaštitne obloge otporne na visoke temperature na vodovodnoj mreži, cjevovod između obloge motora vodovodne mreže i suhog hladnjaka zraka, cjevovod između drugog stupnja međuhladnjaka (krug niske temperature) i suhog hladnjaka zraka, cirkulacijske crpke, ekspanzijski spremnici i instrumentacija na krugovima visoke i niske temperature.



Slika 23. Instrumenti kogeneracijskog modula

*Izvor: Materijali sa bioplinskog postrojenja*

## Sustav opskrbe bioplinom

Sastoji se od servoventila za isključivanje u hitnim slučajevima, cijevi za dovod plina od stijenke kućišta motora do jedinice za ukapljivanje plina opremljene potpornim stalcima, jedinica za ukapljivanje plina za motor.



Slika 24. Kontrola sustava za bioplin

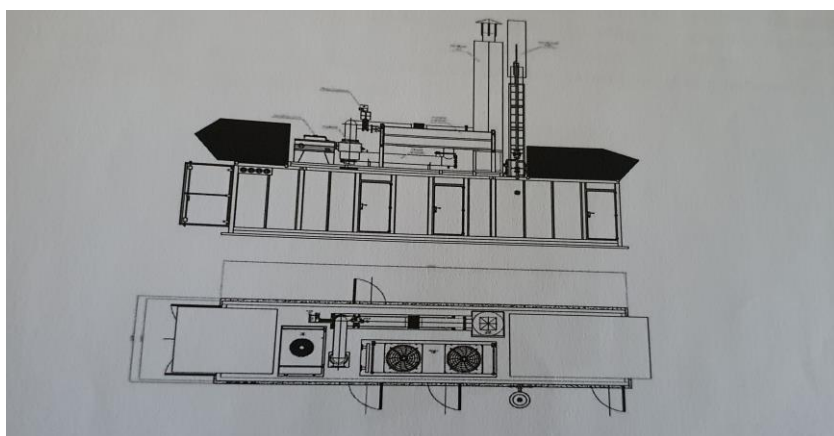
*Izvor: Vlastita fotografija*

## Cjevovod za ispušne plinove

Sastoji se od priključaka, kondenzatora, ispušnog dimnjaka, izolacije cjevovoda za ispušne plinove, potporne i sidrene konstrukcije. Priključci se sastoje od komada cijevi odgovarajuće veličine za ispušne plinove od nehrđajućeg čelika koja povezuje motor i jedinice postavljene duž voda. Te jedinice su oksidacijski katalitički pretvarač, prigušivač, ispušni dimnjak. Sustav odvodnje kondenzata - kondenzator postavljen je za cjevovod ispušnih plinova sa šavno zavarenim cijevima. Mjesto priključka na zidu je kontejnera, ispušni kondenzat usmjerit će se u lokalnu kanalizaciju na trošak klijenta. Ispušni dimnjak odgovarajuće je veličine i izgrađen od cijevi od nehrđajućeg čelika. Okomiti ispušni dimnjak na vrhu ima kupolu u obliku krnjeg stošca. Izolacija jedinica postavljenih duž cjevovoda za ispušne plinove, izgrađena od keramičkih vlakana i mineralne vune odgovarajuće gustoće i debljine, izolacijski pokrov vanjske površine izrađen je od oblikovanih aluminijskih limova. Potporne i sidrene konstrukcije služe kako bi se poduprla oprema postavljena na krovu kontejnera motora, ove komponente su čelične.

## Pomoćna oprema specijaliziranog kontejnera

Konstrukcija je od ugljičnog čelika, postavljena na otvorenom, s temeljnom konstrukcijom koja je prikladna za podupiranje opreme u kontejneru ( ulazni transformator, isklonni prekidač). Kontejner je opremljen s bočnim zidovima i krovom od rebraste željezne ploče, pojačanim kutovima radi podizanja dizalicom. Zbog potrebe ulaza nalaze se i pristupna vrata za svaku prostoriju. Kontejner motora opremljen je rasvjetom za normalni rad, rasvjetom u slučaju nužde, sustavom za ventilaciju zraka i sigurnosnom opremom.



Slika 25. Skica pomoćne opreme specijaliziranog kontejnera

*Izvor: Materijali sa bioplinskog postrojenja*

## Električna oprema

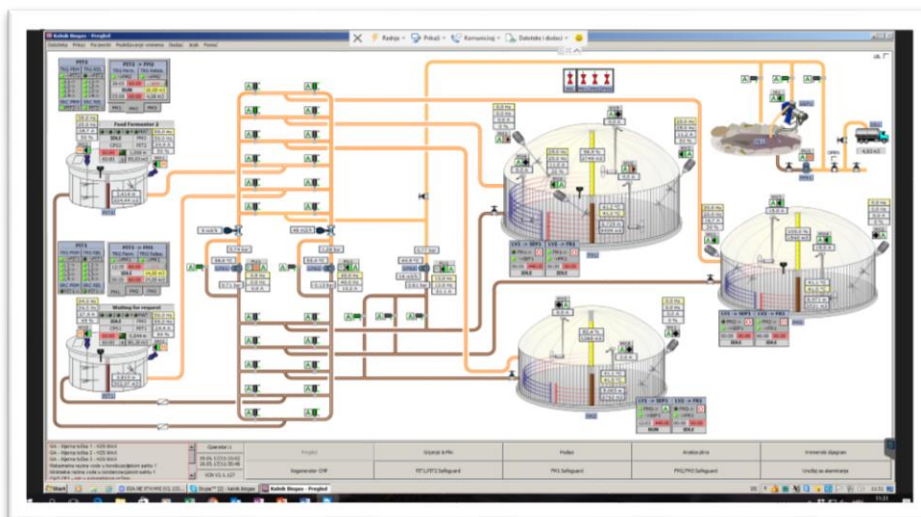
Električni priključci unutar kontejnera izrađeni su od savitljivih kabela otpornih na vatru, priključci su smješteni između ploče za napajanje, pomoćne ploče i ploče s prekidačima. Kabel koji prenosi signal postavljen je kako bi se osigurala povezanost upravljačke ploče i pomoćne opreme kogeneracijskog postrojenja. Upravljačka ploča – ploča PLC ( programska logička kontrolna ploča ) postavlja se zajedno sa sustavom za automatsko upravljanje za pomoćnu opremu tvrtke Unitronics. PLC upravlja općim funkcijama kogeneracijskog postrojenja, te funkcijama sučelja s nacionalnom električnom mrežom, preuzima sve analogne i digitalne podatke sa motora, nadzire i upravlja pomoćnim sustavima. Podacima povezanim s glavnim



sigurnosnim sustavima upravlja se pomoću fiksno ožičene logike. Kontrolna ploča može izravno preuzeti bilo koje upravljačke parametre. Neki od parametara su :

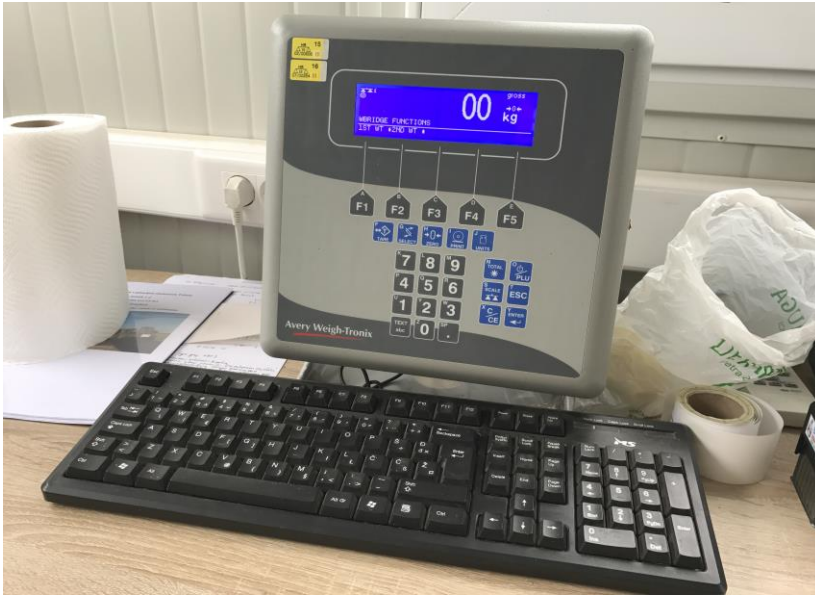
- uklopno stanje generatora,
- temperatura ulazne i izlazne vode motora,
- pritisak rashladne vode,
- temperatura povratne vode,
- vrijednost izvedbe generatora,
- aktivna snaga,
- temperatura odjeljka motora,
- temperatura smjese i hladnjaka za hitne slučajeve.

Sve parametre obrađuje, prikazuje i izvještava nadzorni sustav, on omogućuje prilagođavanje radnih parametara i preuzimanje podataka za prikaz. Ventilatori ventilacijskog sustava i ventilatori disipacijskog sustava opremljeni su promjenjivim aktuatorima brzine kako bi se osigurala maksimalna ušteda energije i učinkovitost tijekom rada.



Slika 26. Shema postrojenja sa kontrolne sobe

*Izvor: Vlastita fotografija*



Slika 27. Digitalna vaga

*Izvor: Vlastita fotografija*

## **Pomoćne mehaničke komponente**

### **Disipacijski sustav međuhladnjaka za smjesu**

Sastoji se od ekspanzijskog spremnika i instrumenata, trosmjernog regulacijskog ventila, cirkulacijske crpke (zasun, manometar, termometar).

### **Disipacijski sustav mreže za hlađenje obloge motora vodom**

Sastoji se od: ekspanzijskog spremnika i sigurnosne opreme, trosmjernog regulacijskog ventila.

### **Suhi hladnjak zraka za odbijanje vrućine međuhladnjaka za smjesu**

Suhi hladnjak zraka nalazi se na krovu kontejnera motora, a sastoji se od električnih ventilatora, lakiranog pocinčanog čeličnog okvira, bakrenih cijevi i aluminijskih krilca.

### **Suhi hladnjak zraka za odbijanje vrućine od hladnjaka vode za oblogu motora**

## **Oksidacijski katalitički pretvarač**

Kućište oksidacijskog katalitičkog pretvarača izrađeno je od nehrđajućeg čelika zajedno s pristupnim vratima za zamjenu spremnika i mjerenje pada tlaka.

## **Servoventil za bioplin**

Služi za isključivanje u slučaju nužde, a u skladu je s direktivom ATEX (francuski: Appareils destinés à être utilisés en ATmosphères EXplosives - oprema namijenjena uporabi u potencijalno eksplozivnim atmosferama), otporan je na eksploziju i obično je zatvoren.

## **Automatski sustav za dopunu ulja za podmazivanje**

Sastoji se od jednog komada spremnika za novo ulje, crpke, ventila i spojnih cijevi između automatskog sustava za ulje za podmazivanje i motora. Protuklizno dno kućišta s podnim rešetkama izrađeno je od čeličnih dijelova, donji spremnik ulja od zavarenih i obojanih čeličnih limova.

## **Sigurnosni sustavi bioplinskog postrojenja**

Vatrodojavni i plinodojavni sustav obuhvaća svu opremu koja pripada plinskom motoru. Detektori plina nalaze se u odjeljku motora i u prostoriji za distribuciju električne energije, u slučaju nužde moguće je isključiti sustav s pomoću prekidača za slučaj nužde. Model senzora za plin je Volgas MG-01-T2/s, model detektora dima glavna jedinica ECO 1003, utičnica ECO 1000. Ploča sa električnim spojkama odgovarajuće je veličine i izrađena je od metala. Nadzornim sustavom signali se preuzimaju upravljačkom pločom PLC koja je spojena sa zaslonom pomoću sustava SCADA, prikazuje i izvještava o statusu cjelokupnog kogeneracijskog postrojenja. Nadzorni sustav sastoji se od stolnog računala, softvera za nadzor, modema za daljinsko povezivanje, telefonskog birača, jednofazne jedinice napajanja koju nije moguće prekinuti. Raspored zaslona osmišljen je kako bi se optimizirala učinkovitost prikaza podataka. Sustav se sastoji od mehaničkih komponenti, a komponente od disipacijskog sustava međuhladnjaka (2. razine), disipacijskog sustava mreže za hlađenje obloge motora vodom, suhog hladnjaka zraka za odbijanje vrućine međuhladnjaka za smjesu (2. razina), oksidacijskog katalitičkog pretvarača, prigušivača, servoventila za bioplin. Automatski sustav za dopunu ulja za podmazivanje sastoji se od jednog komada spremnika za novo ulje, crpke ventila, spojnih

cijevi između automatskog sustava za ulje za podmazivanje i motora. Protuklizno dno kućišta s podnim rešetkama izrađeno je od čeličnih dijelova.

### **Ploča sa spojkama**

Ploča s električnim spojkama postavljena je u kontejner, izrađena je od metala i ima prekidač Masterpact NW25 H1 prekidač je strujnog kruga generatora, zajedno s elektroničkom zaštitom, isklopnim svitcima i statusnim kontaktima. Prekidač strujnog kruga generatora omogućava povezivanje s glavnom električnom mrežom.

### **Ulazni transformator**

Smješten je u zasebnom odjeljku kontejnera, 10/20/0,4 kV, hlađen uljem s odgovarajućim nazivnim kapacitetom, prostorija u kojoj je transformator opremljena je termostatom i aktivnim ventilacijskim sustavom. Niskonaponska veza između ploče DDG i primarnog namota ulaznog transformatora putem izoliranih kabela s odgovarajućim presjecima vodiča.

### **Razdjelna ploča za pomoćnu opremu**

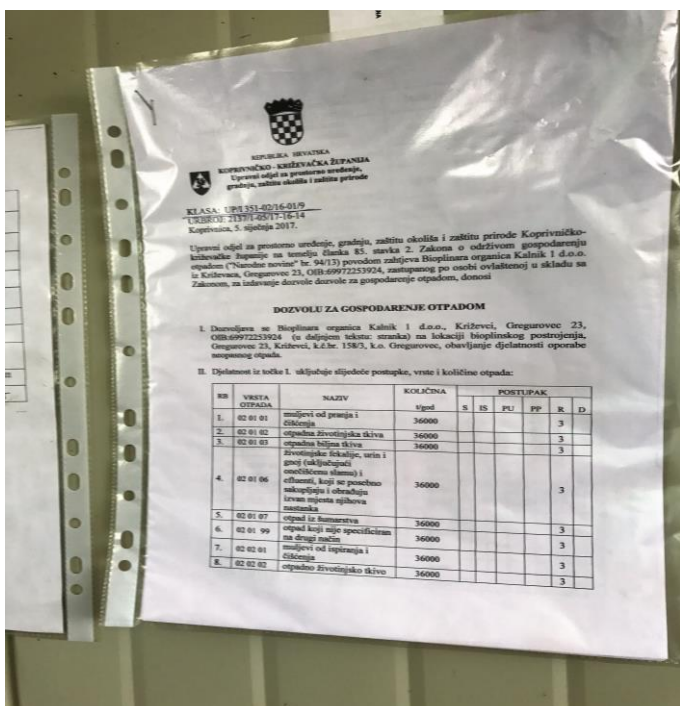
Pomoćni ormarić za razdjelu nalazi se u prostoriji za upravljanje električnom energijom, niskonaponska razdjelna ploča isporučena je i postavljena, te opskrbljuje pomoćnu opremu kao što su crpke, ventilacijski ventilatori, ventilatori hladnjaka i upravljački sustavi koji su neophodni za bioplinsko postrojenje. Sklopni uređaj izrađen je od čeličnog lima na temelju dokaznog dizajna, niskonaponska razdjelna ploča opremljena je svim potrebnim prekidačima i priključcima.

Svi razdjelni i upravljački ormarići zahtijevaju održavanje, a prašinu i druge kontaminante potrebno je povremeno ukloniti odgovarajućim metodama (npr. komprimirani zrak).

### **Dokumentacija**

Kao dio postupka mehaničkog inženjeringa, nacrti i tehnička dokumentacija su izrađeni u skladu s odgovarajućim odredbama. Po završetku radova tvrtka Triotechnik je osigurala sljedeću

dokumentaciju: izvedbeni mehanički raspored, sheme cjevovoda i instrumenata, tehnička dokumentacija, priručnik za rad i održavanje, CE izjavu o sukladnosti. Nacrta rasporeda građevinskih radova na kojima su ucrtani temelji, ukopani vodovi, i cijevi, osigurani su u sklopu postupka električnog inženjeringa.



Slika 28. Dozvola za gospodarenje otpadom

Izvor: Vlastita fotografija

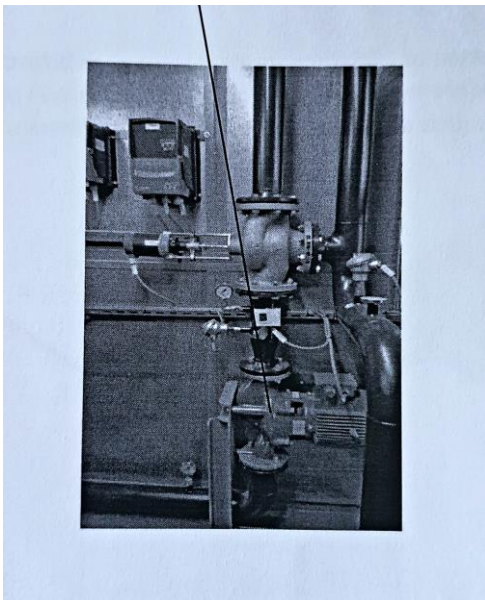
## Sustav modula

Unutrašnja voda za hlađenje motora cirkulira s pomoću crpke koja je montirana na bloku motora i prenosi se do rashladne obloge bloka cilindra kroz dvije vanjske cijevi na lijevoj i desnoj strani motora. Voda se dovodi do glava cilindara kroz okomite cijevi, ona protječe kroz glave, hladi ih, a zatim se rashladna voda vraća u crpku kroz povratnu cijev. Na povratnom vodu rashladne vode nalazi se odvojak kako bi se ohladio turbokompresor kojeg pokreću ispušni plinovi motora. Svi vodeni krugovi kontejnerske jedinice s plinskim motorom, uključujući krug modula, čine zatvoreni sustav koji je odvojen od strane potrošača zasebnim pločastim izmjenjivačem topline.

Prijenosom sredstva koje je upotrijebljeno za hlađenje motora (33% etilena / glikola), toplinska energija motora se iskorištava pod uvjetom da je potrebna na strani potrošača. Voda ili glikol temperature je oko 90°C, prenosi se do potrošača od sekundarne strane zasebnog pločastog izmjenjivača topline.

### **Crpka za rashladnu vodu modula**

Voda u sustavu između motora (izmjenjivači topline ulja, vode međuhladnjaka i ispušnog plina) i odvojivog izmjenjivača topline cirkulira s pomoću crpke modula ( za rashladnu vodu). Svrha ove crpke je do potrošača prenijeti toplinu nastalu u motoru, a preostalog viška topline do hladnjaka u slučaju nužde. Skaliranje crpke se provodi uzimajući u obzir otpornost motora i drugih elemenata u vodenom krugu. U ovom slučaju zbog dizajna unutrašnjosti i sheme osnovnog kruga plinskog motora funkciju crpke modula preuzela je crpka odgovarajuće veličine za krug hlađenja u slučaju nužde.

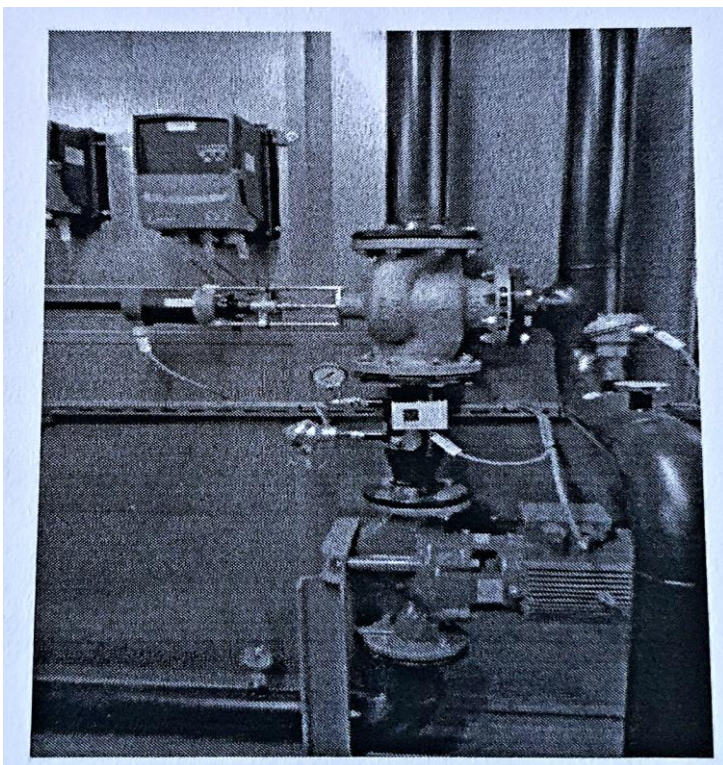


Slika 29. Crpka za rashladnu vodu modula

*Izvor: Materijali sa bioplinskog postrojenja*

### 3.11 Modul trosmjernog ventila za miješanje

Funkcija trosmjernog ventila je održavanje ispravne temperature ulazne vode za motor. S pomoću ovog ventila postiže se temperatura od 70°C koja je potrebna za hlađenje motora.



Slika 30. Trosmjerni ventil za miješanje

*Izvor: Materijal sa bioplinskog postrojenja*

### 4.3 Račun dobiti

Račun dobiti ili gubitka je financijski izvještaj koji pokazuje uspješnost poslovanja poduzeća kroz određeno vremensko razdoblje. Sadrži prikaz svih prihoda i rashoda, ostvarenog financijskog rezultata u određenom obračunskom razdoblju i daje nam odgovor na pitanje je li poduzeće ostvarilo svoj financijski cilj ili profitabilnost.

Prikazuje poslovnu aktivnost poduzeća u određenom razdoblju. (Izvor: Wikipedia, račun dobiti)

Tablica 9. Prikaz poslovne aktivnosti poduzeća u razdoblju od 01.01-31.12.2016. godine

OPIS	2016	2016
Poslovni prihodi	4.155,853	7.456,212
Poslovni rashodi	3.981,943	10.887,092
Financijski prihodi	13.353	10.332
Financijski rashodi	139.706	1.278,540
Ukupni prihodi	4.169,206	7.466,544
Ukupni rashodi	4.121,649	12.165,632
Dobit ili gubitak prije oporezivanja	47.557	-4.669,088
Dobit ili gubitak razdoblja	47.557	- 4669,088
<b>Ukupno:</b>	<b>16.676,824</b>	<b>29.906,176</b>

*Izvor: Materijali sa Bioplinskog postrojenja*

Iz tablice 5 vidljivo je kako je bioplinara poslovala sa gubitkom iz razloga što je to bila godina otvaranja bioplinskog postrojenja, i što se tada još nije proizvodila električna energija.

U poslovne prihode spadaju prihodi od prodaje poduzetnicima unutar grupe, prihodi od prodaje izvan grupe, prihodi na temelju upotrebe vlastitih proizvoda, robe i usluge, ostali poslovni prihodi ( izvan grupe). U poslovne rashode materijalni troškovi kao što su: troškovi sirovina i materijala, troškovi prodane robe, te troškovi osoblja, neto plaće i nadnice, troškovi poreza i doprinosa iz plaća, doprinosi na plaće, amortizacija. Financijski prihod su osnovni prihod s osnove kamata, tečajne razlike i ostali financijski prihodi. Financijski rashod su rashodi s osnove kamata i slični rashodi, tečajne razlike.



#### **4.4 Digestat**

Biomasa preostala nakon anaerobne razgradnje organske tvari - digestat predstavlja vrijedno gnojivo, bogato dušikom, fosforom, kalijem i mikronutrijentima. Za rasprostranjenje po poljoprivrednoj površini može se koristiti ista mehanizacija koja se koristi za svježi stajski gnoj i gnojnicu. U usporedbi sa svježim stajskim gnojem digestat ima znatno bolja gnojidbena svojstva zahvaljujući homogenosti i većoj hranidbenoj vrijednosti, boljem omjeru ugljika i dušika, te gotovo potpunom nedostatku neugodnih mirisa.

##### **Primjena digestata kao gnojiva**

Digestat je homogena masa s poboljšanim odnosom dušika i fosfora u odnosu na sirovu gnojovku, ima deklarirani sustav hranjivih tvari za biljke, što omogućava precizno doziranje i integracije u planove gnojidbe poljoprivrednog gospodarstva. Digestat sadrži više neorganskog dušika od netretirane gnojovke, što ga čini pristupačnim za biljke.

Ukoliko se digestat koristi kao gnojivo prema načelima dobre poljoprivredne prakse, iskoristivost dušika će značajno porasti, dok će gubici radi protjecanja i isparavanja biti svedeni na minimum. Radi optimalnog korištenja digestata kao gnojiva u obzir se moraju uzeti osnovni aspekti gnojenja kao i kod netretirane gnojovke:

- Dovoljan kapacitet skladišta (najmanje 6 mjeseci)
- Ograničena sezona primjene gnojiva (tijekom vegetacije)
- Količina gnojiva po hektaru (prema planu gnojidbe)
- Tehnike primjene gnojiva (neposredna primjena i minimalni gubitak hranjivih tvari)

Zbog bolje homogenosti i karakteristika protoka, digestat prodire u tlo brže od sirove gnojovke, ipak njegova primjena kao i gnojiva uključuje rizik gubitka dušika kroz emisije amonijaka i ispiranja dušika. Kako bi se taj rizik sveo na najmanju moguću razinu, potrebno je primijeniti nekoliko pravila dobre poljoprivredne prakse:

- Treba izbjegavati previše miješanja digestata prije primjene
- Dozvoljena je primjena jedino ohlađenog digestata iz spremišta nakon skladištenja

- Primjena na polju treba biti pomoću cijevi ili crijeva na povlačenje radi što manjeg gaženja tla, s izravnim unošenjem u tlo pomoću diskova i injektora
- Ovisno o usjevu, digestat bi trebalo primijeniti na početku sezone rasta ili tijekom rasta vegetacije
- Primjena kod ozimih usjeva trebala bi početi s 1/3 ukupne potrebe za dušikom
- Optimalni vremenski uvjeti za primjenu digestata su kišno vrijeme, visoka vlaga, vrijeme bez vjetrova. Suho, sunčano vrijeme i vrijeme s vjetrom značajno smanjuje iskoristivost dušika.

Digestat se može koristiti kao dodatno ili vršno gnojivo usjeva tijekom pune vegetacije.

### **Učinci primjene digestata na tlo**

Razgradnja organske tvari koja se dešava tijekom procesa AD uključuje i razgradnju ugljikovih veza, organskih kiselina kao i tvari koje uzrokuju neugodne mirise, te nagrizajuće tvari, zato se primjenom digestata stvara prikladnije okruženje s manje stresa po organizme tla u usporedbi s primjenom sirove gnojovke. Prema Al Seadi i sur. (2008.), direktna mjerenja biološke potrošnje kisika digestirane goveđe i svinjske gnojovke pokazala su 10 puta manju potražnju za kisikom nego u slučaju nedigestirane gnojovke, što znači da tla hranjena digestatom ne ulaze u anaerobnu fazu, odnosno koriste manje kisika raspoloživog u tlu. Kako je korištenje kisika iz tla smanjeno, tako je smanjena i tendencija stvaranja dijelova tla bez kisika poput anaerobnih zona koja sadrže dušik koji nije direktno iskoristiv biljkama.

Tablica 10. Rezultati kemijske analize krutog digestata iz bioplinskog postrojenja u Gregurovcu

Analitički broj uzorka 4.3./18.			
Vrsta uzorka - digestat svježi			
Redni broj	Vrsta analize	Jedinica	Vrijednost utvrđena analizom
1.	Suha tvar – S.T. (105 °C) -gravimetrijski	%	18,18
2.	Vlaga - gravimetrijski	%	81,82
3.	Žareni ostatak (550 °C) u mufolnoj peći	%	18,33
4.	Organska tvar (izračun)	%	85,61
5.	pH u H <sub>2</sub> O (1:5)	-	9,07
6.	Dušik, ukupni na S.T. (Kjeldahl metoda)	%	2,07 (0,376 u FM)
7.	Ukupni P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ukupni na S.T.	%	3,21 (0,583 u FM)
8.	Ukupni K <sub>2</sub> O ukupni na S.T.	%	7,14 (1,298 u FM)
9.	Ukupni Ca	g kg <sup>-1</sup>	9,84
10.	Ukupni Mg	g kg <sup>-1</sup>	10,32
11.	Ukupni Fe	g kg <sup>-1</sup>	1,876
12.	Ukupni Zn	mg kg <sup>-1</sup>	168,80
13.	Ukupni Mn	mg kg <sup>-1</sup>	241,40
14.	Ukupni Cu	mg kg <sup>-1</sup>	23,80

*Izvor: VGUK, kemijski laboratorij*

Iz tablice 6 je vidljivo da je količina suhe tvari manja u svježem krutom digestatu iz Gregurovca nego u onom iz Gradeca (Tablica 3). Postrojenje u Gradecu koristi tehnologiju ugušćivanja digestata pomoću topline nastale u kogeneracijskim jedinicama prije same separacije krute i tekuće faze.

Uspoređujući rezultate kemijske analize digestata iz Gregurovca s rezultatima iz Gradeca (Tablica 7), možemo zaključiti da je koncentracija željeza manja, a magnezija veća nego iz bioplinskog postrojenja Gradec.

Tablica 11. Rezultati kemijske analize krutog digestata s bioplinskog postrojenja u Gradecu

Analitički broj uzorka 4.2./18.			
Vrsta uzorka - digestat svježi			
Redni broj	Vrsta analize	Jedinica	Vrijednost utvrđena analizom
1.	Suha tvar – S.T. (105 °C) -gravimetrijski	%	21,54
2.	Vlaga - gravimetrijski	%	78,46
3.	Žareni ostatak (550 °C) u mufolnoj peći	%	14,90
4.	Organska tvar (izračun)	%	85,10
5.	pH u H <sub>2</sub> O (1:5)	-	8,13
6.	Dušik, ukupni na S.T. (Kjeldahl metoda)	%	3,15 (0,678 u FM)
7.	Ukupni P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ukupni na S.T.	%	3,82 (0,822 u FM)
8.	Ukupni K <sub>2</sub> O ukupni na S.T.	%	5,81 (1,251 u FM)
9.	Ukupni Ca	g kg <sup>-1</sup>	15,21
10.	Ukupni Mg	g kg <sup>-1</sup>	8,24
11.	Ukupni Fe	g kg <sup>-1</sup>	1,582
12.	Ukupni Zn	mg kg <sup>-1</sup>	470,00
13.	Ukupni Mn	mg kg <sup>-1</sup>	316,20
14.	Ukupni Cu	mg kg <sup>-1</sup>	89,40

*Izvor: VGUK, kemijski laboratorij*

Za razliku od separiranog krutog digestata, tekući digestat ima puno manji udio suhe tvari, a time i puno manju koncentraciju makro i mikro nutrijenata, što je vidljivo iz tablica 4 i 5. u

kojima su prikazane vrijednosti kemijske analize tekućeg digestata iz bioplinskog postrojenja Agroproteinke iz Sesevetskog Kraljevca i bioplinskog postrojenja iz Gradeca.

Tablica 12. Rezultati kemijske analize tekućeg digestata iz bioplinskog postrojenja Agroproteinke, Sesevetski Kraljevec

Analitički broj: 4.4.2018.			
Oznaka uzorka: Digestat			
Vrsta kemijske analize	Jedinica	Vrijednost utvrđena analizom	Vrijednost u FM
Suha tvar (S.T.) -105 °C	%	3,01	
Vlaga	%	96,99	
Žareni ostatak (550 °C)	%	42,92	
Organska tvar	%	57,08	
pH u H <sub>2</sub> O	-	8,05	
N ukupan na S.T.	%	8,28	0,2492 %
Ukupni P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> na S.T.	%	7,33	0,2206 %
Ukupni K <sub>2</sub> O na S.T.	%	3,45	0,1038 %
Ca na S.T.	g/kg	31,4	0,9451 g/kg
Mg na S.T.	g/kg	2,77	0,0833 g/kg
Fe na S.T.	mg/kg	17 800,00	535,78 mg/kg
Zn na S.T.	mg/kg	487,00	14,6587 mg/kg
Cu na S.T.	mg/kg	53,8	1,61938 mg/kg

Izvor: VGUK, kemijski laboratorij

Tablica 13. Rezultati kemijske analize tekućeg digestata iz bioplinskog postrojenja u Gradecu

<i>Na osnovi:</i>	<i>DM</i>	<i>DM</i>	<i>FM</i>	<i>FM</i>	<i>Metoda:</i>
	<i>kg/t</i>	<i>%</i>	<i>kg/t</i>	<i>%</i>	
<i>ST</i>	-	-	39,7	3,97	EN 12880-200
<i>oST</i>	-	-	28,2	2,82	EN 12879-200
<i>N ukupni</i>	130	13,01	5,16	0,516	VDLUFA Buch1, Kap.A2,1991
<i>NH<sub>4</sub><sup>+</sup>- N</i>	77,8	7,78	3,09	0,309	VDLUFA Buch2, Kap.3.2.6, 1995
<i>P</i>	12,3	1,23	0,49	0,049	EN ISO 11885:1997
<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	28,2	2,82	1,12	0,112	EN ISO 11885:1997
<i>K</i>	45	4,5	1,79	0,179	EN ISO 11885:1997
<i>K<sub>2</sub>O</i>	54,2	5,42	2,15	0,215	EN ISO 11885:1997
<i>Mg</i>	1,66	0,166	0,07	0,007	EN ISO 11885:1997
<i>MgO</i>	2,75	0,275	0,11	0,011	EN ISO 11885:1997
<i>Ca</i>	32,5	3,25	1,29	0,129	EN ISO 11885:1997
<i>CaO</i>	45,5	4,55	1,80	0,180	EN ISO 11885:1997
<i>S</i>	7,34	0,734	0,29	0,029	EN ISO 11885:1997
	<i>g/t</i>	<i>%</i>	<i>g/t</i>	<i>%</i>	
<i>B</i>	46,1	0,00461	1,83	0,000183	EN ISO 11885:1997
<i>Cu</i>	202	0,0202	8,02	0,000802	EN ISO 11885:1997
<i>Co</i>	0,72	0,000072	0,03	0,000003	EN ISO 11885:1997
<i>Mn</i>	384	0,0384	15,2	0,00152	EN ISO 11885:1997
<i>Zn</i>	1228	0,1228	48,7	0,00487	EN ISO 11885:1997

*Izvor:* List, 2017.

*Legenda:* DM – suha tvar, oDM – organska suha tvar, FM – svježa masa

Razlike u kemijskom sastavu digestata rezultat su razlika u tehnologiji i primijenjenim supstratima na različitim lokacijama, odnosno na različitim bioplinskim postrojenjima. Bioplinska postrojenja u Gregurovcu i Gradecu pretežito koriste za anaerobnu digestiju supstrate poljoprivrednog porijekla, kao što su različite vrste stajskog gnoja i gnojovke te energetske kulture, poglavito kukuruznu silažu, te jednim dijelom i biootpad s tržnica i iz trgovina (Gregurovec) i nuzproizvode životinjskog porijekla koji prolaze proces termičke obrade – sterilizaciju (Gradec), dok je bioplinsko postrojenje u Sesevetskom Kraljevcu jedino koje koristi isključivo higijenizirani biorazgradivi otpad iz kuhinja i kantina, tzv. koncept „waste to energy“.

## 5. ZAKLJUČAK

Investicija u obnovljive izvore energije je najbolja investicija u budućnost, ali i odlična poslovna prilika. Najefikasniji način zbrinjavanja organskog otpada je proces anaerobne digestije u kojem nastaje bioplin koji se kao energent koristi u kogeneracijskim jedinicama za proizvodnju električne i toplinske energije.

Istraživanjem strojeva i opreme u bioplinskom postrojenju potvrđene su postavljene hipoteze. Efikasna i učinkovita uporaba energije bioplina u proizvodnji električne i toplinske energije, nedovoljna iskorištenost toplinske energije i pozitivan utjecaj na poslovanje poljoprivrednih gospodarstava i farmi u svom okruženju. Bioplinara Organica Kalnik 1. d.o.o.o primarno je usmjerena na proizvodnju električne energije zbog ugovorne otkupne cijene, dok se toplinska energija koristi samo za vlastite potrebe, odnosno za održavanje potrebne temperature u fermentorima u mezofilnom području i grijanje upravne zgrade, a većim dijelom ostaje neiskorištena. Istodobna proizvodnja ova dva korisna oblika energije osigurava veću učinkovitost u odnosu na odvojenu proizvodnju toplinske i električne energije, a samim time postiže se i proporcionalno smanjenje onečišćenja okoliša. Ovakvo korištenje bioplina u kogeneracijskim jedinicama predstavlja standardnu primjenu kod velikog broja bioplinskih postrojenja. Većina postrojenja koja koriste mokru digestiju u mezofilnom području ne iskoristi dovoljnu toplinsku energiju.

Bioplinsko postrojenje ima mnoge zamisli za buduće investicije koje još nisu provedene, ali s obzirom na višak toplinske energije bilo bi prihvatljivo da se ta energija usmjeri na još neki dodatan izvor prihoda i koristi za same poljoprivrednike. Korištenjem supstrata i biootpada koji se prerađuje anaerobnom digestijom smanjuje se opterećenje okoliša, smanjuju se emisije stakleničkih plinova i efekt staklenika smanjenim korištenjem fosilnih goriva, a primjenom digestata u gnojidbi poboljšavamo strukturu tla i održavamo i popravljamo njegovu plodnost. Kao pojedinci trebali bi se okrenuti zelenoj energiji i raditi što je više moguće na dobrobiti i očuvanju prirodnih resursa za buduće generacije.



## 6. LITERATURA

1. Al Seadi, Finsterwalder, T., Janssen, R., Kottner, M., Prassl, M., Rutz, D., Volk, S., (2008): Bioplin priručnik
2. Bako, I.C., Ejura, G., J., Gbaja, I.S., Joshua, O.S., Yusuf, Y., I., (2014) : Fundamental Principles of Biogas Product, IJSER, svez II, br. 8, pp.47-50.
3. Braun, R., Steffen, R., Szolar, O., : Feedstocks for Anaerobic Digestion,« Institute of Agrobiotechnology Tulln, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna
4. Brdarić, D., Kralik, D., S.Kukić, Spajić, D., Tunjić, G., (2009): Konverzija organskog gnoja u bioplin, Poljoprivreda, Vol. 15, No 2, str. 3-7, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek i Poljoprivredni institut Osijek
5. Gašić, M., (2017): Zelena ekonomija
6. Hublin, A., (2012): Razvoj procesa i modeliranje anaerobne razgradnje sirutke, doktorska disertacija, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
7. Jarvis, A., Schnurer, A., (2009,2010) : Microbiological handbook for biogas plants,Swedish Waste Management.
8. Jukić, Ž., Janušić, V., Krička, T., Matin, A., Voća, N.,(2006) :Iskustva u proizvodnji i iskorištavanju obnovljivih izvora energije u Europskoj uniji, Krmiva, svez. 1, br. 48, pp. 49-54.
9. Jurišić, V., Krička, T., Voća, N., (2009) : Pojmovnik bioplina-priručnik, Grad Zagreb, Gradski ured za poljoprivredu i šumarstvo, Zagreb.
10. List, M., (2017) : Utjecaj gnojidbe digestatom iz bioplinskog postrojenja na prinos silažnog kukuruza, Diplomski rad, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
11. Ošljaj, M., Muršec, B. (2010):Biogas as a renewable energy source, Tehnički vjesnik, Vol 17 No 1, str. 109 – 114, Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu
12. Raff, R. (2017) :Kogeneracijska jedinica za proizvodnju električne i toplinske energije
13. Terzić, M. (2018): Nadomjesne sheme bioplinskih elektrana korištenih u proračunima elektroenergetskih mreža

14. Voća, N. (2009): Proizvodnja bioplina iz poljoprivredne sirovine i otpada, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
15. Zemljak, D. (2017) : Analiza mogućnosti bioplinskog postrojenja Bioplinara Organica Kalnik 1 d.o.o. Diplomski rad

Izvještaji i zakoni:

HROTE, sustav poticaja OEIK u RH, godišnji izvještaj za 2018. godinu

Zakon o energiji. Narodne novine. 2015. Broj 102. [25.9.2015.]

Strategija energetskega razvoja. Narodne novine. 2009. Broj 130 [30.10.2009.]

Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji. Narodne novine. 2015. Broj 100 [18.9.2015.]

Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije. Narodne novine. 2013. Broj 133

Internetske stranice i linkovi:

[http://www.big-east.eu/croatia/handbook/Prirucnik\\_za\\_bioplin\\_w%5B1%5D.pdf](http://www.big-east.eu/croatia/handbook/Prirucnik_za_bioplin_w%5B1%5D.pdf)

<https://repositorij.vguk.hr/islandora/object/vguk%3A274>

<http://www.izvorienergije.com/biogoriva.html>

<http://www.poslovni.hr/hrvatska/u-hrvatskoj-je-u-pogonu-1207-elektrana-na-oie-koliko-nam-je-preostalo-do-ispunjenja-zadanih-ciljeva-do-2020-300342>

<http://www.zelenaenergija.org/clanak/mala-skola-bioplina-sirovine-i-proces-dobivanja-bioplina/403>

<http://www.gospodarski.hr/Publication/2014/7/biomasa-obnovljivi-izvor-energije/7965#.WSLiGeuGPIU>

<http://www.quality.unze.ba/zbornici/QUALITY%202011/116-Q11-230.pdf>

[https://sh.wikipedia.org/wiki/Bioplin#Bioplin\\_iz\\_komunalnog\\_otpada](https://sh.wikipedia.org/wiki/Bioplin#Bioplin_iz_komunalnog_otpada)

[http://www.mps.hr/UserDocsImages/projekti/DOBRA%20POLJOPRIVREDNA%20PRAKSA/DPP\\_bioplin.pdf](http://www.mps.hr/UserDocsImages/projekti/DOBRA%20POLJOPRIVREDNA%20PRAKSA/DPP_bioplin.pdf)

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Kogeneracija>

[http://www.efos.unios.hr/financiranje-poduzetnickog-pothvata/wp-content/uploads/sites/224/2013/04/Ra%C4%8Dun-dobiti-i-gubitka\\_1.pdf](http://www.efos.unios.hr/financiranje-poduzetnickog-pothvata/wp-content/uploads/sites/224/2013/04/Ra%C4%8Dun-dobiti-i-gubitka_1.pdf)

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Bioplin>

[https://bib.irb.hr/datoteka/429441.Pojmovnik\\_bioplina\\_-\\_Prirucnik.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/429441.Pojmovnik_bioplina_-_Prirucnik.pdf)

## SAŽETAK

Tema ovog rada bila je analiza bioplinskog postrojenja „Energija bioplina d.o.o.“ u mjestu Gregurovcu u republici Hrvatskoj. Glavna svrha ovog istraživanja bila je pružiti detaljnu analizu rada strojeva i opreme na različite tehnološke načine i procese. U tehnološkom procesu proizvodnje bioplina u bioplinskim postrojenjima. Cilj istraživanja bio je utvrditi njihovu funkcionalnost i učinkovitost u proizvodnji topline i električne energije, kao i mogućnost poboljšanja različitih sustava. Istraživanje je provedeno u postrojenju za bioplin, korištene metode temeljile su se na analizi i prikupljanju uzoraka kemijske analize čvrstog digestata. Najbolji način za zbrinjavanje digestata je postupak anaerobne digestije u kojem se stvara bioplin i na taj način uspjevamo dobiti električnu i toplinsku energiju u kombiniranom procesu. Toplinska energija iz postrojenja za bioplin nije dovoljno iskorištena, a upotreba supstrata i biootpada koji se prerađuju u CHP postrojenjima štiti prirodu. Korištenje digestata kao gnojiva za biljke poboljšava strukturu tla i njegovu plodnost.

**Ključne riječi:** zelena ekonomija, obnovljivi izvori energije, biomasa, bioplin, biootpad, kogeneracija

## **SUMMARY**

The subject of this thesis was the analysis of the biogas company “Energija bioplina d.o.o.” in Gregurovec, Republic of Croatia. The main purpose and goal of this thesis is to provide a detailed analysis of the operation of the machinery and equipment in various technological ways and processes. In the technological process of biogas production in biogas plants the main goal is to determine their functionality and efficiency in the production of heat and electricity, as well as the possibility of improving various systems. The research was conducted at a biogas plant, methods used were based on the analysis and collection of samples of chemical analysis of solid digestate. The best way to dispose waste is through the process of anaerobic digestion in which biogas is generated and in this way we succeed in getting electricity and heat in combined heat and power generation process. The thermal energy from biogas plants is not sufficiently used and the use of substrate and biowaste that is processed in CHP plants protects nature. Use of digestate as a fertilizer for plants improves also soil structure and its fertility.

**Keywords:** green economy, renewable energy sources, biomass, biogas, biowaste, cogeneration

# ŽIVOTOPIS



Životopis

## OSOBNE INFORMACIJE

### Kašaj Marija

Hrvatskog Proljeća 40, 10040 Zagreb (Hrvatska)

0997973515

[marija0092@gmail.com](mailto:marija0092@gmail.com)

Spol Žensko | Datum rođenja 28/12/1992 | Državljanstvo hrvatsko

## OSOBNI PROFIL

Prvostupnica agronomije. Izraženih komunikacijskih vještina, dobro radim sa ljudima u timu. Stečena iskustva najviše u prodaji, te administrativni poslovi na izlazu robe, preuzimanje, komisioniranje, deklariranje, i povratu robe. Kao zamjenik voditelja stekla sam mnoge dodatne vještine i usvojila mnoga znanja.

## RADNO ISKUSTVO

08/04/2019–danas

### Zamjenik voditelja poslovnice

C.R.T.F MODA

Avenija Dubrovnik 16, 10000 Zagreb Zagreb (Hrvatska)

[www.tendam.es](http://www.tendam.es)

Organiziranje procesa rada i prodaje u prodavaonici, vođenje administracije, briga o radnoj disciplini. Vođenje evidencije o zaposlenicima u prodavaonici (organizacija smjena). Usluživanje kupaca kroz tehnike prodaje - neposredna prezentacija robe kupcima i prodaja robe. Svakodnevna nadopuna asortimana robe. Prijem, planiranje, sudjelovanje u evidenciji robe. Sortiranje, pravilno izlaganje robe, razvrstavanje i označavanje robe sa greškom. Svakodnevna zaštita i kontrola artikala po pitanju cijena, deklaracija..

Djelatnost ili sektor Trgovina