# Analiza energetskog potencijala biomase u Osječko-baranjskoj županiji

**Sesar, Matija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:939741

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-25**

*Repository / Repozitorij:*

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

**Sveučilišni studij**

# ANALIZA ENERGETSKOG POTENCIJALA BIOMASE U OSJEČKO-BARANJSKOJ ŽUPANIJI

**Završni rad**

**Matija Sesar**

**Osijek, 2018.**

## Sadržaj

**1. UVOD ..... 1**

1.1. Zadatak završnog rada ..... 1

**2. PREGLED KORIŠTENJA BIOMASE ..... 2**

2.1. Definicija pojma biomase ..... 3

2.2. Korištenje biomase ..... 3

2.3. Klasifikacija biomase ..... 4

2.3.1. Drvna biomasa ..... 5

2.3.2. Nedrvna biomasa ..... 9

2.3.3. Životinjski otpad ..... 10

**3. TEHNOLOGIJE ZA ISKORIŠTAVANJE ENERGIJE BIOMASE ..... 13**

3.1. Tehnologija rasplinjavanja (gasifikacija) ..... 14

3.2. Anaerobna digestija ..... 16

3.3. Piroliza ..... 17

3.4. Hidrotermalno ukapljivanje ..... 18

3.5. Hidroliza ..... 20

3.6. Stupanj iskoristivosti tehnologija različitim postrojenjima ..... 20

**4. POTENCIJAL BIOMASE NA PODRUČJU OSJEČKO-BARANJSKE ŽUPANIJE ..... 23**

4.1. Potencijal proizvodnje bioplina ..... 25

4.2. Potencijal proizvodnje biogoriva ..... 27

4.3. Potencijal proizvodnje biomase iz šumarstva ..... 29

4.4. Potencijal proizvodnje biomase iz otpada ..... 30

**5. ANALIZA POTENCIJALA BIOMASE U OSJEČKO-BARANJSKOJ ŽUPANIJI ..... 32**

**6. ZAKLJUČAK ..... 39**

**Literatura ..... 40**

**Popis grafikona** ..... **42**

**Popis tablica** ..... **42**

**Popis slika** ..... **43**

**Sažetak** ..... **44**

**Abstract** ..... **44**

**Životopis** ..... **45**

# 1. UVOD

U današnjem suvremenom svijetu stanovništvo se svakodnevno dotiče pitanja ekološke osviještenosti. Briga o okolišu, kvalitetniji život nadolazećih populacija kao i stvaranje obnovljivih izvora energije teme su koje su zadnjih godina sve aktualnije na globalnoj razini. Upravo zato je tema ovog završnog rada „Analiza energetskog potencijala biomase u Osječko-baranjskoj županiji. Osječko-baranjska županija sama po sebi je krcata neiskorištenim ili pak djelomično iskorištenim potencijalima za proizvodnju obnovljivih izvora energije iz biomase te ima najveći takav potencijal na razini cijele Republike Hrvatske. Kako bi se riješio problem slabe ekološke osviještenosti i slabo razvijenog tržišta obnovljivih izvora energije rađena su brojna istraživanja kao i znanstveni radovi kojima se nastoji doći do najboljih mogućih rješenja, što ujedno čini i svrhu ovog rada. U ovom radu će prvotno biti objašnjen pojam biomase te koje su vrste prisutne i najzastupljenije na području Osječko-baranjske županije. Također, biti će detaljno razrađene dostupne tehnologije za iskorištavanje energije iz biomase. Nadalje, u završnom dijelu ovog rada razraditi će se pitanje potencijala biomase na području Osječko-baranjske županije gdje će se detaljno opisati kakav je potencijal proizvodnje bioplina, biogoriva, te biomase iz različitih vrsta otpada u navedenoj županiji. Naposljetku u ovom završnom radu biti će provedena računska analiza potencijala biomase isključivo za Osječko-baranjsku županiju, čime će se doći do određenih rezultata gdje će isti biti prikazani grafičkim prikazima. Ovaj rad sastoji se od šest poglavlja uključujući uvodni govor i zaključak na temelju provedenog istraživanja.

## 1.1. Zadatak završnog rada

Za zadatak završnog rada potrebno je dati pregled trenutnog korištenja biomase na temelju relevantne i dostupne literature. Napraviti klasifikaciju energije biomase te prikupiti podatke o dostupnosti različitih vrsta biomasa na području Osječko-baranjske županije. Na temelju prikupljenih podataka napraviti analizu energetskog potencijala biomase na području Osječko-baranjske županije i prikazati osnovne zaključke provedene analize.

# 2. PREGLED KORIŠTENJA BIOMASE

Proizvodnja energije se po svojoj važnosti stavlja u istu grupu bitnih djelatnosti kao što su proizvodnja hrane i sirovina, te osiguranje potrebnih količina vode. Ta konstatacija slijedi iz spoznaje da je opskrba energijom preduvjet gospodarskog razvitka i standarda stanovništva, a osim toga razvitak energetike ima utjecaja na niz gospodarskih grana, pa je zbog toga razvitak energetike nerazdvojno povezan s razvitkom gospodarstva[1]. Također, Republika Hrvatska u interesu ima iskorištavanje obnovljivih izvora energije na što upućuju prioriteti hrvatske energetske politike u koje ujedno spada i brži razvoj navedenih izvora energije.

Biomasa kao jedan od brojnih obnovljivih izvora energije, od iznimne je važnosti kako za razvitak suvremenog gospodarstva tako i za cjelokupno stanovništvo. Njezina primjena sve je raširenija u gospodarskom svijetu, te se može reći kako je navedeni izvor pretvorbenog oblika energije trenutno od podjednake važnosti kao i izvor prirodnog oblika energije. Naravno, osim biomase brojni su drugi oblici energije koji doprinose gospodarskom razvitku pa s obzirom na vremensku mogućnost njihovog iscrpljivanja prirodni (primarni) oblici energije dijele se prema [2] na:

**A)NEOBNOVLJIVI**

- Fosilna goriva (ugljen, nafta, zemni plin, uljni škriljevci)
- Nuklearna goriva
- Unutarnja toplina zemlje (geotermalna energija)

**B) OBNOVLJIVI**

- Vodne snage (energija vodotokova, morskih struja i valova, plime i oseke)
- Biomasa (i bioplin, uključujući i drvo i otpatke)
- Energija Sunčeva zračenja
- Energija vjetra.

Biomasa jedan je od obnovljivih izvora energije koje je moguće uskladištiti te transportirati u prirodnome obliku. Jedna od prednosti upravo obnovljivih izvora energije jest u tome što se oni ne mogu iscrpiti tijekom vremena no zato njihovi potencijali mogu. Kako je tema ovog završnog rada *„Analiza energetskog potencijala biomase u Osječko-baranjskoj županiji“*, u daljnjoj razradi biti će detaljnije definiran sam pojam biomase, vrste biomase i njezina svojstva, klasifikacija biomase te područja primjene.

## 2.1. Definicija pojma biomase

Riječ biomasa potječe od grčke riječi *bios*, što znači život i latinskog *massa*,značenja tijelo, pa se stoga može reći da se pojam biomase odnosi na živu tvar jednog ili više organizama ili njihovih dijelova koja je izražena težinom suhe tvari po jedinici površine (obujma), odnosno šumske površine. Prema EU direktivi o OIE, biomasa je opisana kao biorazgradivi dio ostataka i otpada od [3]:

- Šumarstva i drven industrije (uključivo ribarstva i aqua kulture)
- Poljoprivrede (uključivo povrća i životinjske tvari)
- Gradova (komuna) i industrije.

Također, biomasa je najčešće opisivana kao oblik biorazgradivog dijelova raznoraznih sirovina, gotovih proizvoda, ali i otpada te ostataka proizvodnji odnosno industrija. Najzastupljeniji ostatci i otpad dolaze iz poljoprivrede u obliku biljnih i životinjskih ostataka, šumarstva i industrija bliske vrste. Energiju dobivenu iz biomase svrstavamo na tri opće poznata agregatna stanja: čvrsto, plinovito te tekuće. Plinovito stanje od prije poznato rezultira primjerima bioplina i deponijskog plina, dok tekuće stanje biodizelom, te bioetanolom i biometanolom. Specifičnost biomase nalazi se u tome što ona može proizvesti energiju i proizvode slične tradicionalnima za čiju se proizvodnju inače koriste fosilna goriva, zbog čega se najveći doprinos u bližoj budućnosti očekuje upravo od biomase. Dakle, kada bi se pojam biomase definirao u najužem smislu, ono bi predstavljalo sve organske tvari nastale rastom biljaka životinja te radom drvnih industrija.

Biomasa odnosno, energija biomase koristi se za grijanje kućanstava, kao gorivu u prometu te proizvodnju električne energije. Porastom iskorištavanja biomase u Europskoj uniji se osigurava diverzifikacija opskrbe Europe energijom, koja rezultira rastom i razvitkom novih radnih mjesta, ali i smanjenim utjecajem stakleničkih plinova. U 2012., biomasa i otpad činili su oko dvije trećine svih obnovljivih izvora energije u EU [4].

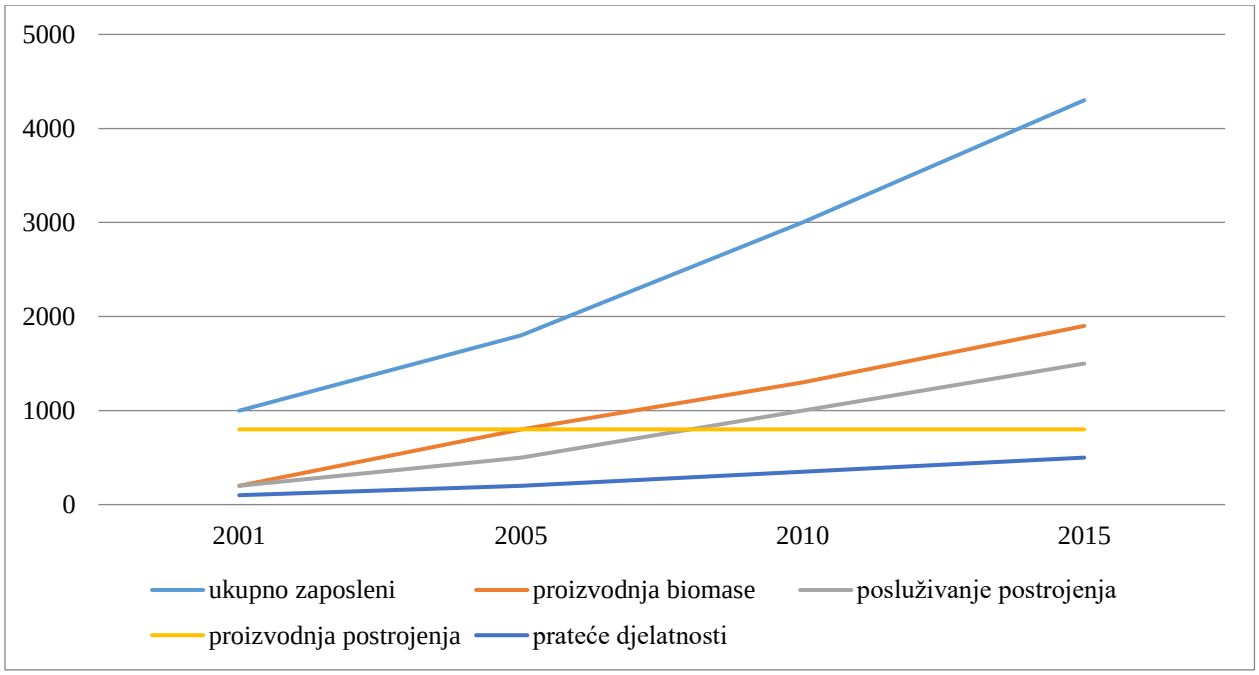
## 2.2. Korištenje biomase

Kao jedna od najvećih prednosti korištenja biomase, navode s njezini potencijali koji su prisutni u velikome obujmu zbog otpadnog materijala u poljoprivrednoj i prehrambenoj industriji. Jednako tako njezinu prednost čine plinovi, koji posljedično nastaju, te se mogu

koristiti za stvaranje željene vrste energije. Glede očuvanja okoliša, korištenje biomase kao izvora energije u usporedbi s fosilnim gorivima, stvara neusporedivo manju emisiju štetnih plinova i otpadnih tvari.

Naravno, kao što je slučaj i kod fosilnih goriva, tako i biomasa ima određene nedostatke a kao jedan od njih navodi se njezina ekološka profitabilnost. Naime, izgradnja masivnih uređaja za reciklažu otpada u praksi se isplati samo velikim pogonima no ne i malima, stoga se u pitanje dovodi profitabilnost biomase u ekološkom smislu. Također, još jedan nedostatak korištenja biomase čine visoki troškovi njezina prikupljanja, transporta i skladištenja.

No, sveukupno promatrano, korištenje biomase kao izvora energije zasigurno doprinosi kako gospodarstvu tako i stanovništvu zemlje jer ono generira ostvarivanje dodatnih prihoda u poljoprivrednom, šumarskom i drvnom sektoru kroz prodaju goriva nastalog od biomase. Također, korištenje biomase generira porast lokalne i regionalne gospodarske aktivnosti te jednako tako omogućava stvaranje novih radnih mjesta i zapošljavanje što je i prikazano sljedećim grafičkim prikazom.




Grafikon 2.1. Korištenje biomase i očekivani porast zaposlenosti [2]

## 2.3. Klasifikacija biomase

S obzirom na važnost primjene obnovljivog oblika energije biomase u sektoru gospodarstva, te s obzirom na izvore nastanka, razlikuju se različite vrste biomase raspoložive u gospodarstvu. Jednako tako, na važnost postojanja različitih vrsta biomase utječe činjenica da

se od biomase mogu proizvoditi različiti izvore energije te isto tako proizvodi koji se mogu dalje prerađivati. Dakle, biomasa je obnovljivi izvor energije, a općenito se može podijeliti na drvnu, nedrvnu i životinjski otpad, unutar čega se mogu razlikovati prema [2] :

- Drvna biomasa (ostaci iz šumarstva, otpadno drvo),
- Drvna uzgojena biomasa (brzorastuće drveće),
- Nedrvna uzgojena biomasa (brzorastuće alge i trave),
- Ostaci i otpaci iz poljoprivrede,
- Životinjski otpad i ostaci,
- Gradski i industrijski otpad.

Kako svaka od navedenih vrsta biomase ima zasebne specifičnosti i različite načine primjene, detaljniji opis svake pojedinačno biti će razrađen u daljnjim potpoglavljima, gdje će se jednako navesti prednosti i nedostatci svake vrste te njezine specifičnosti.

### 2.3.1. Drvna biomasa

Mnogo je oblika dobivanja energije iz biomase. Drvna biomasa jedna je vrsta opće podjele biomase. Osnovni, odnosno primarni izvori drvne biomase jesu šumska biomasa te biomasa iz drvna industrija. Neprekidnim iskorištavanjem šuma u svrhu dobivanja prostornog i ogrjevnog drva, pojavljuju se viškovi, odnosno ostaci i otpad koji su glavni dijelovi šumske biomase. Dok ostatci i otpad kod drvnih industrija nastaju u raznoraznim pilanama, postupcima brušenja, blanjanja, piljenja te prešanja. Drvne industrije uglavnom takav otpad koriste i u vlastite svrhe kao gorivo u vlastitim postrojenjima. Postupci komprimiranja, odnosno prešanja ostataka skupa sirovina i drva u brikete,odnosno pelete, od velike je pomoći za kasnije spaljivanje, transport, ali i lakšu automatizaciju pri loženju. Od sirovina iskorištenih u procesu proizvodnje izgubi se do četvrtine drva samo na obradi, a zahtjevniji proizvodi više kvalitete poput parketa izgubi i do oko 65%.. Brojne drvene i drvno prerađivačke industrije koriste upravo drvnu biomasu kao izvor toplinske energije, koja nastaje sagorijevanjem navedenih peleta ili pak briketa, što ujedno u velikoj mjeri utječe na smanjenje troškova kod navedenih industrija. Također, znatna količina drvnog otpada koristi se za proizvodnju novih proizvoda primjerice proizvoda od iverice (prešane usitnjene drvne biomase) ili kao što je prethodno spomenuto, za proizvodnju parketa.

Trenutno šumska biomasa, odnosno drvo jedan je od nadmoćnijih izvora zemalja u razvoju, ali i u zemljama koje nisu članovi Organizacije zemalja izvoznice nafte. Kao takvu nadmoć

predstavlja naravno oblikom primarnog goriva za kućanstva, ali i manja postrojenja za generiranje energije gdje nije tako redovna upotreba istog.

Vrlo atraktivan i jako efikasan resurs biomase nastaje iz šumske industrije te nizom srodnih industrija, kroz njihove pilane. Šumski ostaci su sječka, ostaci trupaca, stabla, žbunje, kora itd. [5]. Uobičajeno otpad šumskog drva ima veću kvalitetu, odnosno cjenjenije je izvrsnošću goriva, nego gorivo poljoprivrednog otpada. Ali s druge strane, faktor prijevoza tj, transporta i sustava sječe ima veliku ulogu dostizanjem visokih cijena i ne tolikom efikasnošću.

Šumarstvo najveće sredstvo drvne industrije, glavni je temelj pri proizvodnji drva, raznoraznih parketa te namještaja. Kod same proizvodnje stvara se bitan ostatak, također ranije spomenuto, najveći dio odlazi na drva za grijanje domaćinstava te za proizvodnju briketa i peleta. Krajem 19. stoljeća generiranje energije iz drva bio je vrhunac, gdje je drvo bilo neophodno za podmirivanje ljudskih potreba za oko 90%. Stotinjak godina kasnije, taj postotak nevjerojatno drastično pada do ispod 5%, tek koje desetljeće kasnije u svrhu energetike odnosno obnovljivih izvora, udio opet intenzivno raste.

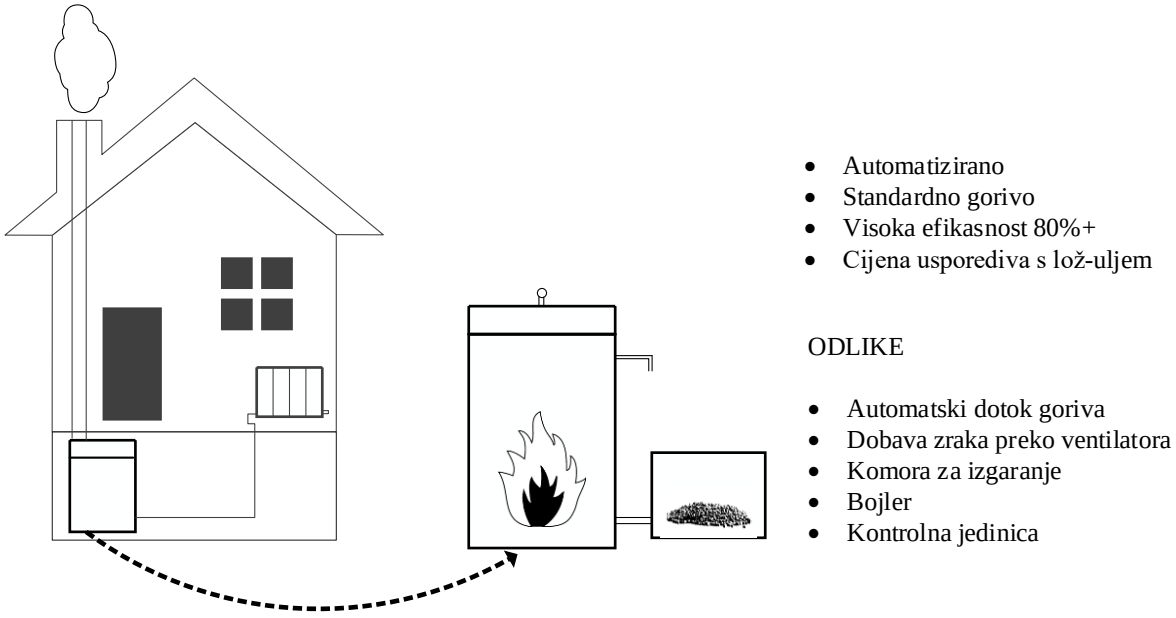
Neke od sirovina koje nastaju preradom drvne biomase kao što su peleti i briketi već su spomenuti, no prisutne su brojne druge sirovine prikazane tablicom 1.

Tablica 2.1. Prikaz sirovina drvne biomase

| VRSTA BIOMASE | SIROVINE |
|---|---|
| Drvna (šumska) biomasa | Sječka, piljevina, peleti, briketi, cjepanice, ogrjevno drvo, kora, otpad od sječe šuma i drvne industrije, brzorastuće drveće i dr. |

Biomasa kao izvor toplinske energije ne koristi se isključivo u drvnim industrijama. Ono kao jeftin a ujedno i kvalitetan izvor toplinske energije, se koristi  i u kućanstvima. Tako se biomasa pretvara u toplinsku energiju jednostavnim sagorijevanjem odnosno izgaranjem čime se proizvodi pregrijana vodena para za grijanje u kućanstvima i industrijama ili pak za dobivanje električne energije u manjim termoelektranama. Primjerice, peleti se mogu spaljivati u automatiziranim pećima kojima se proizvodi kako toplina tako i električna energija.  Može se reći kako takve industrije odnosno postrojenja kao gorivo koriste otpade iz šumarstva te drvne otpade iz drvno prerađivačkih industrija, no jednako tako koriste industrijski i komunalni otpad.

Drvna biomasa često predstavlja otpad koji opterećuje poslovanje brojnih drvno-prerađivačkih tvrtki koje nisu sklone njegovom iskorištavanju, no upravo taj otpad može uštediti značajne novčane svote te ujedno doprinijeti očuvanju okoliša. Upravo zbog toga, brojne tvrtke sadašnjice se odlučuju na investicije u peći za sagorijevanje peleta ili pak piljevine kako bi pomoću široko dostupne biomase proizvodile vlastitu toplinsku energiju. Primjer kako se kućanstvo može grijati odnosno stvarati toplinsku energiju pomoću biomase, prikazan je slikom 1.




Slika 2.1. Prikaz grijanja kućanstva pomoću biomase [2]

Prema [2], proces sagorijevanja se sastoj iz 4 koraka:

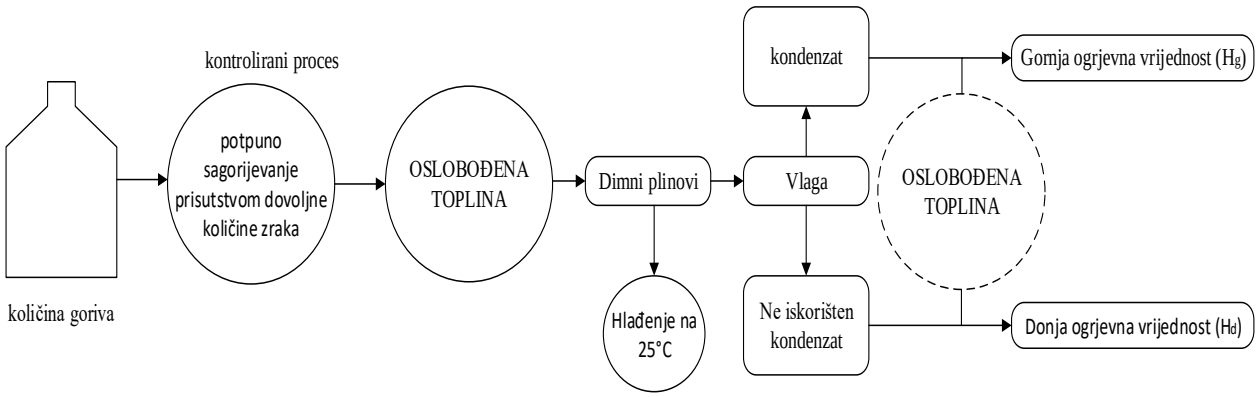
**1)** Zagrijavanje i sušenje,
**2)** Destilacija (isparavanje) hlapljivih sastojaka – piroliza,
**3)** Izgaranje hlapljivih sastojaka,
**4)** Izgaranje čvrstog ugljika.

Drvo za loženje u pećima sa svrhom grijanja kućanstava, također se uključilo u trgovinu kao standardizirani proizvod u raznoraznim trgovinama i njihovim lancima. Dobar udio biomase pribavlja se pri čišćenju šuma, ostatci od sječe, ali i iz pilana u obliku piljevine. Sječka se svojom formom iskorištava za generiranje električne, odnosno toplinske energije u kogeneracijskim postrojenjima.

Također, prema [2], osnovne su značajke pri primjeni šumske ili drven biomase kao energenata jednake kao kod svakog goriva a to su sljedeće:

- Kemijski sastav,
- Ogrjevna (energetska) vrijednost,
- Temperatura samozapaljenja,
- Temperatura izgaranja,
- Fizikalna svojstva koja utječu na ogrjevnost (npr, gustoća, vlažnost i dr.)

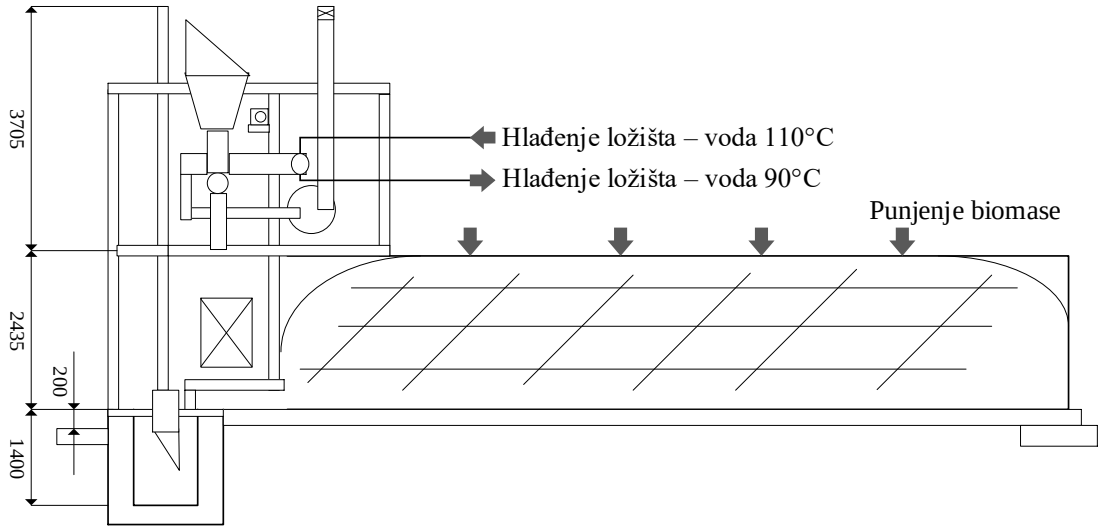
Kada je riječ o iskorištavanju drvne i šumske biomase za stvaranje toplinske ili druge vrste energije, važnu ulogu ima vlažnost sirovine odnosno samoga drveta. Samim time vlažnost ima najveći utjecaj na ogrjevnu vrijednost drva. Osnovna fizikalna veličina koja predstavlja računski postupak izračuna energije iz određene kvantitete drva kao sirovine jest ogrjevna vrijednost, odnosno ogrjevna moć. Nakon vlažnosti utjecaj imaju ujedno kemijski sastav, gustoća i zdravost drva. Ogrjevnu vrijednost odlikuju dvije podjele, odnosno njena gornja ($H_g$) i donja ($H_d$) ogrjevna vrijednost prikazane slikom 2.2.




Slika 2.2. Prikaz gornje i donje ogrjevne vrijednosti

Također, ogrjevnu vrijednost mjerimo kalorimetrom, gdje količina zraka i goriva podjednako dolaze u kotao pri jednakoj temperaturi. Prema slici 2.2. procesom potpunog sagorijevanja, toplina se oslobađa izgaranjem goriva. Razlika gornje i donje ogrjevne vrijednosti jest agregatno stanje vode kod određivanja, koje je kod gornje ogrjevne vrijednosti u tekućem, a kod donje vrijednosti u plinovitom stanju, tj. u obliku pare. Za opis učinkovitosti koristi se donja ogrjevna vrijednost, gdje se gubici uzimaju u obzir, gornja ogrjevna vrijednost manje je realna te uglavnom samo teoretska.

Ogrjevna vrijednost drvne biomase znatno se povećava smanjenjem navedene vlažnosti sirovine, stoga je za učinkovitije iskorištenje energije potrebno sušiti biomasu odnosno drvene sirovine. Prikaz skladištenja i sušenja biomase prikazan je slikom 2.3.




Slika 2.3. Modul skladištenja i sušenja biomase [6]

### 2.3.2. Nedrvna biomasa

Nedrvnu biomasu pretežito čine ostaci i otpaci iz poljoprivrede odnosno poljoprivredna biomasa. Poljoprivredna biomasa jest heterogena biomasa s različitim svojstvima. Sirovine nedrvne biomase prikazane su sljedećom tablicom.

Tablica 2.2. Prikaz sirovina nedrvne biomase

| VRSTA BIOMASE | SIROVINE |
|---|---|
| Nedrvna (poljoprivredna) biomasa | Kukuruzovina, oklasak, ljuske, koštice, stabljike suncokreta, slama, ostaci od rezidbe vinove loze i maslina, jabučne kore i dr. |

Kao nedostatak ove vrste biomase mogla bi se izdvojiti niska ogrjevna vrijednost zbog visoke razine vlage i različitih primjesa kao što je klor. Poljoprivredna biomasa obrađuje se na tri načina:

- Prešanjem
- Peletiranjem
- Baliranjem

Ipak, vrlo važni faktori za ogrjevnu vrijednost u poljoprivrednoj, odnosno nedrvnoj biomasi ima prisutnost približno jednake količine vlage i pepela. Pepeo doseže razinu do 20% kod poljoprivrednih ostataka, što stvara veliki utjecaj kod ogrjevnosti. Slama kao tipičan primjer, gdje većim udjelom natrija, klora i kalija, temperatura taljenja postaje niža. Također, tvari koje tvore sastav pepela izrazito su niske,tj. gotovo nikakve energetske vrijednosti.

Izuzev poljoprivrednih ostataka, te ostalog otpada nedrvne biomase postoji dodatna mogućnost gdje različite biljne vrste mogu biti uzgajane kroz velike prinose. Tablicom 3. prikazani su jedni od poznatijih energetskih nasada gdje su godišnji prinosi velikih iznosa.

Tablica 2.3. Prikaz energetskih nasada velikih prinosa

| | |
|---|---|
| Energetski nasadi sa visokim prinosima | Trska, eukaliptus, zelene alge, miskantus, bambus, energetski sirak, konoplja, različite biljke bogate uljem ili šećerom itd. |

Također, u ranije prikazanoj tablici nabrojana je nekolicina nasada brzorastućeg drveća, poznatiji pod nazivom kulture kratke ophodnje. Na području Republike Hrvatske prevladava brzorastuće drveće izostavljeno tablicom, koja broji ponajviše prinosa drva vrbe i topole, te podosta manje jablana i bagrema.

Iz dana u dan sve se veća važnost pridaje biomasi posebice nedrvnoj biomasi upravo zbog njezine mogućnosti primjene kao oblika goriva koje je zamjena za fosilna goriva koja se koriste za vozila. Tako se može reći da je etanol koji se dobiva iz šećerne repe, kukuruza ili pak pšenice, definitivno najrasprostranjenije biogorivo današnjice.

### 2.3.3. Životinjski otpad

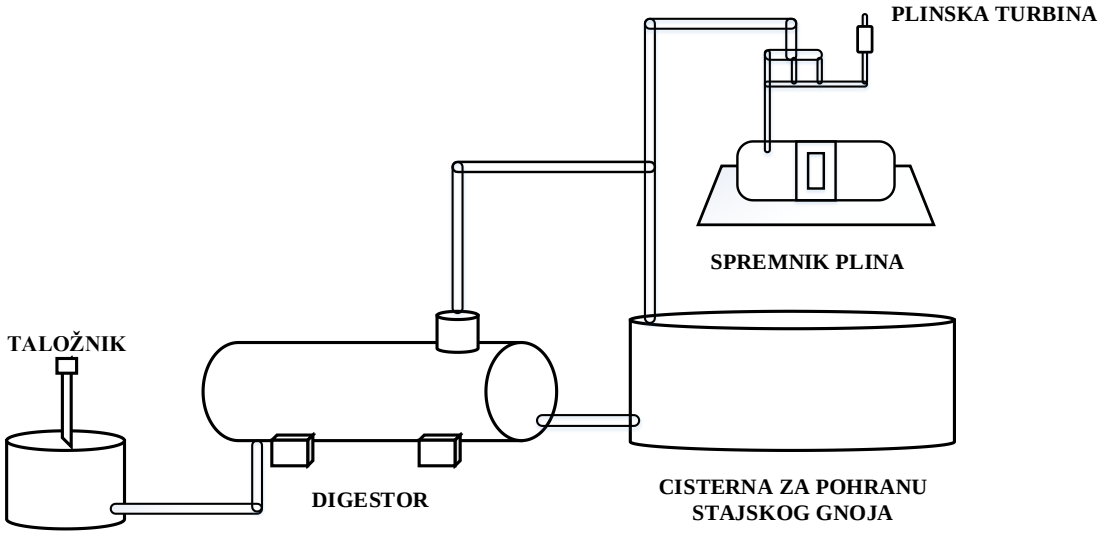
Stočarstvo je grana poljoprivrede, a po rasnom sastavu najvažniji su govedarstvo, svinjogojstvo, peradarstvo, ovčarstvo i kozarstvo [3]. Primarne djelatnosti koje zadovoljavajući neophodne čovjekove potrebe, broje stočarstvo kao temelj poljodjelstva, ali i jednom od osnovnih ljudskih djelatnosti. Pod pojmom stočarstva smatra se uzgoj sitne i krupne stoke s ciljem proizvodnje hrane, ali i raznoraznih sirovina poput vune i kože za kasniju preradbu. Stočarstvo je dakle izvor životinjske biomase. Kao primjer životinjske

biomase može se navesti gnojovka (mješavina gnoja i urina) koju je u današnjem gospodarskom svijetu zabranjeno bacati na otvorena polja kao gnojivo, nego ju je potrebno obraditi u fermentatorima gdje se dobiva bioplin.

Bioplin je smjesa plinova do koje se dolazi biorazgradivih sirovina u anaerobnoj okolini. Sastav čine većinski metan i ugljikov dioksid, a ostatak oko 2% su ostali plinovi. Plin svojim svojstvima jest bezbojan, te bez ikakvog mirisa, ali također je barem dvadesetak posto lakši od zraka. Raspon temperature zapaljena bioplina je od oko 650 i 750 °C, a plamen mu je izrazito plave boje.

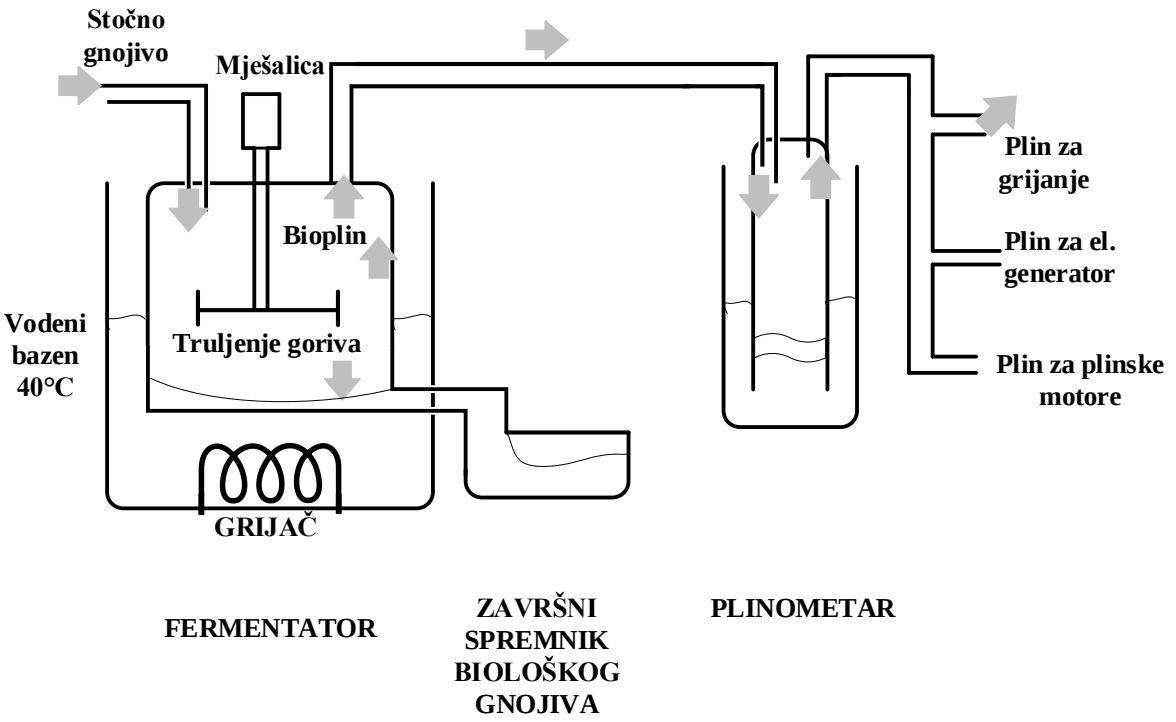
Ova mješavina plinova dobiva se iz organskih materijala. U praksi su prisutna dva osnovna tipa razgradnje odnosno digestije organskih materijala: anaerobna digestija (bez kisika) te aerobna digestija (s kisikom) koje će opširnije biti objašnjene u idućem poglavlju.

- **Aerobna digestija** odnosno fermentacija, u malim količinama proizvodi amonijak, ugljični dioksid te ostale vrste plinova, dok u velikim količinama stvara toplinu i gnojivo kao konačni proizvod.
- **Anaerobna digestija** tek u malim tragovima stvara ugljični dioksid, metan, vodik i ostale plinove, jednako tako malo topline te gnojivo s prisutnom nešto većom količinom dušika nego što je slučaj kod aerobne digestije.




Slika 2.4. Proces dobivanja bioplina [2]

Jednako kao i ostale vrste biomase, bioplin se koristi za dobivanje električne ili toplinske energije tako što izgara u kotlovima, plinskim motorima odnosno turbinama. Proces rada određenog sustava na bioplin pri čemu nastaje određena vrsta energije prikazana je sljedećom slikom.



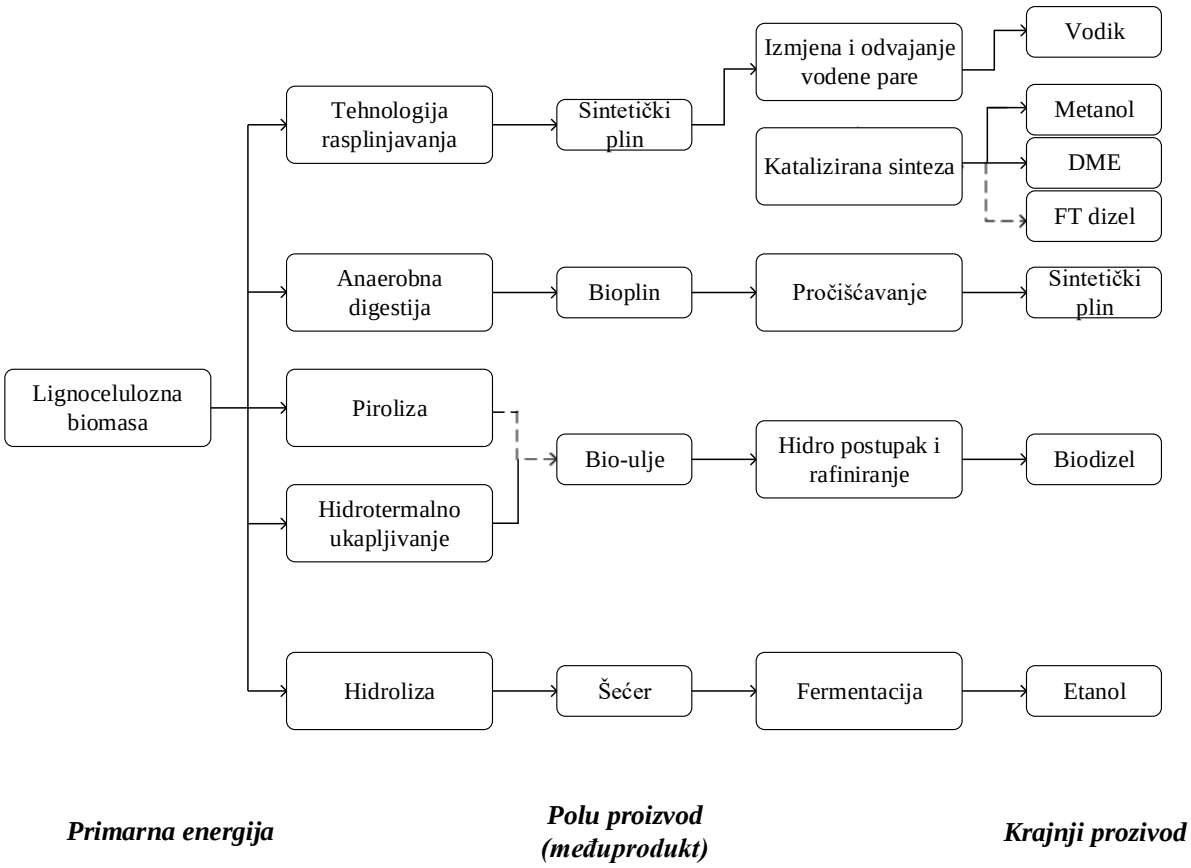

Slika 2.5. Prikaz rada sustava na bioplin [7]

# 3. TEHNOLOGIJE ZA ISKORIŠTAVANJE ENERGIJE BIOMASE

Neke od mogućih tehnologija pretvorbe biomase već su spomenute u prethodnom poglavlju. Prisutni su brojni procesi pretvorbe kao što su biološki, mehanički, termalni i fizički. Također, svaki od procesa može biti popraćen nizom sekundarnih procesa. No, u ovom će se poglavlju detaljnije objasniti svaka pojedinačno od pet mogućih tehnologija pretvorbe:

- Tehnologija rasplinjavanja (gasifikacija)
- Anaerobna digestija
- Piroliza
- Hidrotermalno ukapljivanje
- Hidroliza

Navedene tehnologije pretvorbe lignocelulozne biomase kao i njihovi središnji i konačno proizvodi, prikazani su sljedećom slikom shematskog prikaza.




Slika 3.1. Shematski prikaz tehnologija pretvorbe i proizvoda biomase [8]

Naravno, odabir određene tehnologije za preradu biomase ovisi o prirodi i strukturi raspoložive zalihe biomase kao i željenih rezultata. Stoga, bitno je identificirati izvore biomase kao i definirati strukturu kako bi se odabrana tehnologija pretvorbe mogla dati što prihvatljivije rezultate. U daljnjoj razradi, pojedinačno će biti opisana svaka navedena tehnologija.

## 3.1. Tehnologija rasplinjavanja (gasifikacija)

Gasifikacija odnosno rasplinjavanje, tehnologija korijenom znana još od ranih godina sedamnaestog stoljeća, svoj prvi značaj doživjela je 1610. godine, otkrićem sintetičkog plina tj. *Syngasa*. Korištenog u tadašnje vrijeme za primarnu svrhu rasvjete kućanstava, ali i javne rasvjete Londona. Nešto više od dva i pol stoljeća kasnije sintetički plin, ranije navedeni *Syngas* doseže svoj novi iskorak, u obliku prvog plinskog motora pokretan upravo *Syngasom,* te korišten sustavom za isplinjavanje *„DeutzGasifier"*. Četrdesetak godina kasnije Deutz razvija reaktor također radi isplivanjavanja iz biomase, ali i ugljena.

Tehnologija rasplinjavanja biomase je alternativa za klasične procese izgaranja, te kao takva otvara nove mogućnosti za korištenje biomase na što različitije načine. Procesom rasplinjavanja, zalihe biomase u krutom stanju pretvaraju se u gorivi odnosno reaktorski plin koji se kao takav primjenjuje za pokretanje plinske turbine, plinskoga motora ili pak gorivih članaka,prilikom proizvodnje električne energije, ili pak u procesu kemijske sinteze.

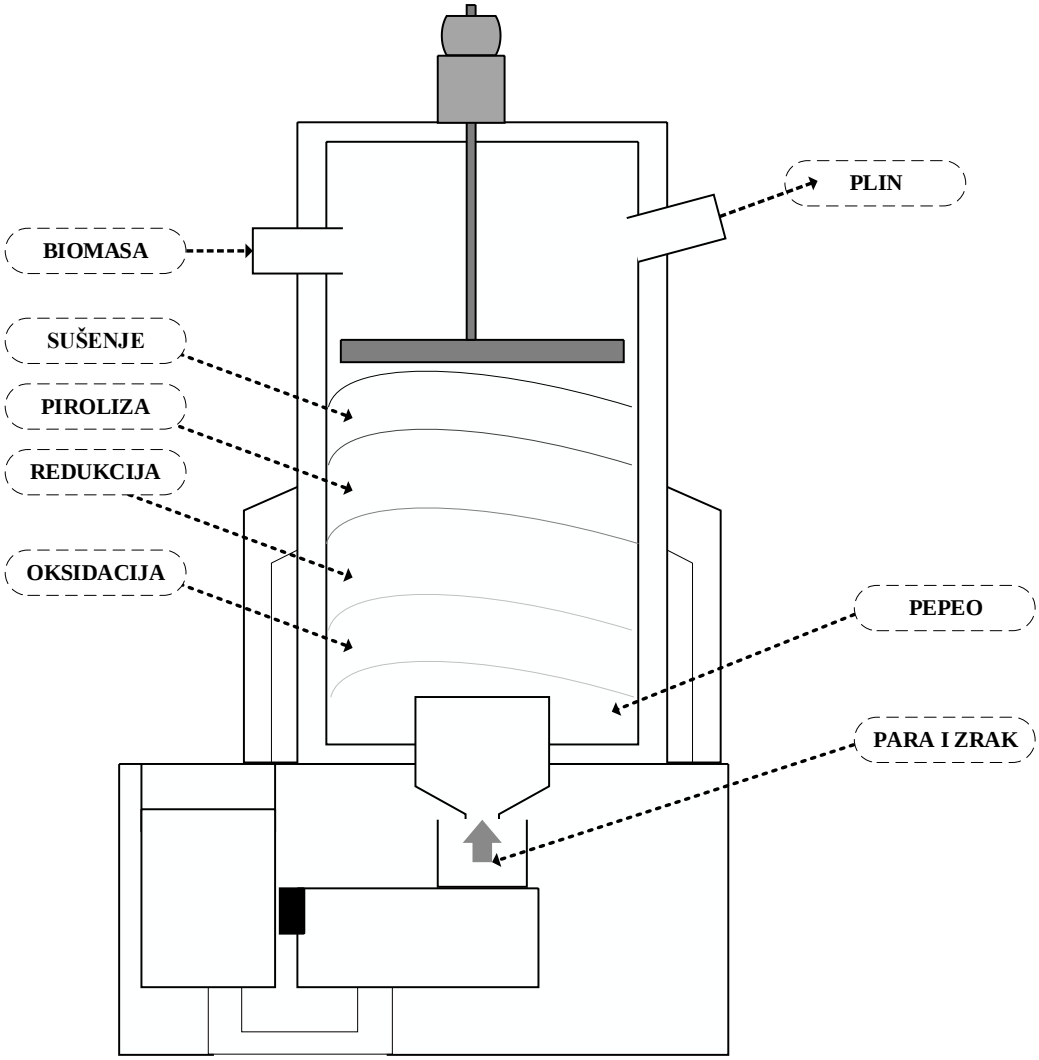
Primarna podjela za proces rasplinjavanja prikazana je tablicom 3.1.

Tablica 3.1. Prikaz primarne podjele procesa rasplinjavanja

| | | |
|---|---|---|
| **1.** | Sušenje goriva | $< 200°C$ |
| **2.** | Piroliza | $do \approx 500°C$ , bez kisika |
| **3.** | Oksidacija | $< 900°C$ |
| **4.** | Redukcija | $do \approx 1200°C$ |

Rasplinjavanje kao proces događa se u anaerobnim uvjetima kod reaktora, gdje se stvara razlika pri dodavanju goriva, ali i orijentaciji protjecanja zraka. To su dva uvjeta pri razlikovanju tri vrste reaktora. Prvi reaktor je protustrujni, gdje uvjet goriva i uvjet zraka protječu u suprotnim smjerovima. Drugi reaktor je istosmjerni kod kojeg oba uvjeta protječu jednakim smjerom te zadnji je reaktor s dvozonskim isplinjavanjem.

Na temelju navedenih različitih vrsta reaktora, sljedećim shematskim prikazom biti će prikazan primjer procesa rasplinjavanja u protustrujnom reaktoru obzirom da se takav najčešće primjenjuje, i faze procesa rasplinjavanja u nepokretnom sloju.




Slika 3.2. protustrujnog reaktora i faze procesa rasplinjavanja u nepokretnom sloju [9]

Prvi korak kod procesa gasifikacije biomase jesu zagrijavanje i sušenje, gdje osiguranu i potrebnu toplinu dobiva izgaranjem materije manjih razmjera. Vremenski tijek procesa pirolize pri temperaturi od oko 200 °C osigurava da se hlapljivi sastojci goriva oslobađaju. Parna smjesa sadrži ugljikov monoksid i dioksid,ali i dobar udio vodika, metana, hlapljivog katrana te vode. Drveni ugljen, dio je krutog ostatka goriva, koji svojom transformacijom uz obvezu sredstava rasplinjavanja postaje reaktorski plin. Pri transformaciji najčešća sredstva su zrak, vodena para, kisik ili ugljikov dioksid. Transformacija posredstvom kisika kao dijela za rasplinjavanje, isti taj plin je proizveden od sastojaka ugljikovog monoksida, metana i

vodika, dok transformacijom posredstvom zraka, gorivi plinovi prevladavaju svojim obujmom za oko 40 % ukupnog obujma, a preostali dio upotpunjen je dušikom i ugljikovim dioksidom.

U praksi je prisutno mnoštvo tehnoloških metoda za rasplinjavanje i goriva obzirom na određene komponente kao što su način zagrijavanja, mjesto dodavanja i slično. No, za kogeneracijske pogone na biomasu pretežit se koriste protustrujni i istostrujni reaktori a rasplinjavanjem na nepokretnoj rešetci.

## 3.2. Anaerobna digestija

Anaerobna digestija kao jedan od načina razgradnje odnosno pretvorbe biomase, kao što je već prethodno rečeno, u vrlo malim količinama stvara ugljični dioksid, metan, vodik i ostale plinove, isto u malim količinama stvara toplinu te gnojivo s nešto većom količinom dušika nego što je slučaj kod aerobne digestije.

Također anaerobnom digestijom, kao prirodnim procesom, gdje raznorazni bakterijski mikroorganizmi bez dotoka kisika, posredstvom organskih spojeva transformiraju se u bioplin, metan i ugljikov dioksid uz izrazito niske kvantitete sumporovodika, te vodika slijedom biokemijskih reakcija. Slučaj s odsutnošću kisika, smatra se uvjetima pod kontrolom. Odnosno jedna vrsta zatvorene solucije koja anaerobnom digestijom organski otpad sa odlagališta razgrađuje u obliku plina metana, poznatog stakleničkog plina. Važnost plina metana je izrazito visok potencijal  kod stakleničkog učinka, gdje je jedan njegov kilogram jednakog efekta kao 25 kilograma ugljikovog dioksida.

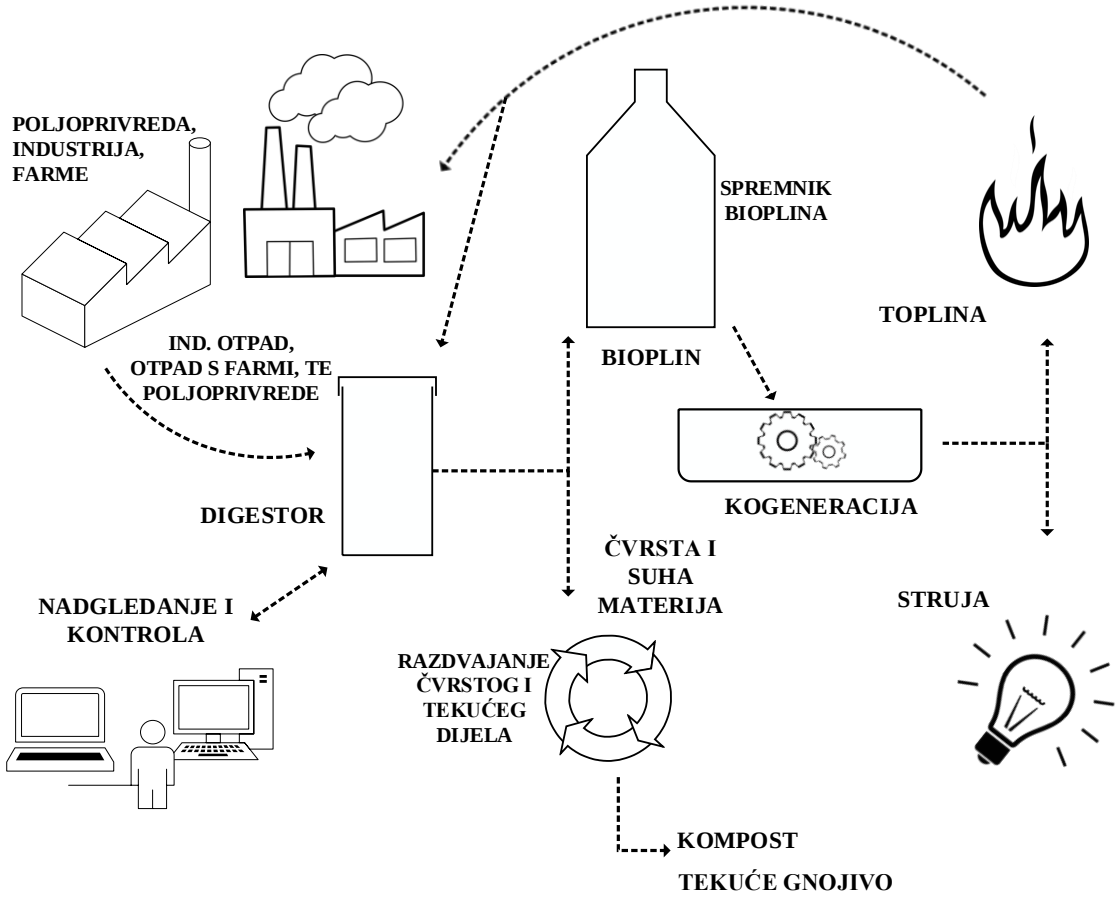
Anaerobna fermentacija kao proces se odvija u posebnim uvjetima koji zahtijevaju da pH vrijednosti ulaznih mješavina budu između 6 i 7 te pri temperaturi između 25 i 35 °C. Također, ovaj proces zahtijeva zadržavanje mješavine na određeno vrijeme u tzv. digestoru, čiji će pojam biti pomnije objašnjen u daljnjoj razradi.

Digestor je jedna vrsta cjelokupnog pogona pri proizvodnji bioplina. Radi zbivanja različitih unutarnjih kemijskih i mikrobioloških procesa, poznat je pod nazivima anaerobnog reaktora, odnosno bioreaktora. Primarni zadatak digestora je osiguravanje anaerobnih uvjeta, bez propusta vode i zraka. Cjelokupno postrojenje digestora sadrži jamu za sakupljanje gnojiva, spremnik za miješanje, digestor, cijev za odvod, spremnik i sustav za plinsko iskorištavanje.

Opća jednadžba za anaerobnu digestiju glasi:

$$\mathbf{C_xH_yO_z} + (\mathbf{x} - \frac{\mathbf{z}}{\mathbf{4}} - \mathbf{z})\mathbf{H_2O} \rightarrow (\frac{\mathbf{x}}{\mathbf{2}} - \frac{\mathbf{y}}{\mathbf{8}} + \frac{\mathbf{z}}{\mathbf{4}})\,\mathbf{CO_2} + (\frac{\mathbf{x}}{\mathbf{2}} + \frac{\mathbf{y}}{\mathbf{8}} - \frac{\mathbf{z}}{\mathbf{4}})\mathbf{CH_4}$$

Anaerobna digestija odnosno fermentacija koristi se za pretvorbu biomase životinjskih ostataka i otpadaka te je kao proces ilustrativno prikazana sljedećom slikom.




Slika 3.3. Prikaz procesa anaerobne digestije [10]

## 3.3. Piroliza

Piroliza je termokemijski proces no s ograničenim dotokom kisika. Preciznije, piroliza predstavlja drugu fazu sagorijevanja i rasplinjavanja. Prilikom procesa pirolize dolazi do isparavanja hlapljivih sastojaka. Pri tome se proizvodi tekuće gorivo odnosno bio-ulje.

Istodobno, piroliza je kompleksni postupak, gdje su svojstva bio-ulja dosta varijabilna, te koja uvelike ovisi o sirovinama i uvjetima. Upravo ulja kao takva su približno jednaka svojstvima nafte. Piroliza otpada nudi beskrajan potencijal, koji nažalost nije iskorišten radi niskog ulaganja koje je potrebno u istraživanje i razvoj. Trenutno se mjeri vrlo nizak postotak primjera u komercijalnim postrojenjima.

Preciznije, piroliza se definira terminologijom termičke razgradnje koje se pojavljuje u anaerobnim uvjetima pri temperaturi od 230 °C, izuzev vodene pare, ona je prva faza za spaljivanje i rasplinjavanje kao dio procesa. Po svršetku istih dolazi oblik procesa oksidacije osnovnih sirovina koja razlikuje dva slučaja, potpune i djelomične oksidacije. Vremenski tijek pirolize kod termo nestabilnijih sastavnica, poput lignina dobivenog iz biomase, dolazi do degradacije gdje po svršetku se stvaraju razni plinovi te ostatci.

Prema literaturi, prisutne su tri vrste procesa pirolize biomase:

- **Spora piroliza-** za konvencionalnu odnosno sporu pirolizu biomase karakteristične su relativno male brzine sagorijevanja biomase, dugo vrijeme boravka plinova i čvrste faze te relativno niske temperature od otprilike 500 °C. Ovisno o vrsti sustava, brzina sagorijevanja biomase kreće se od 0,1 do 2C/s. Pri niskim temperaturama procesa priolize kao proizvodi javljaju se ostatci koksa te pirolitičkog ulja.

- **„Flash“ piroliza** – karakteristična je po svojoj velikoj brzini sagorijevanja biomase koja iznosi više od 1000C/s. za razliku od spore pirolize, ova piroliza zahtijeva kratko vrijeme boravka čvrstih i hlapljivih materijala, a temperature se prilikom ovog procesa kreću ovisno o vrsti željenog proizvoda. Kod navedene vrste, veličina čestica treba biti mala kako bi se ublažila potencijalna ograničenja kod unutrašnjeg prijenosa topline. Ova vrsta pirolize pretežito se koristi za sintezu bio-ulja te se na taj način biomasa transformira u oblike s visokom energetskom vrijednosti.

- **Brza piroliza** – je proces koji se odvije pri izrazito visokim temperaturama te prilikom kojeg se biomasa zagrijava izrazito velikom brzinom no bez prisutstva kisika. Ovu vrstu karakterizira također kratko vrijeme boravka vodene pare. Proizvodi dobivenim ovom pirolizom su visoke kvalitete, a plinovi su bogati etilenom.

## 3.4. Hidrotermalno ukapljivanje

Proces hidrotermalnog ukapljivanja odnosi se na termokemijsku transformaciju zalihe biomase u tekuće gorivo u uvjetima vrućeg i vodenog okoliša te pod određenom razinom tlaka, pri čemu se kruta biopolimerna struktura pretvara u tekuće stanje.

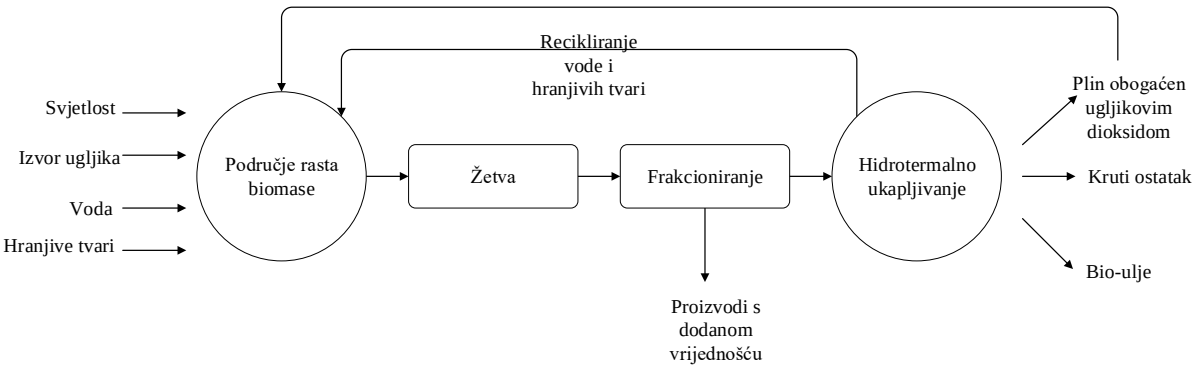
Hidrotermalna obrada, odnosno njeni osnovni i superkritični uvjeti prikazani su tablicom 3.2.

Tablica 3.2. Prikaz uvjeta pri hidrotermalnoj obradi

| | Osnovni uvjeti: | Superkritični uvjeti: |
|---|---|---|
| Temperatura | $563 - 647\ K$ | $> 647\ K$ |
| Radni tlak | $4 - 22\ MPa$ | $> 22\ MPa$ |

Proces kojem je namjena osiguravanje sredstava radi tretiranja mokrih sirovina, gdje nije uključeno sušenje i pristup ionskim reakcijskim uvjetima tekućeg medija za obradu vode. Tlak služi za održavanje tekućeg stupnja obrade vode, dok temperatura za pokretanje pirolitičkih mehanizama u biopolimerima. Piroliza u vrućoj vodi je glavni temelj, ali i sinonim hidrotemalnog ukapljivanja. Vrsta takvog procesa, odnosno tehnologije nema potrebe za katalizatorom, ali s druge strane ima veliki obujam provedenih istraživanja i razvoja katalitičkih metoda za hidrotermalno ukapljivanje. Najintenzivnija vrsta katalizatora je slučaj upotrebe alkalijskih sredstava u svrhu modificiranja ionskog medija, gdje povoljne posljedice rezultiraju određenim reakcijama kondenzacije katalizirane bazom u svrhu proizvodnje aromatičnog ulja. Reakcije polimerizacije katalizirane kiseline rezultiraju stvaranjem krute tvari, odnosno produkta. Hidrotermalno ukapljivanje podložno je pirolitičkim djelovanjima, gdje je rezultat hidrotemalno bio-ulje (engl. biocrude) koje je za razliku od bio-ulja (engl. bio-oil) brze pirolize puno više deoksigenerirano. Odnosno hidrotermalno bio-ulje ima puno veću viskoznost, a manju razinu gustoće od uobičajenog bio-ulja.

Sljedećom slikom prikazan je proces hidrotermalnog ukapljivanja uz primjenu algi kao izvor biomase, te potrebnih uvjeta i resursa koje sam proces uključuje.




Slika 3.4. Proces hidrotermalnog ukapljivanja biomase [11]

## 3.5. Hidroliza

Proces hidrolize biomase pretvara biopolimere biomase u fermetabilne šećere, zbog čega je upravo šećer središnji proizvod ovog procesa. Kao prednost procesa kiselinske hidrolize navodi se mogućnost prodora kiselina u lignin, pri čemu se razgrađuju celuloza i hemiceluloza polimera potrebnih za stvaranje šećernih molekula.

Kiseline koje se mogu koristiti pri ovom procesu su sumporna, hidroklorna, fluorovodična, fosforna, dušična te mravlja kiselina. Kao konačan proizvod ovog procesa dobiva se etanol. Proces hidrolize odvija se pri niskim temperaturama, što rezultira visokim prinosima celuloze.

## 3.6. Stupanj iskoristivosti tehnologija različitim postrojenjima

Danas postrojenje je širok pojam, čak i u smislu elektrana. Svijet se razvija konstantno, ne samo tehnologija, ali kod tehnologije je to vjerojatno najlakše primijetiti. Vrsta elektrana trenutno raste, kao i tehnologija u takvim postrojenjima.

Termoelektrane su vrsta postrojenja gdje se procesom sagorijevanja goriva dobiva energija. Primarni cilj svake termoelektrane je produciranje vodene pare radi pokretanja turbine, odnosno generatora radi električne energije.

Elektrane na biomasu i otpad, odnosno bioelektrane jedna su vrsta termoelektrana, gdje naravno goriva poput nafte, plina i ugljena, zamjenjuju biomasa, tj. njen raznorazni otpad. Energija kod bioelektrana nastaje prvotno pretvorbom u toplinsku energiju, zatim u mehaničku te naposljetku u električnu. Temelji pretvorbe kod toplinske energije jesu vodena para za parne turbine, odnosno prirodni plin za plinske turbine. Trenutno, kogeneracija je jedna od poznatijih vrsta elektrana koja istovremeno proizvodi električnu i toplinsku energiju, naravno stupanj djelovanja kod takvih elektrana je veći.

Vrste bioelektrana dijelimo na prema [12]:

- bioelektrane na drvni otpad,
- bioelektrane na nedrvni otpad,
- bioelektrane na bioplin
- bioelektrane na deponijski plin.

Republika Hrvatska kao temeljni potencijal proizvodnje energije iz biomase pronalazi u kontinentalnoj Hrvatskoj, ponajviše u Slavoniji. Veoma visok šumski potencijal u Hrvatskoj doseže optimalno 45 % prekrivenog područja upravo šumom.

Svaka elektrana ima svoje osnovne dijelove poput: turbine, kotla, kondenzatora te pumpe. Turbina ili motor imaju velik značaj pri proizvodnji energije, odnosno na koji će se način proizvesti energija. Kod termoelektrana bitno je razlikovati plinsko-turbinska postrojenja, parno-turbinska postrojenja te kombinirana postrojenja.

Prvenstveno svako postrojenje ima svoje prednosti i nedostatke. Jedna od prednosti ili nedostataka je upravo stupanj iskorištenja odnosno stupanj djelovanja svakog postrojenja.

Stupnjem iskorištenja se opisuje učinkovitost pojedinog postrojenja ili stroja. Formula za izračunavanje stupnja iskorištenja je prema [13] :

$$\mu = \frac{izlazna\ snaga}{ulazna\ snaga} = \frac{Piz}{Pul}$$

Radi daljnjeg izračuna, odnosno računskih postupaka u poglavljima Analize potencijala biomase na području Osječko-baranjske županije, u obzir će se uzeti nekolicina postrojenja prikazana tablicom 3.3.:

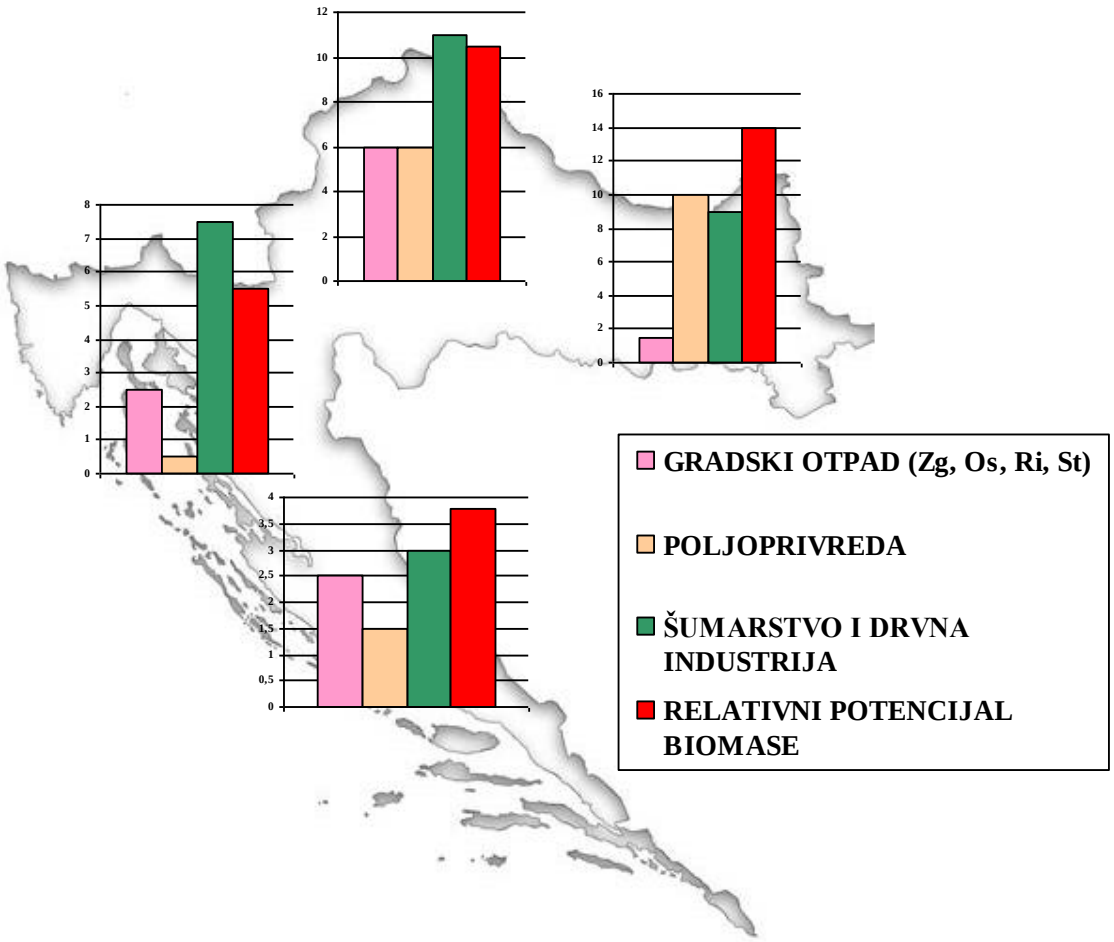
Tablica 3.3. Prikaz stupnjeva iskorištenja različitih vrsta postrojenja

| Vrsta postrojenja: | Stupanj iskorištenja: |
|---|---|
| Plinska turbina | 0.35-0.4 |
| Parna turbina | 0.3-0.4 |
| Plinski motor (plin) | 0.35-0.45 |
| Plinski motor (bioplin) | 0.35-0.44 |
| Kombinirano postrojenje | $\leq 0.6$ |

Također, vrijednosti učinkovitosti za pretvaranje goriva biomase i bioplina u električnu energiju u prosječnoj današnjoj termoelektrani je otprilike od oko 30 - 40 % , odnosno od otpada 22 – 28 %. [14]

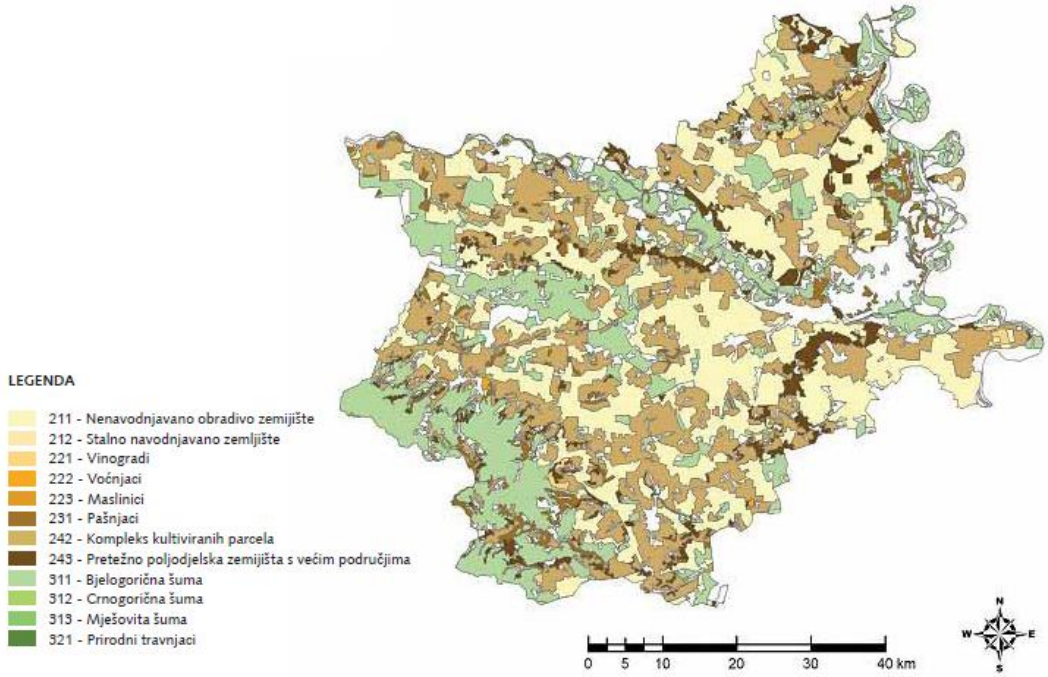
# 4. POTENCIJAL BIOMASE NA PODRUČJU OSJEČKO-BARANJSKE ŽUPANIJE

Republika Hrvatska kao zemlja ima izrazito značajne potencijale za stvaranje energije iz biomase, no problem se pak sastoji u slaboj ekološkoj osviještenosti građana te zemlje na što ukazuje činjenica da danas se samo mali udio potrebe za energijom (4,3%) zadovoljava šumskom biomasom, prvenstveno zbog nepostojanja domaćeg tržišta energije iz biomase i nerazvijene ekološke svijesti o važnosti obnovljivih izvora energije [15]. Osječko-baranjska županija svojim poljoprivrednim potencijalom posjeduje izrazito važnu ulogu u poljoprivrednoj proizvodnji na području Republike Hrvatske, čime ujedno sudjeluje u iskorištavanju potencijala raspoložive biomase s ciljem stvaranja obnovljivih izvora energije. U poljoprivrednom sektoru Osječko-baranjske županije zasigurno dominira ratarstvo, te stočarstvo čija su obilježja obiteljska gospodarstva koja samim time sadrže više od polovice stočnog fonda. Dakako, slavonska regija zasigurno posjeduje najveći potencijal za iskorištenje biomase iz različitih vrsta otpada, kao što je i vidljivo na sljedećem slikovnom prikazu.




Slika 4.1. Potencijali biomase u RH (2000.g) [16]

Također, na temelju istraživanja dane literature, utvrđeno je kako prema prostornome planu Osječko-baranjske županije, površine koje daju najbolje rezultate u poljoprivrednoj proizvodnji čine ukupno 266.245 ha poljoprivrednih zemljišta. Za razliku od toga, prema podacima iz digitalne baze podataka „CORINE LandCover Hrvatska“, poljoprivredna zemljišta u Osječko-baranjskoj županiji zauzimaju 271.153 ha površine. Obzirom na karakteristike koje Osječko-baranjska županija posjeduje, može se reći kako ista ima značajne predispozicije za iskorištavanje biomase u svrhu stvaranja izvora energije. Sljedećom slikom prikazan je zemljišni pokrov poljoprivredne i obradive površine Osječko-baranjske županije.




Slika 4.2. Karta zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta Osječko-baranjske županije [17]

U analizi potencijala biomase na području Osječko-baranjske županije primijenjena su dva kriterija održivosti koja podrazumijevaju sljedeće:

- Prema prvome kriteriju potrebno je osigurati obradivu površinu u svrhu proizvodnje hrane koja će iznositi 0,16 ha po osobi, s time da se u obzir uzima obveza županije koja mora nahraniti onaj udio stanovnika koji je razmjeran udjelu poljoprivrednih površina koje su u vlasništvu istih stanovnika u ukupnom broju poljoprivrednih obradivih površina u Hrvatskoj.
- Drugi kriterij podrazumijeva izuzimanje travnjaka i pašnjaka iz ukupnih obradivih poljoprivrednih površina čija je svrha proizvodnja kukuruzne silaže, odnosno brojnih energetskih kultura čiji je značaj očuvanje biološke raznolikosti.

Da ukupni kapaciteti za proizvodnju obnovljivih izvora energije na području Osječko-baranjske županije nisu u potpunosti iskorišteni, ukazuje činjenica da prema registriranom interesu na području regije Slavonije i Baranje do 2020. g. u planu je izgradnja 137 energetskih objekata na OIE ukupne električne snage 117 MW i dodatno 88 MW toplinske snage [15]. Također, sljedećim tabličnim prikazom objašnjena je planirana izgradnja elektrana na obnovljive izvore energije na području Osječko-baranjske županije do 2020. godine.

Tablica 4.1. Planirana izgradnja elektrana na OIE na području Slavonije i Baranje do 2020. godine [15]

| Rb | Vrsta elektrane | Broj elektrana | Električna snaga [MW] | Toplinska snaga [MW] |
|---|---|---|---|---|
| **1.** | Sunčeva | 62 | 1,7 | - |
| **2.** | Hidro | 6 | 0,7 | - |
| **3.** | Vjetar | 2 | 104,0 | - |
| **4.** | Biomasa | 29 | 86,1 | - |
| **5.** | Bioplin | 35 | 50,5 | - |
| **6.** | Kogeneracija | 3 | 12,0 | 88 |
| **7.** | Total | 137 | 255,0 | 88 |

## 4.1. Potencijal proizvodnje bioplina

Kako je već ranije navedeno i objašnjeno, bioplin predstavlja proizvod anaerobne razgradnje organskih tvari te je sačinjen od mješavine brojnih plinova. Također, za proizvodnju bioplina iskorištava se ukupna količina stajskog gnojiva koje nastaje na poljoprivrednim farmama Osječko-baranjske županije. „Prilikom izračuna potencijala proizvodnje bioplina korištena je sljedeća formula [17] : **BP = m** x **oST** x **p** x **k** [kWh/god], gdje je:

**BP**- energetski potencijal proizvedenog bioplina

**m -** masa stajskog gnoja goveda, svinja odnosno peradi koja godišnje nastaje u Županiji [t/god]

**oST**- udio organske suhe tvari u svježoj sirovini

**p**- prinos metana (CH4) po jedinici organske suhe tvari u svježoj sirovini [ma/t oST]

**k=10** - energetska vrijednost metana [kWh/Nma]

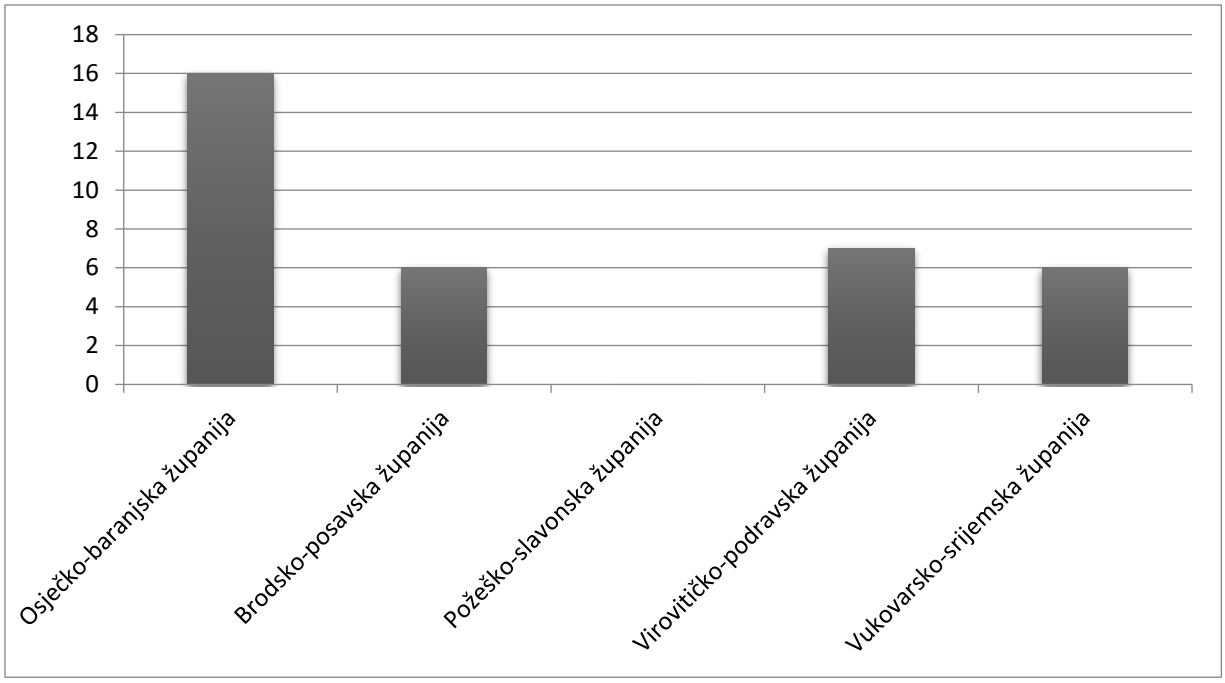
Naravno, bitno je napomenuti kako navedeni rezultati predstavljaju tek teoretski potencijal iskorištavanja biomase za proizvodnju bioplina, dok tehnički potencijal ovisi o brojnim faktorima koji između ostalog uključuju i način uzgoja stoke, veličinu farme te ujedno i kapacitet samoga postrojenja za proizvodnju bioplina. Sljedećom tablicom prikazan je potencija proizvodnje bioplina u Osječko-baranjskoj županiji na godišnjoj razini kako slijedi.

Tablica 4.2. Energetski potencijal proizvodnje bioplina u Osječko-baranjskoj županiji na godišnjoj razini [17]

| Sirovina | Raspoloživost stajskog gnoja (t/god)* | Teoretski energetski potencijal (MWh/god) | Teoretski energetski potencijal (TJ/god) |
|---|---|---|---|
| Proizvodnja bioplina u monodigestiji | | | |
| Goveđi stajski gnoj | 344.764 | 189.620 | 683 |
| Svinjski stajski gnoj | 251.091 | 41.967 | 151 |
| Gnoj peradi | 16.927 | 16.758 | 60 |
| Sirovina | Površina potrebna za uzgoj kukuruzne silaže (ha) | Teoretski energetski potencijal (MWh/god) | Teoretski energetski potencijal (TJ/god) |
| Proizvodnja bioplina u kodigestiji s kukuruznom silažom (maseni udio silaže 30%) | | | |
| Goveđi stajski gnoj + silaža | 4.395 | 342.814 | 1.234 |
| Svinjski stajski gnoj + silaža | 3.211 | 153.897 | 553 |
| Gnoj peradi + silaža | 216 | 24.279 | 87 |

*Izračun se temelji na podacima o broju životinja iz Statističkih ljetopisa Republike Hrvatske za razdoblje od 2007. do 2009. godine

Na temelju prikazanih podataka iz tablice, vidljivo je kako bi se na godišnjoj razni u Osječko-baranjskoj županiji mogao proizvesti bioplin s ukupnom energetskom vrijednosti 894 TJ kada bi se isti proizvodio monodigestijom, te kada bi se iskoristilo ukupno raspoloživo stajsko gnojivo nastalo stočarskom proizvodnjom. Jednako tako, u slučaju kada bi se jednaka količina stajskog gnojiva koristila za proizvodnju bioplina u kodigestiji s kukuruznom silažom, konačan proizvod bio bi bioplin energetske vrijednosti 1.875 TJ/god. Također, u planu županije je izgradnja određenog broja elektrana isključivo na bioplin do 2020. godine, što je prikazano sljedećim grafičkim prikazom.




Grafikon 4.1. Broj elektrana na bioplin planiranih za izgradnju na području Slavonije i Baranje do 2020. godine (po županijama) [15]

Analizom navedenih podataka može se zaključiti kako u slučaju nemogućnosti korištenja otpadnih sirovina iz prehrambene industrije, proizvodnja bioplina na području Osječko-baranjske županije,iz stajskog gnojiva u kodigestiji s kukuruznom silažom bi bila jedna od opcija koja bi rezultirala pozitivnim ishodima. Dakle, ova županija ima značajnih potencijala obzirom da raspolaže velikim spektrom sirovina za proizvodnju bioplina te značajnim obujmom raspoloživih poljoprivrednih zemljišta.

## 4.2. Potencijal proizvodnje biogoriva

Kao što je ranije u radu navedeno, tekuća biogoriva su goriva nastala iz biomase te se ista koriste za pokretanje upravo motornih vozila gdje se mogu upotrebljavati samostalno ili pak kao mješavina s motornim benzinom odnosno dizelskim gorivom. Tekuća biogoriva dijelimo na biogoriva prve, druge i treće generacije s obzirom na različite tehnologije proizvodnje.

Prema tome, tehnologije proizvodnje prve generacije pretežito su komercijalne te prvotno podrazumijevaju proizvodnju biodizela iz bioetanola i njegovih derivata iz biljaka koje su bogate šećerom i škrobom, te iz uljarica. Prema tome, biodizel proizveden tehnologijom

proizvodnje prve generacije se proizvodi tzv. procesom transesterifikacije biljnih ulja. Suprotno tome, tehnologije proizvodnje druge i treće generacije su još u fazi razvoja.

Na području Osječko-baranjske županije osnovna sirovina za proizvodnju biogoriva jest uljana repica, zbog čega prilikom proizvodnje bioetanola dolazi do procesa fermentacije šećera. Tablicom koja slijedi prikazan je potencijal proizvodnje biogoriva na području Osječko-baranjske županije za svaku kulturu na godišnjoj razini.

Tablica 4.3. Potencijal proizvodnje biogoriva na području Osječko-baranjske županije na godišnjoj razini [17]

| Sirovina | Masa sirovine (t/god)* | Količina biogoriva (t/god) | Energetska vrijednost (GJ/t) | Teoretski energetski potencijal (TJ/god) |
|---|---|---|---|---|
| Bioetanol | | | | |
| Kukuruz (s.v.)** | 1.100.032 | 330.962 | 27 | 8.936 |
| Šećerna repa | 8.048.159 | 632.887 | 27 | 16.845 |
| Biodizel | | | | |
| Uljana repica | 463.911 | 189.357 | 37 | 7.006 |
| Soja | 421.738 | 79.874 | 37 | 2.955 |

*Izračun se temelji na podacima o prosječnim prinosima kultura iz Statističkih ljetopisa Republike Hrvatske za razdoblje od 2006. do 2008. godine te podacima o raspoloživom zemljištu za uzgoj energetskih kultura

**s.v. – srednja vrijednost između postupka suhog mljevenja i postupka mokrog mljevenja

Prema podacima iz tablice vidi se kako bi se na području Osječko-baranjske županije mogla proizvesti količina bioetanola s energetskom vrijednosti 2.955 do 16.845 TJ/god, uz uvjet da se za proizvodnju jedne od prethodno navedenih kultura iskoristi 175.724 ha poljoprivrednog zemljišta. Dakako, navedeni potencijali proizvodnje biogoriva bili bi važeći ukoliko bi se proizvodila samo jedna vrsta biogoriva odnosno koristeći jednu kulturu.

Također, na području grada Osijeka te ujedno i županije nalazi se jedna hrvatska šećerana, što predstavlja jedan od razloga zašto se za proizvodnju bioetanola na ovom području pretežito koristi kukuruz odnosno za proizvodnju biodizela uljana repica. Ujedno, uljana repica se pretpostavlja kao najpogodnija kultura za proizvodnju biogoriva, obzirom na velike obradive ravničarske površine na području županije, koje pogoduju njezinoj proizvodnji. Stoga, može se zaključiti kako su energetski potencijali za proizvodnju biogoriva u navedenoj županiji jedni od najvećih u RH.

## 4.3. Potencijal proizvodnje biomase iz šumarstva

U ranije navedenim poglavljima navedeni su najčešći oblici drvne biomase kao što su sječka, piljevina, kora, drvo, briketi, peleti te blanjevina, koji se kao takvi upotrebljavaju za proizvodnju izvora energije. Navedena drvna biomasa koristi se za proizvodnju električne i toplinske energije jednako kao i tekućih te plinovitih goriva.

Obzirom da tehnologija iskorištavanja drvne biomase uvelike ovisi karakteristikama drvne biomase, na proizvodnju izvora energije značajno utječu raspoložive šumske vrste na području ove županije. Također, obzirom da su u nadolazećoj tablici navedeni podaci teoretskog potencijala proizvodnje energije iz drvne biomase, teoretski potencijal može se definirati kao ukupno raspoloživi energetski potencijalu ovom slučaju drvne biomase, za pojedino područje u ovom slučaju Osječko-baranjsku županiju. Isti se izračunava kao umnožak ogrjevne vrijednosti biomase (MJ/kg) i ukupne drvne biomase u (kg). Prikaz navedenih podataka vidljiv je u sljedećoj tablici.

Tablica 4.4. Teoretski potencijal proizvodnje energije iz drvne biomase u Osječko-baranjskoj županiji [17]

| Ukupna drvna zaliha ($m^3$) | Ukupni godišnji prirast ($m^3$) | Godišnji etat prostornog drva (uključujući četinjače) ($m^3$) | | Teoretski energetski potencijal godišnjeg etata prostornog drva (uključujući četinjače) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Planirana sječa | | Ostvarena sječa | |
| 22.291.528 | 758.689 | Planirana sječa | Ostvarena sječa | GWh | TJ | GWh | TJ |
| | | 274.143 | 186.370 | 479 | 1.724 | 344 | 1.239 |

Na temelju prikazanih podataka vidi se kako energetski potencijal drvne biomase koju je moguće upotrijebiti za proizvodnju energije na godišnjoj razini iznosi ukupno 1.724 TJ. Također, udio drvne biomase koja će biti raspoloživa u svrhu proizvodnje energije, ovisi o stanju na tržištu odnosno cijenama potrebnih sirovina. Obzirom da je u tablici prikazan samo teoretski potencijal, tehnički će potencijal i u ovom slučaju ovisiti o efikasnosti i učinkovitosti postrojenja za proizvodnju potrebne energije.

## 4.4. Potencijal proizvodnje biomase iz otpada

U Registru otpada Republike Hrvatske za 2010. godinu navedeni su određeni podaci koji ukazuju na vrste otpada koji se odlaže na pojedinim odlagalištima. Prema istome, u Hrvatskoj se godišnje na odlagalištima odloži 96% biorazgradivog komunalnog otpada. Također, izračun prethodno navedenog teoretskog energetskog potencijala za proizvodnju bioplina iz isključivo komunalnog otpada dan je prema podacima Agencije za zaštitu okoliša koji se odnose na prikupljeni komunalni otpad u 2010. godini, s time da otpad koji je iskoristiv za proizvodnju bioplina čini svega 42% nesortiranog komunalnog otpada.

S obzirom da se otpadom ne smatra isključivo komunalni otpad nego ujedno i otpad drvne industrije jednako kao i klaonički otpad, sljedećom tablicom će biti prikazani podaci energetskog potencijala na temelju navedenih vrsta otpada.

Tablica 4.5. Teoretski energetski potencijali dobiveni iz otpada na području Osječko-baranjske županije [17]

| Vrsta otpada | Raspoloživost otpada (t/god)* | Teoretski energetski potencijal (MWh/god) | Teoretski energetski potencijal (TJ/god) |
|---|---|---|---|
| Klaonički otpad | 4.651 | 23.255 | 84,7** |
| Ostaci iz drvne industije | 321 | 1.509 | 5,4 |
| Biorazgradiva komponenta komunalnog otpada | 39.210 | 26.467 | 95,3** |

*izvor: Registri otpada za razdoblje 2008-2010. (Agencija za zaštitu okoliša), ** dobiven tehnologijom proizvodnje bioplina

Na temelju podataka iz prethodne tablice, da se zaključiti kako najznačajniji teoretski energetski potencijal realiziraju upravo klaonički otpad te biorazgradiva komponenta komunalnog otpada. Jednako tako, iskorištavanje navedenih vrsta otpada ne samo da doprinosi stvaranju novih izvora energije, već se na taj način sprječava odlaganje navedenog otpada na za to ne prilagođenim odlagalištima. Odnosno, obzirom da se klaonički otpad ne smije odlagati na odlagalištima komunalnog otpada, navedena vrsta se koristi za proizvodnju energije anaerobnom digestijom uz prethodne obvezne sanitarne obrade. Dakle, može se reći kako najveći doprinos proizvodnji energije iz biomase otpada na području Osječko-baranjske

županije, pridaju upravo ostatci nastali stočarskom proizvodnjom te otpad nastao u kućanstvima stanovništva ove županije.

# 5. ANALIZA POTENCIJALA BIOMASE U OSJEČKO-BARANJSKOJ ŽUPANIJI

U ovome poglavlju kao praktični dio biti će provedena cjelokupna analiza potencijala biomase za područje Osječko-baranjske županije, čime će se naposljetku nastojati utvrditi realna iskoristivost raspoloživih potencijala za navedeno područje. Izračun će biti proveden za sirovine kao što su razne vrste stajskog gnojiva, kukuruz, šećerna repa, uljana repica, komunalni otpad, drvni otpad te klaonički otpad. Za izračun potencijala koristit će se sljedeće navedena formula:

$$\text{količinaplina} * \text{učinkovitost pojedinog postrojenja} = \text{proizvedena električna energija}$$

$$W = BP * \mu_{elektrane} = BP * \mu_{postrojenja} = E_{električna}$$

$$BP - \text{teoretski energetski potencijal plina}$$

$$\mu_{postrojenja} - \text{ stupanj iskoristivosti pojedinog postrojenja}$$

$$E_{električna} - \text{proizvedena električna energija}$$

Prema skraćenoj tablici iz potpoglavlja „Stupanj iskoristivosti tehnologija različitim postrojenjima“ će biti proveden izračun dobivanja proizvedene električne energije iz količine plina te učinkovitosti pojedinog postrojenja danog tablicom 5.1.

Tablica 5.1. Prikaz stupnjeva iskoristivosti različitih vrsta postrojenja

| Vrsta postrojenja: | Stupanj iskorištenja: |
|---|---|
| Plinska turbina | 0.35-0.4 |
| Parna turbina | 0.3-0.4 |
| Plinski motor (bioplin) | 0.35-0.44 |

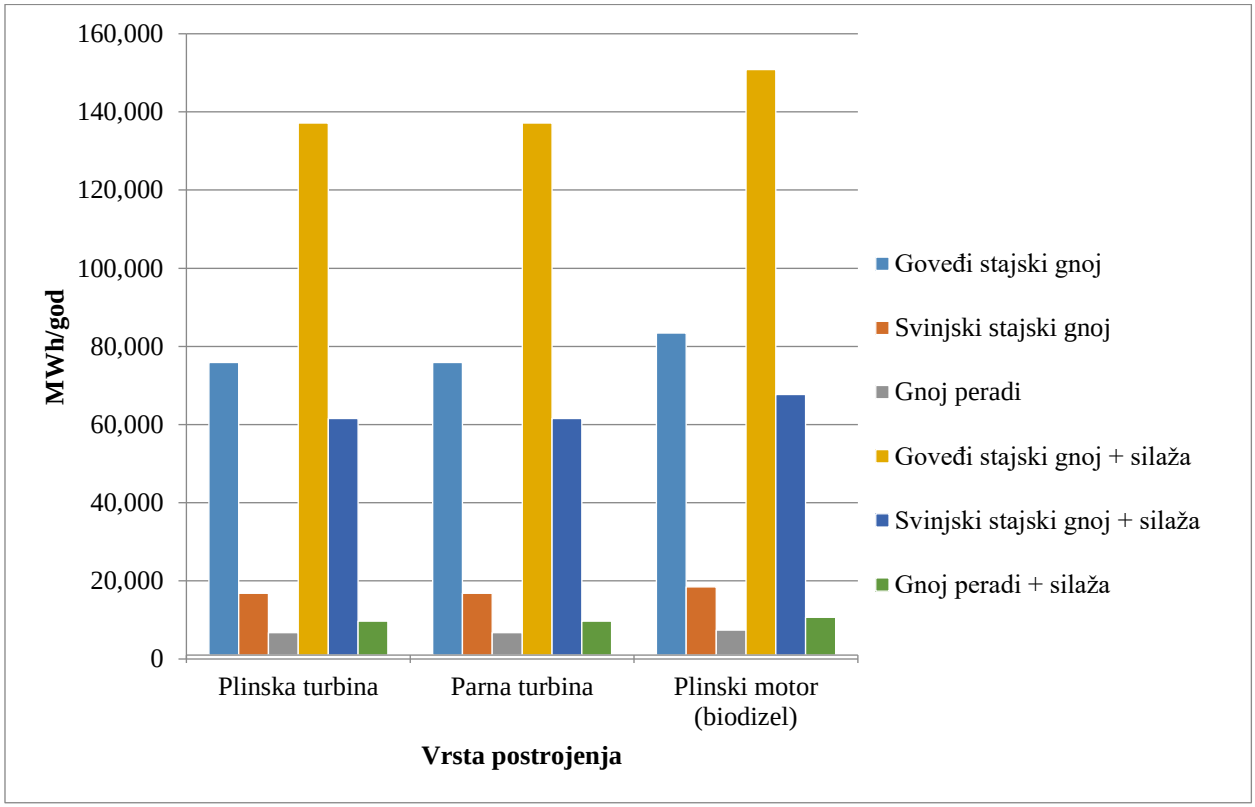
Tablica 5.2. Prikaz teoretskog energetskog potencijala proizvodnje bioplina u Osječko-baranjskoj županiji [17]

| Sirovina | Teoretski energetski potencijal (MWh/god) |
|---|---|
| Goveđi stajski gnoj | 189.620 |
| Svinjski stajski gnoj | 41.967 |
| Gnoj peradi | 16.758 |
| Goveđi stajski gnoj + silaža | 342.814 |
| Svinjski stajski gnoj + silaža | 153.897 |
| Gnoj peradi + silaža | 24.279 |

Tablica 5.3. Prikaz dobivene električne energije izračunom teoretskog potencijala proizvodnje bioplina u Osječko-baranjskoj županiji

| Postrojenje: / Sirovina: | Plinska turbina [MWh/god] | Parna turbina [MWh/god] | Plinski motor [MWh/god] |
|---|---|---|---|
| Goveđi stajski gnoj | 66.397 – 75.848 | 56.886 – 75.848 | 66.397 – 83.432,8 |
| Svinjski stajski gnoj | 14.688 – 16.786,8 | 12.590,1 – 16.786,8 | 14.688 – 18.465,48 |
| Gnoj peradi | 5.865,3 – 6.703,2 | 5.027,4– 6.703,2 | 5.865,3 – 7.373,52 |
| Goveđi stajski gnoj + silaža | 119.984,9 – 137.125,6 | 102.844,2 – 137.125,6 | 119.984,9 – 150.838,16 |
| Svinjski stajski gnoj + silaža | 53.863,95 – 61.558,8 | 46.169,1– 61.558,8 | 53.863,95 – 67.714,68 |
| Gnoj peradi + silaža | 8.497,65 – 9.711,6 | 7.283,7– 9.711,6 | 8.497,65 – 10.682,76 |

Na temelju prikazanog izračuna potencijala biomase za različite navedene sirovine i postrojenja, sljedećim grafičkim prikazom prikazat će se dobiveni rezultati dobivene maksimalnu proizvedene energije prema maksimalnom stupnju iskoristivosti, gdje je vidljivo kako najveći stupanj proizvedene energije je iz sirovine goveđeg stajskog gnoja na ovome području .




Grafikon 5.1. Maksimalna proizvedena energija prema maksimalno stupnju iskoristivosti različitih vrsta gnojiva tablice 5.3.

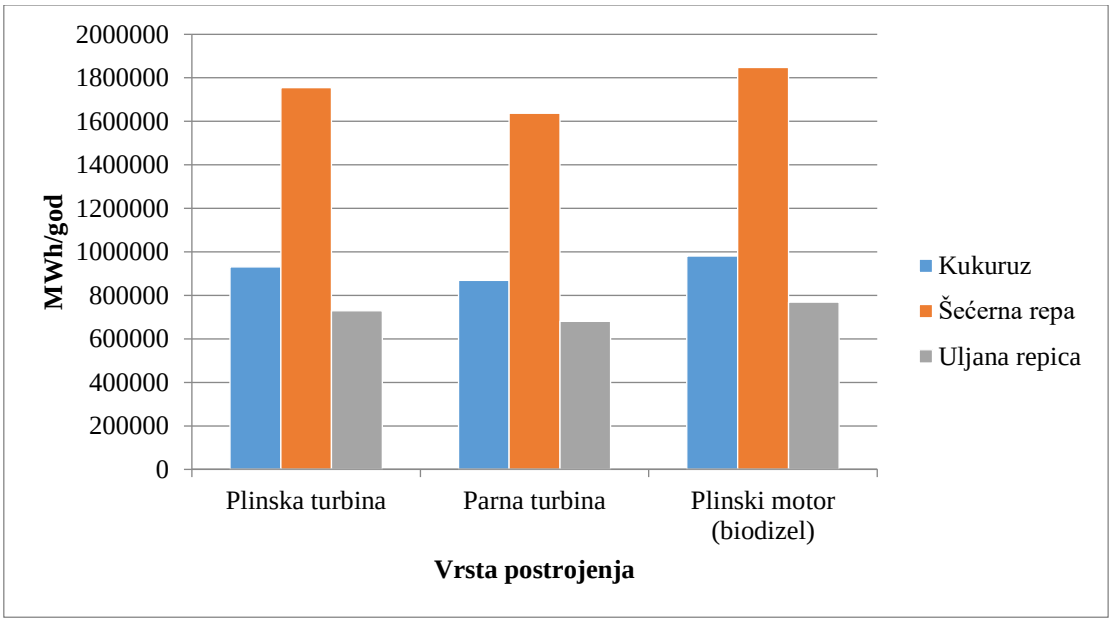
Nadalje, prema podacima iz prethodnog poglavlja proveden je izračun već ranije objašnjenog teoretskog energetskog potencijala za sirovine kao što su kukuruz, šećerna repa te uljana repica, jednako kao i prikaz dobivenih rezultata grafikonom 5.2.

Tablica 5.4. Prikaz teoretskog energetskog potencijala proizvodnje biogoriva u Osječko-baranjskoj županiji [17]

| Sirovina | Teoretski energetski potencijal (MWh/god) |
|---|---|
| Kukuruz | 2 482 222,00 |
| Šećerna repa | 4 679 167,00 |
| Uljana repica | 1 946 111,00 |

Tablica 5.5. Prikaz dobivene električne energije izračunom teoretskog potencijala proizvodnje biogoriva u Osječko-baranjskoj županiji

| Postrojenje: / Sirovina: | Plinska turbina [MWh/god] | Parna turbina [MWh/god] | Plinski motor [MWh/god] |
|---|---|---|---|
| Kukuruz | 868.777,7 – 992.888,8 | 744.666,6 – 992.888,8 | 868.777,7 – 1092177,68 |
| Šećerna repa | 1637708,45 – 1871666,8 | 1403750,1 – 1871666,8 | 1637708,45 – 2058833,48 |
| Uljana repica | 681.138,85 – 778.444,4 | 583.833,3 – 778.444,4 | 681.138,85 – 856.288,84 |



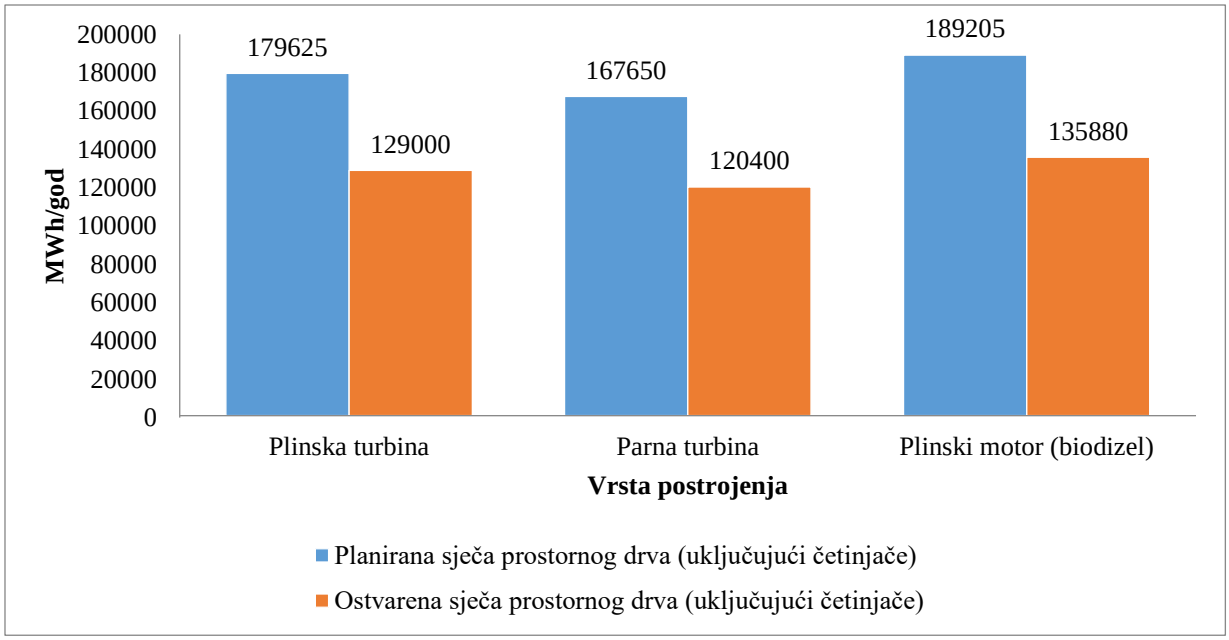

Grafikon 5.2. Prosječna proizvedena energija prema prosječnom stupnju iskoristivosti različitih vrsta poljoprivrednih kultura tablice 5.5.

Tablica 5.6. Prikaz teoretskog energetskog potencijala prostornog drva u Osječko-baranjskoj županiji [17]

| Teoretski energetski potencijal prostornog drva (uključujući četinjače)(MWh/god) | |
|---|---|
| Planirana sječa | Ostvarena sječa |
| 479.000 | 344.000 |

Tablica 5.7. Prikaz dobivene električne energije izračunom teoretskog potencijala prostornog drva u Osječko-baranjskoj županiji

| Postrojenje: / Sirovina: | Plinska turbina [MWh/god] | Parna turbina [MWh/god] | Plinski motor [MWh/god] |
|---|---|---|---|
| Planirana sječa prostornog drva (uključujući četinjače) | 167.650 – 191.600 | 143.700 – 191.600 | 167.650 – 210.760 |
| Ostvarena sječa prostornog drva (uključujući četinjače) | 120.400 – 137.600 | 103.200 – 137.600 | 120.400 – 151.360 |




Grafikon 5.3. Prosječna proizvedena energija prema prosječnom stupnju iskoristivosti prostornog drva prema tablici 5.7.

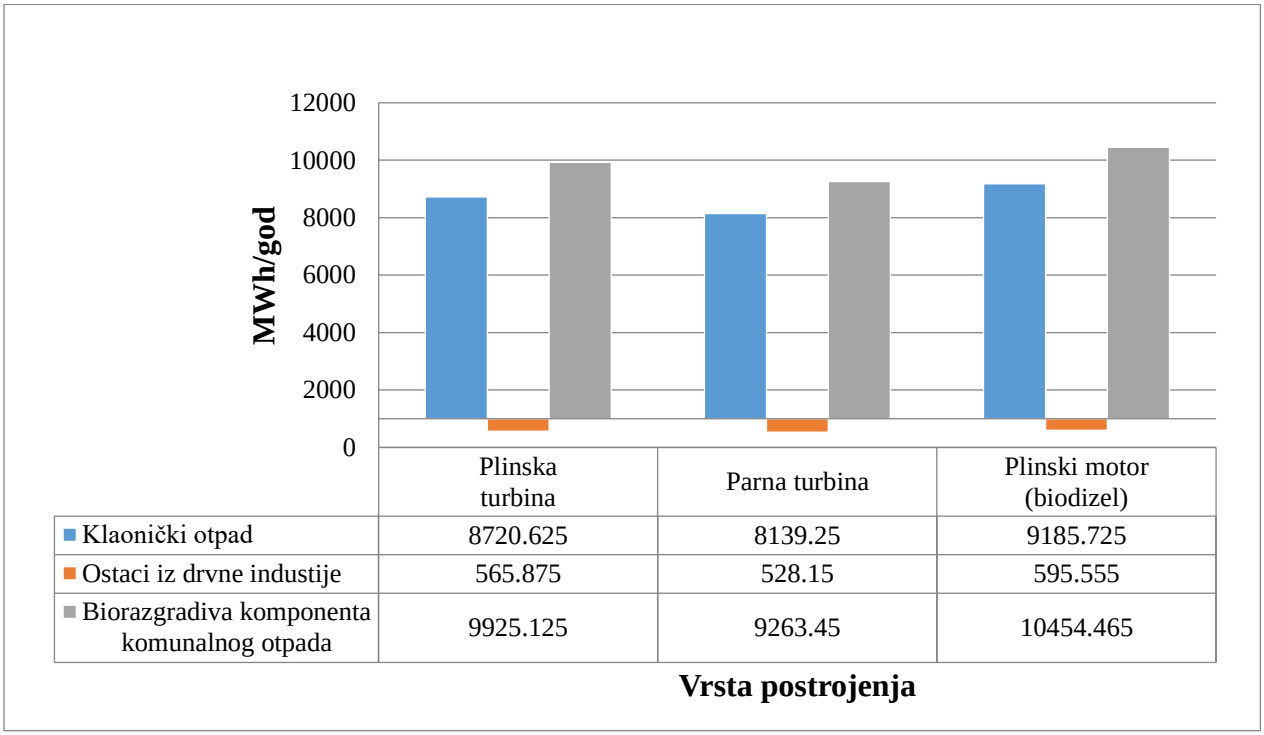
Osim za sirovine kao što su kukuruz, šećerna repa te uljana repica, napravljen je izračun teoretskog energetskog potencijala za klaonički otpad, drvni otpad te komunalni otpad. Također grafičkim prikazom prikazano je kako najveći dio proizvedene energija, prema prosječnom izračunu ima biorazgradiva komponenta komunalnog otpada.

Tablica 5.8. Prikaz teoretskog energetskog potencijala otpada u Osječko-baranjskoj županiji [17]

| Sirovina | Teoretski energetski potencijal (MWh/god) |
|---|---|
| Klaonički otpad | 23.255 |
| Ostaci iz drvne industije | 1.509 |
| Biorazgradiva komponenta komunalnog otpada | 26.467 |

Tablica 5.9. Prikaz dobivene električne energije izračunom teoretskog potencijala otpada u Osječko-baranjskoj županiji

| Postrojenje: / Sirovina: | Plinska turbina [MWh/god] | Parna turbina [MWh/god] | Plinski motor [MWh/god] |
|---|---|---|---|
| Klaonički otpad | 8.139,25 – 9.302 | 6.976,5 – 9.302 | 813.9,25 – 10.232,2 |
| Ostaci iz drvne industije | 528,15 – 603,6 | 452,7 – 603,6 | 529,15 – 663,96 |
| Biorazgradiva komponenta komunalnog otpada | 9.263,45 – 10.586,8 | 7.940,1 – 10.586,8 | 9.263,45 – 11.645,48 |




Grafikon 5.4. Prosječna proizvedena energija prema prosječnom stupnju iskoristivosti otpada prema tablici 5.9.

# 6. ZAKLJUČAK

Po završetku završnog rada dolazi se do zaključka kako biomasa, odnosno biomasa i njezin otpad nisu ni približno iskorišteni koliko bi trebali i mogli biti. Energija biomase na području Republike Hrvatske najveći potencijal pronalazi upravo u Slavoniji, koja je dijelom Osječko-baranjske županije. Također, u ovome završnom radu na osnovu potencijala Osječko-baranjske županije imamo uvid kako bi upravo takav potencijal proizvodnje energije iz biomase trebali više upotrebljavati, naravno i radi boljeg razvitka obnovljivih postrojenja. Trenutno postoje još brojna istraživanja na temu biomase, ali je realizacija podosta spora uglavnom i zbog slabo razvijenog tog sektora tržišta. Slavonija, ali i cijela Hrvatska što se tiče cjelokupnog tržišta jesu na jedan način u slabijem razvoju još od ratnih razaranja. Analizom potencijala Osječko-baranjske županije ovog završnog rada daje se na uvid, kako potencijala ima puno, ali neiskorištenosti još više. Vjerom u bolju budućnost i jednostavno optimističnim stavom, potaknuo bi ostale generacije na želju za iskorištavanjem potencijala biomase, ali i svih obnovljivih izvora koje mogu samo unaprijediti nas, našu županiju, državu te cijeli svijet.

# Literatura


[1] B. Udovičić, "Energetika i okoliš u globalizaciji", vlastita naknada, Zagreb, 2002.

[2] D. Šljivac, Z. Šimić, "Obnovljivi izvori energije s osvrtom na štednju", Elektrotehnički fakultet Osijek, Osijek, 2007.

[3] N. Čupin , "Nova energetika", Udruga za razvoj Hrvatske, Zagreb, 2014.

[4] Europska komisija, Politike, informacije i usluge, Biomasa: https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biomass (pristup stranici: 15.7.2018.)

[5] Energetska učinkovitost i politike poticanja obnovljivih izvora na lokalnoj razini za energiju: http://www.ener-supply.eu/downloads/ENER_handbook_bh.pdf (pristup stranici 15.7.2018.)

[6] Energija i tehnologija, Nove inovativne tehnologije, Kogeneracijsko postrojenje na biomasu: http://www.eniteh.hr/modsklad.html (pristup stranici: 15.7.2018.)

[7] Obnovljivi izvori energije: https://obnovljiviizvorienergijee.weebly.com/bioplin.html (pristup stranici 15.7.2018.)

[8] E. Dahlquist, Technologies for Converting Biomass to Useful Energy, CRC press, Boca Raton,Florida, 2013.

[9] Obnovljivi izvori energije, Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva: http://oie.mingorp.hr/UserDocsImages/BIOCHP_HR.pdf (pristup stranici 15.7.2018)

[10] Ecometeo: http://ecometeo.rs.ba/index.php/en/energija/energija-biomase/energija-otpada (pristup stranici 16.7.2018.)

[11] Sveučilište Ghent, Odjel održive kemije i tehnologije: https://www.ugent.be/bw/gct/en/research/thermochemical-conversion-of-biomass/finished-projects/research-lopezbarreiro.htm (pristup stranici 16.7.2018.)

[12] Wikipedia: https://hr.wikipedia.org/wiki/Bioelektrana (pristup stranici 17.9.2018.)

[13] Hrvatska enciklopedija: http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=58533 (pristup stranici 18.9.2018.)

[14] Nacionalni energetski tehnološki laboratorij: https://www.netl.doe.gov/File%20Library/Research/Coal/energy%20systems/gasification/gasifipedia/EEGJulyrevisedFINAL1-2003-030-0548-2.pdf (pristup stranici 17.9.2018.)

[15] M. Ivanović, H. Glavaš, "Potencijali i mogućnosti korištenja biomase ratarske, voćarske i vinogradarske proizvodnje u energetske svrhe na području regije Slavonije i Baranje", Elektrotehnički fakultet Osijek, Osijek, 2013.

[16] Izvori energije, bioenergija: http://www.izvorienergije.com/bioenergija.html (pristup stranici 12.9.2018)

[17] Društvo za oblikovanje održivog razvoja: http://www.door.hr/wp-content/uploads/2016/01/REPAM_studija_14_osjecko-baranjska.pdf (pristup stranici 12.8.2018.)

## Popis grafikona

Grafikon 2.1. Korištenje biomase i očekivani porast zaposlenosti ..... 4
Grafikon 4.1. Broj elektrana na bioplin planiranih za izgradnju na području Slavonije i Baranje do 2020. godine (po županijama) ..... 27
Grafikon 5.1. Maksimalna proizvedena energija prema maksimalno stupnju iskoristivosti različitih vrsta gnojiva tablice 5.3. ..... 34
Grafikon 5.2. Prosječna proizvedena energija prema prosječnom stupnju iskoristivosti različitih vrsta poljoprivrednih kultura tablice 5.5. ..... 36
Grafikon 5.3. Prosječna proizvedena energija prema prosječnom stupnju iskoristivosti prostornog drva prema tablici 5.7. ..... 37
Grafikon 5.4. Prosječna proizvedena energija prema prosječnom stupnju iskoristivosti otpada prema tablici 5.9. ..... 38

## Popis tablica

Tablica 2.1. Prikaz sirovina drvne biomase ..... 6
Tablica 2.2. Prikaz sirovina nedrvne biomase ..... 9
Tablica 2.3. Prikaz energetskih nasada velikih prinosa ..... 10
Tablica 3.1. Prikaz primarne podjele procesa rasplinjavanja ..... 14
Tablica 3.2. Prikaz uvjeta pri hidrotermalnoj obradi ..... 19
Tablica 3.3. Prikaz stupnjeva iskorištenja različitih vrsta postrojenja ..... 22
Tablica 4.1. Planirana izgradnja elektrana na OIE na području Slavonije i Baranje do 2020. godine ..... 25
Tablica 4.2. Energetski potencijal proizvodnje bioplina u Osječko-baranjskoj županiji na godišnjoj razini ..... 26
Tablica 4.3. Potencijal proizvodnje biogoriva na području Osječko-baranjske županije na godišnjoj razini ..... 28
Tablica 4.4. Teoretski potencijal proizvodnje energije iz drvne biomase u Osječko-baranjskoj županiji ..... 29
Tablica 4.5. Teoretski energetski potencijali dobiveni iz otpada na području Osječko-baranjske županije ..... 30
Tablica 5.1. Prikaz stupnjeva iskoristivosti različitih vrsta postrojenja ..... 32
Tablica 5.2. Prikaz teoretskog energetskog potencijala proizvodnje bioplina u Osječko-baranjskoj županiji ..... 33

Tablica 5.3. Prikaz dobivene električne energije izračunom teoretskog potencijala proizvodnje bioplina u Osječko-baranjskoj županiji ..... 33
Tablica 5.4. Prikaz teoretskog energetskog potencijala proizvodnje biogoriva u Osječko-baranjskoj županiji ..... 35
Tablica 5.5. Prikaz dobivene električne energije izračunom teoretskog potencijala proizvodnje biogoriva u Osječko-baranjskoj županiji ..... 35
Tablica 5.6. Prikaz teoretskog energetskog potencijala prostornog drva u Osječko-baranjskoj županiji ..... 36
Tablica 5.7. Prikaz dobivene električne energije izračunom teoretskog potencijala prostornog drva u Osječko-baranjskoj županiji ..... 36
Tablica 5.8. Prikaz teoretskog energetskog potencijala otpada u Osječko-baranjskoj županiji ..... 37
Tablica 5.9. Prikaz dobivene električne energije izračunom teoretskog potencijala otpada u Osječko-baranjskoj županiji ..... 38

## Popis slika

Slika 2.1. Prikaz grijanja kućanstva pomoću biomase ..... 7
Slika 2.2. Prikaz gornje i donje ogrjevne vrijednosti ..... 8
Slika 2.3. Modul skladištenja i sušenja biomase ..... 9
Slika 2.4. Proces dobivanja bioplina ..... 11
Slika 2.5. Prikaz rada sustava na bioplin ..... 12
Slika 3.1. Shematski prikaz tehnologija pretvorbe i proizvoda biomase ..... 13
Slika 3.2. protustrujnog reaktora i faze procesa rasplinjavanja u nepokretnom sloju ..... 15
Slika 3.3. Prikaz procesa anaerobne digestije ..... 17
Slika 3.4. Proces hidrotermalnog ukapljivanja biomase ..... 19
Slika 4.1. Potencijali biomase u RH (2000.g) ..... 23
Slika 4.2. Karta zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta Osječko-baranjske županije ..... 24

## Sažetak

Analiza potencijala energije biomase na području Osječko-baranjske županije jest tema ovog završnog rada. Uvod je proveden pomoću obnovljivih izvora energije, te definiranju pojma biomase. Na temelju istraživanja dostupne i relevantne literature napravljen je pregled trenutnog korištenja biomase. Opisane su tehnologije, pomoću različitih vrsta procesa za iskorištavanje energije biomase. Prikupljeni su podaci dostupnih različitih vrsta biomasa na području Osječko-baranjske županije. Na temelju prikupljenih podataka je dovršena analiza energetskog potencijala biomase na području Osječko-baranjske županije. Analiza je napravljena na temelju tri različite vrste postrojenja, gdje svaka vrsta ima svoj stupanj iskoristivosti. Na kraju su predočeni osnovni zaključci provedene analize.

**Ključne riječi:** biomasa, analiza, potencijal, energija

## Abstract

Analysis of the potential of biomass energy in the area of Osijek-Baranja County is the subject of this final work. The introduction was implemented by using renewable sources of energy, and defining the idea of biomass. Based on available research and relevant literature review was made of the current use of biomass. Technologies, using different types of processes of biomass energy utilization are described. Data of available different types of biomass in the area of Osijek-Baranja County were collected. Based on the collected dana, an analysis of the biomass energy potential in the area of Osijek-Baranja County was completed. The analysis is made on three different types of power plants, where each type has its degree of efficiency. Finally, the basic conclusions of the analysis were presented.

**Keywords:** biomass, analysis, potential, energy

# Životopis

Matija Sesar rođen je 26.9.1996. godine u Osijeku, u Republici Hrvatskoj. U Osijeku završava "Osnovnu školu Svete Ane", nakon čega upisuje "I. gimnaziju" u Osijeku. Poslije završetka srednjoškolskog obrazovanja upisuje preddiplomski studij elektrotehnike na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku, 2015. godine. Na 2. godini studija se opredjeljuje za smjer elektroenergetika.