Proračun potencijala energije biomase pokušališta Jazbina i Šašinovec Agronomskog fakulteta u Zagrebu

Mišković, Ilijana

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:068236

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Proračun potencijala energije biomase pokušališta Jazbina i Šašinovec Agronomskog fakulteta u Zagrebu

DIPLOMSKI RAD

Ilijana Mišković

Zagreb, rujan 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Diplomski studij:

Ekološka poljoprivreda i agroturizam

Proračun potencijala energije biomase pokušališta Jazbina i Šašinovec Agronomskog fakulteta u Zagrebu

DIPLOMSKI RAD

Ilijana Mišković

Mentor:
doc. dr. sc. Nikola Bilandžija

Zagreb, rujan 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZJAVA STUDENTICE
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Ilijana Mišković**, JMBAG 0178102725, rođena 20.7.1994. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

PRORAČUN POTENCIJALA ENERGIJE BIOMASE POKUŠALIŠTA JAZBINA I ŠAŠINOVEC AGRONOMSKOG FAKULTETA U ZAGREBU

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana 30. rujna 2019.

_____

Potpis studentice

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Ilijane Mišković**, JMBAG 0178102725, naslova

PRORAČUN POTENCIJALA ENERGIJE BIOMASE POKUŠALIŠTA JAZBINA I ŠAŠINOVEC AGRONOMSKOG FAKULTETA U ZAGREBU

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana 30. rujna 2019.

Povjerenstvo:			potpisi:
1.	doc. dr. sc. Nikola Bilandžija	mentor	_____
2.	prof. dr. sc. Josip Leto	član	_____
3.	doc. dr. sc. Željko Andabaka	član	_____

Zahvala

Zahvaljujem mentoru i članovima komisije na savjetima tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem OPG-u Andrić na potpori, pomoći i svom praktičnom znanju, koje su prenijeli na mene.

Hvala svim mojim prijateljima na svakoj riječi potpore i razumijevanja tijekom ovih pet godina studiranja.

Posebna zahvala mojoj obitelji; roditeljima i sestrama Ivani i Antoneli. Veliko hvala što su mi tijekom cijelog obrazovanja bili podrška i oslonac. Hvala na svakom savjetu, strpljenju, razumijevanju i pomoći.

Sadržaj

1. Uvod 1
1.1. Cilj rada 3
2. Pregled literature 4
2.1. Energija i klimatske promjene 4
2.2. Obnovljivi izvori energije 5
2.2.1. Stanje u Europskoj uniji 7
2.2.2. Stanje u Republici Hrvatskoj 11
2.3. Biomasa 15
2.3.1. Biomasa kao obnovljivi izvor energije 18
2.4. Poljoprivredna biomasa 19
2.4.1. Orezani ostaci 20
2.4.2. Ostaci ratarske proizvodnje 22
2.4.3. Biomasa energetskih kultura 23
2.5. Prikupljanje poljoprivredne biomase 25
2.5.1. Prikupljanje orezanih ostataka 25
2.5.2. Prikupljanje ostataka ratarske proizvodnje 28
2.5.3. Žetva i prikupljanje trave *Miscanthus x giganteus* 32
2.6. Mogućnosti iskorištavanja biomase 32
2.6.1. Briketi 34
2.6.2. Peleti 36
2.7. Pretvorba biomase u energiju 38
2.7.1. Izravno izgaranje 41
2.8. Vrste potencijala 43
3. Pokušališta Jazbina i Šašinovec Agronomskog fakulteta u Zagrebu 44
3.1. Pokušalište Jazbina 44
3.2. Pokušalište Šašinovec 45
4. Materijali i metode 46
4.1. Pokušalište Jazbina 46
4.2. Pokušalište Šašinovec 48
4.2.1. Žetveni ostatci ratarskih kultura 48
4.2.2. Biomasa dobivena uvođenjem trave *Miscanthus x giganteus* 51
4.3. Izračun donje ogrjevne vrijednosti s pripadajućim udjelom vode u biomasi 52
5. Rezultati i rasprava 53

5.1. Potencijal rezidbenih ostataka pokušališta Jazbina 53
5.1.1. Teoretski potencijal 53
5.1.2. Tehnički potencijal 53
5.1.3. Energetski potencijal 54
5.2. Potencijal žetvenih ostataka pokušališta Šašinovec 54
5.2.1. Teoretski potencijal 54
5.2.2. Tehnički potencijal 55
5.2.3 Energetski potencijal 56
5.3. Potencijal trave *Miscanthus x giganteus* na pokušalištu Šašinovec 57
5.3.1. Teoretski potencijal 57
5.3.2. Tehnički potencijal 57
5.3.3. Energetski potencijal 57
5.4. Modeli korištenja biomase za potrebe Agronomskog fakulteta u Zagrebu 58
6. Zaključak 61
6. Popis literature 62

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Ilijane Mišković**, naslova

PRORAČUN POTENCIJALA ENERGIJE BIOMASE POKUŠALIŠTA JAZBINA I ŠAŠINOVEC AGRONOMSKOG FAKULTETA U ZAGREBU

Jedan od ključnih problema današnjice predstavlja zaštita prirode i okoliša, koji je usko povezan i sukobljava se s gospodarskim razvitkom. Budući da je današnji pristup energiji neodrživ te predstavlja jedan od najzastupljenijih i najvećih onečišćivača ugljični dioksid, koji nastaje kao produkt izgaranja fosilnih goriva, primarno se treba okrenuti obnovljivim izvorima energije. Najveći doprinos u budućnosti se očekuje upravo od biomase. Njezino korištenje u energetske svrhe, osim smanjenja emisije štetnih plinova, može doprinijeti povećanju udjela obnovljivih izvora energije, otvaranju radnih mjesta kao i ostvarenje lokalne energetske samodostatnosti. Međutim, sustavu korištenja poljoprivredne biomase, poglavito one iz ratarske proizvodnje, zahtjeva oprezno gospodarenje ostacima, kako ne bi došlo do narušavanja organske tvari u tlu. Cilj rada je utvrditi (I) teoretski, tehnički i energetski potencijal toplinske energije biomase na pokušalištima Jazbina i Šašinovec, (II) potencijale biomase uvođenjem trave *Miscanthus* na dio površine pokušališta Šašinovec te (III) modele korištenja biomase za potrebe Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Temeljem dobivenih podataka može se zaključiti kako Fakultet može proizvesti značajnu količinu energije koristeći vlastitu sirovinu.

Ključne riječi: energetski potencijal, obnovljivi izvori energije, biomasa, održivi razvoj

Summary

Of the master's thesis – student **Ilijane Mišković,** entitled

ENERGY POTENTIAL CALCULATION OF BIOMASS JAZBINA AND ŠAŠINOVEC EXPERIMENT FIELD OF FACULTY OF AGRICULTURE UNIVERSITY OF ZAGREB

The current key problem is the protection of nature and the environment, which is closely linked and conflicts with economic development. Considering that today's energy access is unsustainable and one of the most common and largest pollutants is carbon dioxide, which is produced as a product of fossil fuel combustion, it is primarily necessary to turn to renewable energy sources. Biomass is expected to make the biggest contribution in the future. Its use for energy purposes, in addition to reducing greenhouse gas emissions, can contribute to increasing the share of renewable energy sources, job creation and local energy self-sufficiency. The aim of this work is to determine (I) theoretical, technical and energy potential of biomass thermal energy at the Jazbina and Šašinovec trial sites, (II) biomass potentials by introducing *Miscanthus* grass to part of the Šašinovec trial site, and (III) biomass utilization models for the Faculty of Agriculture in Zagreb. Based on the data obtained, it can be concluded that the Faculty of Agriculture can produce a significant amount of energy using its own raw material in the production of thermal energy.

Keywords: energy potential, renewable energy, biomass, sustainable development

1. Uvod

Čovjek svojim aktivnostima do početka 20. stoljeća nije imao značajno negativan utjecaj na okoliš. No porastom cjelokupne aktivnosti čovječanstva, naglim rastom stanovništva i velikih gradova, porastom prometnog i industrijskog sektora, razvojem turizma i trgovine, Zemljin je ekosustav doveden u veliku opasnost. Sve te aktivnosti ostavile su snažan trag na njemu i još uvijek snažno djeluju i narušavaju njegovu ravnotežu. Mnoge biljne i životinjske vrste, ali i život samog čovjeka, dovedeni su u veliku opasnost. Stoga je pitanje zaštite prirode i okoliša primarno te ga je potrebno promatrati kao jedan od ključnih problema današnjice, baš kao i problem gospodarskog razvitka. Ta su dva problema u konstantnom sukobu, koji svakim danom sve više dolazi do izražaja. Provedena istraživanja, u razvijenim industrijskim zemljama, pokazala su da su najveći i glavni onečišćivači okoliša - industrija, termoelektrane, motorna vozila i plinovi koji se nekontrolirano ispuštaju u atmosferu. Najzastupljeniji i najštetniji su ugljični dioksid, odnosno CO_2 te plinovi iz rashladnih uređaja (Dominis, 2006.). Kakvoća i kvaliteta života ljudi dobrim dijelom ovise o pouzdanoj opskrbi energijom te prihvatljivoj cijeni iste. Nju se upotrebljava za zagrijavanje i hlađenje, ali i za još puno različitih komponenti u domovima, školama, bolnicama, prometnicama, odnosno u svemu onome što doprinosi bogatstvu i blagostanju ljudskih života. Za dobivanje te energije, kojom se osiguravaju takvi uvjeti za život, u najvećoj mjeri se koriste fosilna goriva, to jest njihovo izgaranje. Izgaranjem fosilnih goriva, u atmosferu se ispuštaju različiti onečišćivači zraka, oslobađaju se staklenički plinovi, što sve skupa dovodi do iscrpljivanja kisika u jezerima, promjene pH vrijednosti oceana, ali i velikog utjecaja na sam prinos usjeva. Korištenje fosilnih goriva itekako ostavlja trag te pospješuje klimatske promjene. Upravo zbog toga što je današnji pristup energiji neodrživ, zbog zaštite ljudskog zdravlja i samog planeta, potrebno je prigrliti i uložiti u nove i čišće izvore energije (Ured za publikacije Europske unije, 2017.).

S obzirom na to da je današnji pristup energiji neodrživ te se neophodno treba okrenuti obnovljivim izvorima energije, najveći doprinos tome se očekuje od biomase. Njezino korištenje za energetske potrebe doprinosi zaštiti tla i vode, pospješuje povećanje bioraznolikosti te se smanjuje emisija štetnih tvari. Biomasa kao takva je dovoljno slična fosilnim gorivima pa je moguća izravna zamjena. Njezina upotreba kao gorivo je vrlo prihvatljiva za okoliš, zato što ne sadrži, ili u malim količinama sadrži, štetne tvari kao što su teški metali i sumpor, koje su dio fosilnih goriva i koje njihovim izgaranjem štetno utječu na okoliš i zdravlje ljudi. Još neke prednosti u odnosu na fosilna goriva su obnovljivost i trajnost. Kako nje, tako i njezinih produkata; bioplina i tekućih goriva. Prilikom njezina izgaranja,

količina emitiranog CO_2 je jednaka količini CO_2 kojeg je biljka apsorbirala tijekom svog rasta. Dakle, korištenjem biomase kao goriva minimalno se opterećuje atmosferu s CO_2 i njegova je količina zanemariva (Iličković, 2014.). Biomasa, kao obnovljivi izvor energije, nedvojbeno predstavlja veliki potencijal i gorivo budućnosti. Prema predviđanjima Međuvladinog panela za klimatske promjene (IPCC), oko jedne trećine globalne potrebe za energijom do sredine 21. stoljeća zadovoljavat će se iz biomase, a u zemljama u razvoju, biomasom će se pokrivati čak i do pola ukupne potrebe za energijom. Ista ta predviđanja iznose da će dvije trećine biomase dolaziti s plantaža energetskih usjeva visokih prinosa koje će prekrivati gotovo 400 milijuna hektara (Lendler, 2018.). Masovno iskorištavanje biomase za energiju moglo bi povećati negativni utjecaj na klimatske promjene te dovesti do ugrožavanja sigurnosti hrane, stoga je vrlo važno prepoznati rizike koje donosi pojačan interes za iskorištavanje biomase (Field i sur., 2007.).

Razlika između biomase i ostalih obnovljivih izvora energije jest u tome što je biomasa uvjetovana obnovljiva energija, u pogledu održivog pristupa i gospodarenja. Uzevši za primjer iskorištavanje šumske biomase, može se pokazati održivo gospodarenje. Ukoliko se posiječe cijela šuma zbog korištenja drva, tada se ona ne smatra obnovljivim izvorom energije. No, ako se iskoristi jedan dio godišnjeg prirasta i time se osigura stabilan rast i očuvanje šume, tada je to iskorištavanje biomase jedan od obnovljivih izvora energije (Šegon i sur., 2014.). Tako je i s tlom. Ono je najveći i najznačajniji prirodni resurs čovječanstva. Ako se neodgovorno i pretjerano koristi, može doći do degradacije i smanjenja plodnosti. Stoga je u biljnoj proizvodnji očuvanje tla prioritet, kako bi se osigurala daljnja dostatnost u proizvodnji hrane. Negativan utjecaj i velike posljedice na plodnost tla ima nerazumno korištenje biomase. Prije nego se ostaci iskoriste u energetske svrhe, mora se objektivno i kritički analizirati štetan utjecaj na samu kvalitetu tla. Sukladno tome, Europska komisija je dala naputak da se, u energetske svrhe, može maksimalno iskoristiti 30 % od potencijalno dostupne biomase (Bilandžija, 2014.). S obzirom na to da najveći udio (50 - 75 %) u ukupnoj godišnjoj proizvodnji biomase čine žetveni ostaci, upravo su oni najvažniji izvor organske tvari u tlu. Uputa znanosti je obavezno zaoravanje ili ostavljanje na površini kao malč, a prema Pravilniku o dobrim poljoprivrednim i okolišnim uvjetima (NN 89) određeno je da žetveni ostaci ne smiju biti spaljivani. Spaljivanje žetvenih ostataka jedino je i isključivo moguće ako se mora spriječiti širenje ili suzbijanje biljnih štetočinja. Dakle, žetveni ostaci utječu na kemijska, fizikalna i biološka svojstva tla, te zaoravanjem ili ostavljanjem na površini tla, smanjuju eroziju, poboljšavaju infiltraciju vode, prozračnost i dreniranost tla;

povećavaju sposobnost zadržavanja vode u tlu, smanjuju gubitak biljnih hraniva ispiranjem, povećavaju biološku aktivnost tla i imaju još mnoštvo drugih pozitivnih učinaka na tlo (Vukadinović i Vukadinović, 2016.).

1.1. Cilj rada

Cilj rada je utvrditi (I) teoretski, tehnički i energetski potencijal toplinske energije biomase na pokušalištima Jazbina i Šašinovec, (II) potencijale biomase uvođenjem trave *Miscanthus* na dio površine pokušališta Šašinovec te (III) modele korištenja biomase za potrebe Agronomskog fakulteta u Zagrebu.

2. Pregled literature

2.1. Energija i klimatske promjene

Energija predstavlja ključni čimbenik za razvoj ljudske civilizacije, a njezin najfleksibilniji i najkomercijalniji oblik – električna energija, temelj je društvenih i materijalnih djelatnosti, ali i životnog standarda čovjeka. Cjelokupan razvoj gospodarstva se usko povezuje s razvojem energetike te se ta dva procesa promatraju kao cjelina. Dokaz tome je i činjenica da upotreba električne energije raste proporcionalno brzini i stupnju društveno-ekonomskog rasta i razvoja (Jakovac, 2010.). No upotreba energije na globalnoj razini najveći je izvor emisija stakleničkih plinova koji su uzrokovani ljudskom aktivnošću. Energija koja se koristi za električnu energiju, grijanje, industriju te promet, dobiva se izgaranjem fosilnih goriva, što je uzrok oko dvije trećine globalnih emisija stakleničkih plinova. Dakle, proizvodnja i upotreba energije imaju veliki utjecaj na klimu, no sve je jasnije i očitije da postoji i utjecaj u suprotnom smjeru. Potencijal za proizvodnju energije, kao i energetske potrebe pod velikim su utjecajem klimatskih promjena. Dokaz tome su i činjenice da se tijekom ljeta, zbog viših temperatura, povećava potražnja za energijom, odnosno hlađenjem, dok se potražnja za grijanjem zimi, snižava. Isto tako, ciklus vode utječe na hidroenergiju. Dva su načina smanjenja emisije stakleničkih plinova povezanih s energijom. Prvi način je odabir čišćih izvora energije, odnosno upotreba obnovljivih izvora energije umjesto fosilnih goriva i njihovog izgaranja. Drugi način uključuje smanjenje ukupne potrošnje energije pomoću uštede energije i bolje energetske učinkovitosti, što znači upotreba zelenijih načina prijevoza te bolja izolacija domova. Poboljšanje energetske učinkovitosti osigurava uštedu energije, ali i borbu protiv klimatskih promjena. Isto tako, uključuje i niz ostalih popratnih koristi, a neke od njih su pozitivan utjecaj na zdravlje ljudi te stvaranje radnih mjesta. Rješenje za problem energije i klime, točnije klimatskih promjena, nije jednostavno i lagano, no osmišljene su mnoge obećavajuće inovacije. Prema Izvješću Europskog gospodarskog prostora i Europske informacijske i promatračke mreže za okoliš (Eionet), postoji veliki potencijal za smanjenje emisija stakleničkih plinova, koji nastaju proizvodnjom energije. Bolji lanci opskrbe; urbano vrtlarstvo, zračni prijevoz s pogonom na Sunčevu energiju te smanjenje otpada od hrane, samo su neki od dijelova inovativne prakse i tehnologije održivosti. Povezivanje energetske učinkovitosti, pristupa energiji te obnovljivim izvorima energije jedini je način da se svima osigura pristup pouzdanoj, jeftinijoj, modernoj i održivoj energiji, odnosno ispunjenju sedmog cilja održivog razvoja (Slika 1.) (Ured za publikacije Europske unije, 2017.). Održivi razvoj

predstavlja globalni model razvoja kojim se potrebe sadašnjih generacija zadovoljavaju, bez ugrožavanja potreba budućih generacija (Report of the WCED, 2011.). Početkom 90-ih godina 20. stoljeća postaje rješenje za povećanje razlike u društveno-gospodarskom razvoju, povećanju broja stanovništva te veliku i brzu degradaciju okoliša. To je rješenje kojim se osigurava daljnji gospodarski rast i razvoj, uključujući i društveni razvoj i ekološku održivost (Radeljak i Pejnović, 2008.). Na taj se način ne narušavaju ekološki i socijalni sistemi, o kojima ovise društvo i zajednice, a ispunjavaju se ekološke, društvene i gospodarske potrebe u vidu pozitivnih socioekonomskih promjena (Carley i Christie, 1993.). Osim sedmog cilja, za ostvarivanje i ostalih Ciljeva održivog razvoja (Slika 1.), ključnom se smatra energija. Ona potiče i pospješuje smanjenje siromaštva, jer ima ulogu u obrazovanju, razvoju zdravstva, opskrbi vodom, industrijalizaciji te borbi protiv klimatskih promjena (Ured za publikacije Europske unije, 2017.).



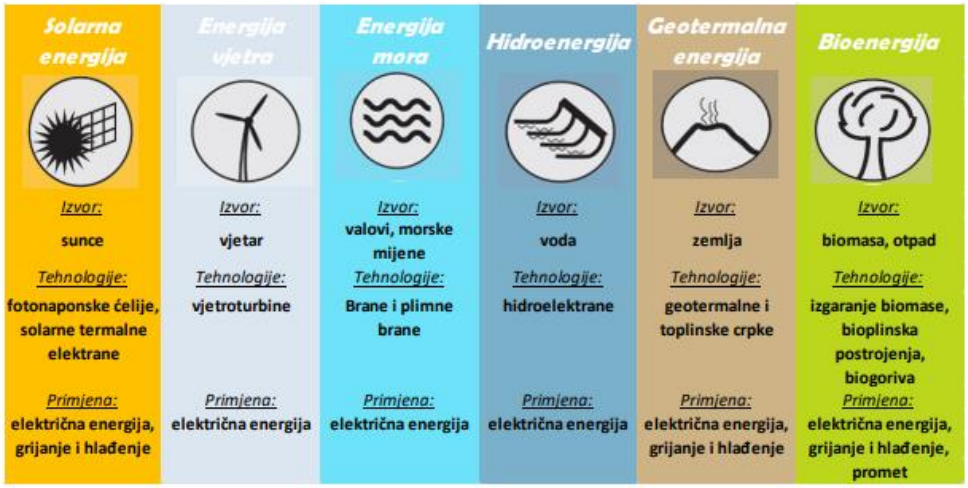
Slika 1. Ciljevi održivog razvoja

Izvor: http://www.idop.hr/hr/dop-trendovi/sdg-ciljevi-odrzivog-razvoja/opcenito-o-globalnim-ciljevima-odrzivog-razvoja/17-globalnih-ciljeva-za-odrzivi-razvoj-koji-ce-do-2030-promijeniti-sliku-svijeta/

2.2. Obnovljivi izvori energije

Obnovljivi izvori energije se još mogu nazvati i neiscrpni izvori energije zato što predstavljaju energetske resurse, čije se rezerve konstantno ili ciklički obnavljaju (Bilandžija, 2014.). Dijele se na energiju vjetra, mora, solarnu energiju, geotermalnu energiju, hidroenergiju te bioenergiju (Slika 2.), koja se dobiva iz biomase (Europski revizorski sud, 2018.). Oni nastaju

raspadanjem izotopa u dubini Zemlje, termonuklearnom pretvorbom na suncu te gravitacijskim djelovanjem planeta (Đonlagić, 2005.; Šljivac i sur., 2009.).

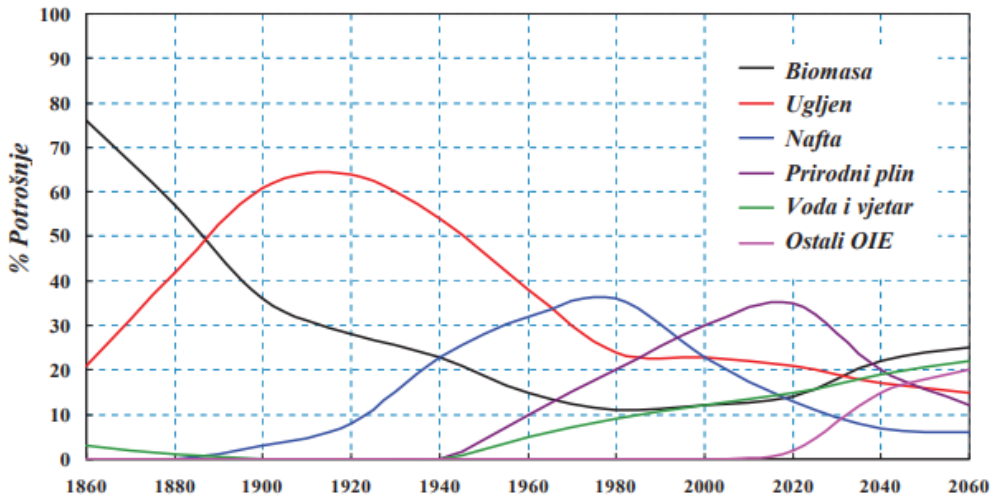


Slika 2. Prikaz obnovljivih izvora energije, tehnologije i primjene

Izvor: Europski revizorski sud, 2018.

Izvori u koje pripadaju energija Sunčeva zračenje, vjetra, vodotokova, morskih struja i valova, plime i oseke te biomase, ne mogu se iscrpiti, no njihov je potencijal moguće u potpunosti iscrpiti. Neke obnovljive izvore energije, kao primjer biomasu, moguće je skladištiti i transportirati ih u prirodnom obliku, dok se energiju vjetra ili Sunčevu energiju ne može skladištiti te ih je ključno iskoristiti u trenutku njihove pojave ili ih pretvoriti u neki drugi oblik energije. Kroz programe energetske učinkovitosti i racionalnog korištenje energije te težnju za smanjenjem emisije CO_2, povećalo se zanimanje za distribuiranu proizvodnju iz obnovljivih izvora energije (Graf 1.). Nadalje, tome je doprinijela i diversifikacija energetskih izvora, deregulacija i natjecanje te različiti zahtjevi za samoodrživost nacionalnih energetskih sustava. Još jedan od ključnih razloga i pokretača je i negativan utjecaj na okoliš, a buđenje svijesti i brige o tome pokrenuo je Kyoto protokol [1] (Šljivac i sur., 2009.).

[1] Dokument donesen 10. prosinca 1997. u japanskom gradu Kyotu. Protokol iz Kyota nastao je vrlo brzo nakon Okvirne konvencije UN-a o klimatskim promjenama (UNFCCC), kada se pokazalo da provedba obaveza iz Konvencije neće u potpunosti ispuniti temeljni cilj. Zemlje potpisnice imaju zadatak smanjiti emisiju plinova, poljoprivredne djelatnosti usmjeriti k proizvodnji bioloških goriva te potrebe za električnom energijom crpiti iz obnovljivih izvora energije do 2015. godine (Dominis, 2006.)

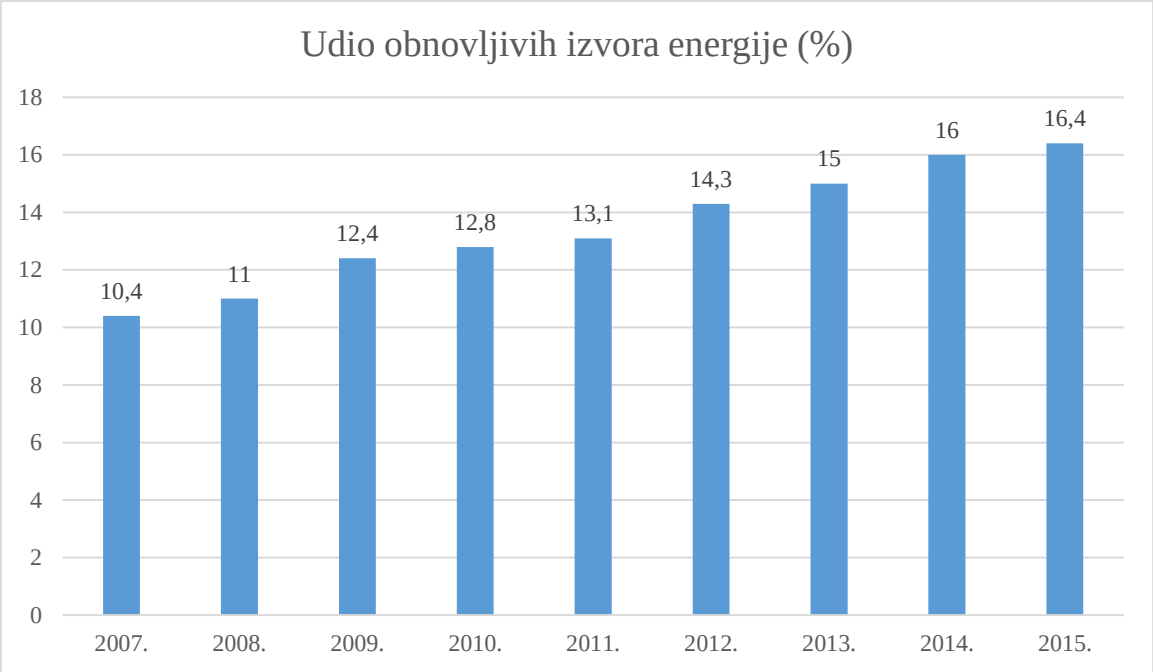


Graf 1. Potreba i potrošnja obnovljivih izvora energije u razdoblju od 1860. do 2060. godine

Izvor: Šljivac i sur., 2009.

2.2.1. Stanje u Europskoj uniji

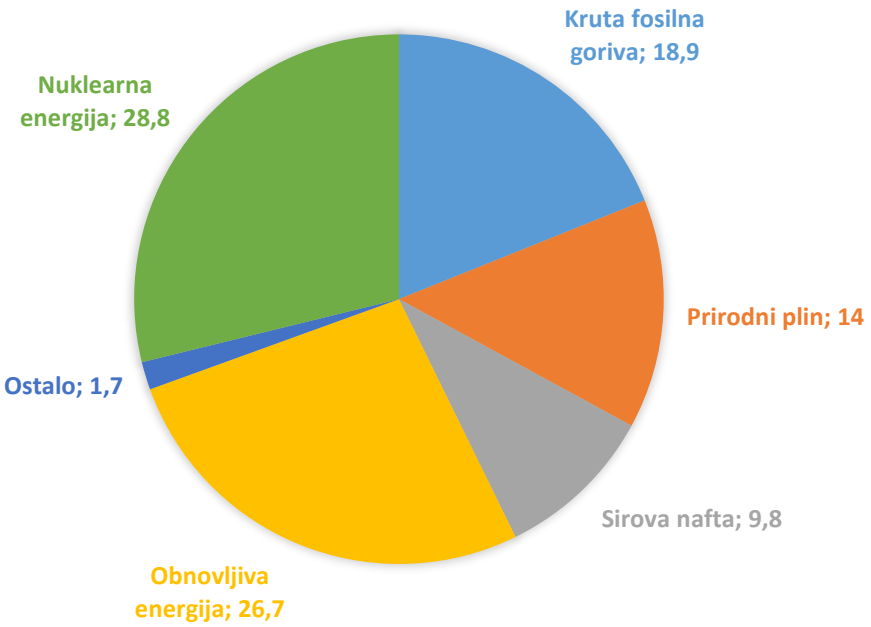
U okviru politike koju Europska unija provodi za obnovljivu energiju, ključni elementi i okviri su izneseni u Direktivi o energiji iz obnovljivih izvora. Ista čini sastavni dio klimatskog i energetskog paketa za razdoblje do 2020. godine. Kroz taj su paket utvrđene tri ciljne vrijednosti koje je potrebno dostići do 2020. godine. Prema Direktivi do 2020. godine na razini Europske unije 20 % od ukupno potrošene energije treba biti proizvedeno iz obnovljivih izvora. Direktivom su također uspostavljene i nacionalne ciljane vrijednosti o udjelu potrošene energije, proizvedene iz obnovljivih izvora. Tako za Maltu taj udio iznosi 10 %, dok za Švedsku čak 49 %. Propisano je i da 10 % energije koja se koristi u sektoru prometa na razini svih država članica, treba biti proizvedeno iz obnovljivih izvora. Direktiva o energiji iz obnovljivih izvora propisuje državama članicama donošenje nacionalnih akcijskih planova za obnovljivu energiju (NREAP). Prema tome su zemlje članice, svake dvije godine, dužne Komisiji podnijeti izvješće o napretku koji su ostvarile u pogledu dostizanja svojih ciljnih vrijednosti za obnovljivu energiju. Upravo se na temelju tih pojedinačnih izvješća, prati napredak i pregled razvojnih promjena u pogledu politike obnovljive energije u Europskoj uniji. Europsko vijeće je 2014. godine donijelo novi klimatski i energetski okvir u kojem su iznesene nove ciljne vrijednosti za razdoblje do 2030. godine. Time je propisano da se do 2030. godine minimalno 27 % energije u Europskoj uniji treba proizvesti iz obnovljivih izvora (Europski revizorski sud, 2018.).



Graf 2. udio obnovljivih izvora energije u EU za razdoblje od 2007. do 2015. godine.

Izvor: Europska komisija, 2015.

U razdoblju od 2005. do 2015. godine u Europskoj uniji se udio obnovljivih izvora energije, u ukupnoj potrošnji energije, povećao s 9 % na gotovo 17 % (Graf 2.). Razlog tome je i energetska učinkovitost zbog koje zemlje u EU danas troše manje energije, nego što je to bilo prije 10 godina. Iako se udio fosilnih goriva na tržištu, ali i u energetskoj mješavini, smanjuje, ona su i dalje glavni izvor energije u Europi. U 2015. godini bruto kopnene potrošnje energije iz fosilnih goriva iznosio je 72,6 %. Iste godine je u Europskoj uniji proizvedeno 26,7 % primarne energije iz obnovljivih izvora (Graf 3.). Bilježi se povećanje proizvodnje obnovljive energije od čak 71 % (Europski revizorski sud, 2018.). Zahvaljujući povećanju udjela energije iz vjetroelektrana, hidroelektrana, solarnih fotonaponskih izvora te poboljšanju energetske učinkovitosti, ukupna potrošnja energije u Europi 2015. godine, iznosila je 1 630 milijuna tona (izraženo u količini nafte (Mtoe)). Gledajući razdoblje od 2005. do 2015. godine, bilježi se smanjenje upotrebe fosilnih goriva za više od 10 % (Ured za publikacije Europske unije, 2017.).



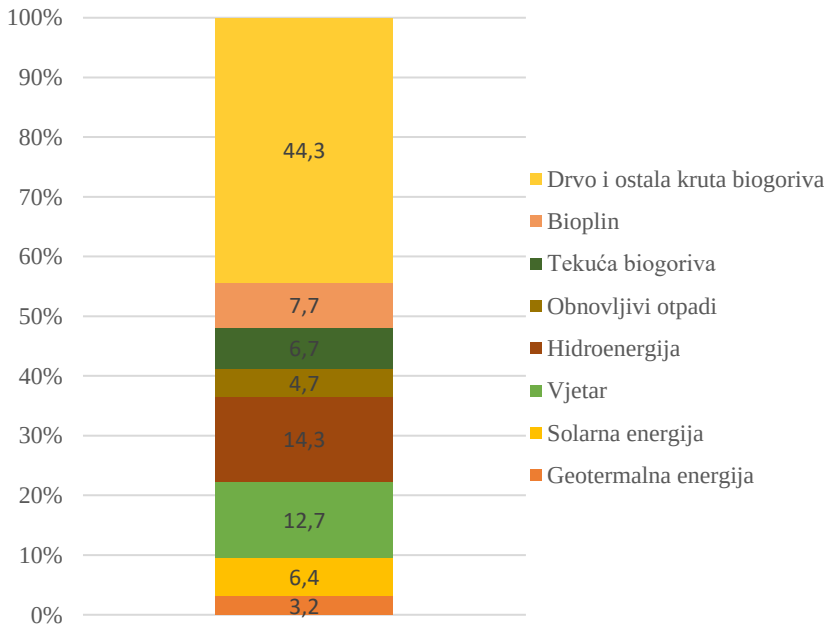
Graf 3. Proizvodnja primarne energije u EU, 2015. godine

Izvor: (Europski revizorski sud, 2018.)

Ustrajnost u težnji za daljnjim smanjenjem upotrebe fosilnih goriva dokaz su i podaci koje je portugalska Udruga za obnovljivu energiju, u svibnju 2016. godine, objavila. Naime, Portugal je iz obnovljivih izvora ispunio svoje potrebe za električnom energijom i to čak za razdoblje od 107 sati, odnosno četiri dana bez prekida. Još je mnogo dokaza da zemlje EU teže smanjenju potrošnje energije iz fosilnih goriva. Osim što iz energije vjetra opskrbljuje svoje potrebe za električnom energijom, Danska električnom energijom napaja i dijelove Njemačke te Švedske, jer uspijeva proizvesti više od 100 % svojih potreba. Kroz središnji kolodvor u Stockholmu, svakog dana prođe oko 250 000 ljudi, odnosno putnika. Prekomjerna toplina, koja nastaje zbog topline proizvedene ljudskim tijelom, se prikuplja i upotrebljava za zagrijavanje vode, pomoću koje se zagrijava poslovna zgrada. U Austriji i Bugarskoj, točnije u Grazu i Sofiji, na određenim autobusnim linijama javnog prijevoza prometuju električni autobusi, čiji se akumulatori, zbog lakše mase, brže pune. Pune se svega trideset sekundi, za vrijeme iskrcavanja i ukrcavanja putnika. Nakon toga mogu voziti čak pet kilometara do iduće stanice za punjenje. Jedan od istraživačkih projekata, financiran iz istraživačkih programa EU, pomoću kojih se potiče pronalaženje rješenja, poboljšanja, energetske učinkovitosti, uštede energije te općenito u području obnovljivih izvora energije, je Fluidglass. Ideja projekta je prozore pretvoriti u nevidljive kolektore solarne energije. Tanki sloj vode, obogaćen nanočesticama, koje bi električnu energiju stvarale hvatanjem i pretvorbom iz solarne

energije, umetnuo bi se između stakla. Još jedan od dobrih primjera u praksi je i iskorištavanje energije iz energije valova. Finska tvrtka je pronašla način kako snagu oceanskih valova pretvoriti u električnu energiju. Podvodne ploče su smještene uz portugalsku obalu te omogućuju opskrbu električnom energijom 440 domova (Ured za publikacije Europske unije, 2017.).

Iz Grafa 4. vidljivo je da je biomasa, s udjelom od 63,3 % ukupne energije proizvedene iz obnovljivih izvora, skupa s biorazgradivim dijelom otpada, daleko najvažniji obnovljivi izvor energije u Europskoj uniji. Time poljoprivredni i šumarski sektor postaju od osobite važnosti za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora. U 2010. godini iz šumske biomase je proizvedeno 48,5 %, a iz poljoprivredne 10,6 % obnovljive energije (Europski revizorski sud, 2018.).



Graf 4. Proizvodnja primarne energije iz obnovljivih izvora energije u EU, 2015. godine

Izvor: (Europski revizorski sud, 2018.)

Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (FAO) u proteklih nekoliko godina pridaje posebnu pozornost poljoprivrednim ostacima i proizvodnji bioenergije. S obzirom na to da se poljoprivredni ostaci vrlo često spaljuju i na taj način postaju još jedan izvor emisije stakleničkih plinova, radi se na stvaranju bioenergetskih lanaca opskrbe oko poljoprivrednih ostataka. Na taj bi se način mogle ispuniti energetske potrebe ili barem dio njih, a istovremeno bi se smanjile i emisije stakleničkih plinova. Provode se istraživanja najboljeg iskorištavanja

biomase. Najčešće prikupljanje tih ostataka predstavlja izazov, jer su isti razbacani. Stoga se planira analiza potencijalnog otkupa biomase. Na taj bi se način probudila svijest te bi poljoprivredni ostaci postali previše vrijedni da bi bili spaljeni (Ured za publikacije Europske unije, 2017.).

2.2.2. Stanje u Republici Hrvatskoj

Republika Hrvatska raspolaže velikim potencijalima obnovljivih izvora energije, od biomase, hidropotencijala i geotermalnih izvora, Sunčeve energije, energije vjetra do mogućnosti korištenja komunalnog otpada u energetske svrhe. Gledajući samo biomasu, Hrvatska raspolaže potencijalima u sve tri skupine (Slika 3.), jer ima zavidan broj velikih prirodnih šuma, čijim se kvalitetnim gospodarenjem; od njege, prorjeđivanja, čišćenja do sječe, može osigurati velika količina šumske biomase za industrijsku preradu i korištenje u energetske svrhe. Naime, po šumovitosti, Hrvatska se nalazi u samom europskom vrhu, zajedno s, točnije odmah ispod, Austrije i skandinavskih zemalja. Također, raspolaže i velikim potencijalima agrarne biomase te organskog dijela industrijskog i komunalnog otpada (Ivanović i Glavaš, 2013.).



Slika 3. Energetski resursi biomase u RH

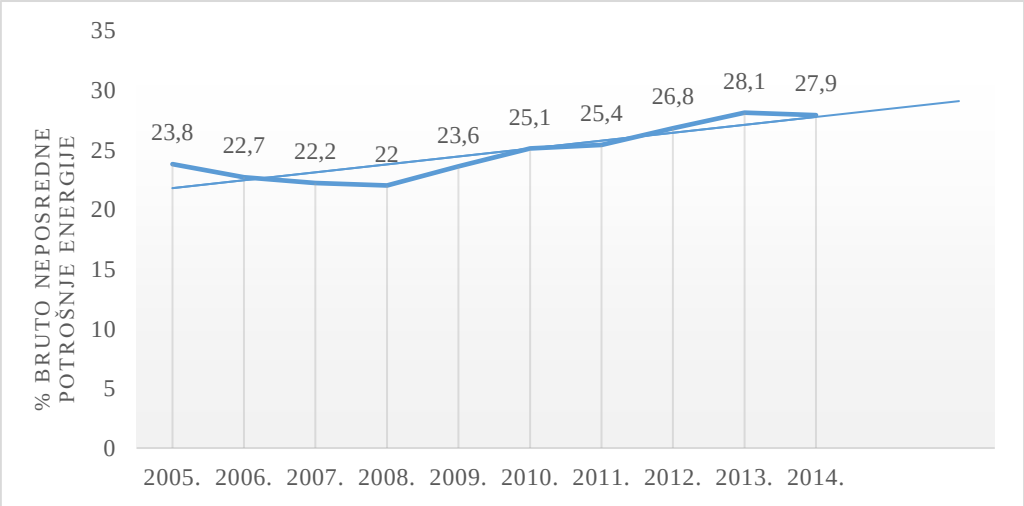
Izvor: http://www.eniteh.hr

U travnju 2007. godine Republika Hrvatska je ratificirala Kyotski protokol i time se obvezala smanjiti emisiju stakleničkih plinova, u razdoblju od 2008. do 2012. godine, za 5 %. Kroz Strategiju energetskog razvoja Republike Hrvatske iznesen je cilj za izgradnjom sustava uravnoteženog razvoja sigurne opskrbe energijom te konkurentnosti i očuvanja okoliša kako bi se građanima, ali i cijelom hrvatskom gospodarstvu, omogućila kvalitetna, dostupna, sigurna i dostatna opskrba energijom. Jer, preduvjet gospodarskog i socijalnog napretka upravo je takva opskrba energijom (Strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske, 2009.). Ulaskom u Europsku uniju, Hrvatska je u skladu s energetskom strategijom Europske unije i načelima održivog razvoja definirala težnje za iskorištavanjem obnovljivih izvora energije. Time je prihvatila Direktivu okvira za klimatske i energetske politike 2009/28/EZ o poticanju korištenja energije iz obnovljivih izvora i na taj se način obvezala povećati uporabe energije iz obnovljivih izvora. Sukladno tome, udio energije iz obnovljivih izvora, u bruto neposrednoj potrošnji[2], do 2020. godine trebao bi iznositi minimalno 20 % (Stanić, 2019.). Prema Ivanović i Glavaš (2013.) da bi se to realiziralo potrebno je ispuniti sljedeće sektorske ciljeve:

1. udio električne energije iz obnovljivih izvora energije mora biti 35 % (uključujući velike hidroelektrane u ukupnoj potrošnji električne energije),
2. u odnosu na potrošnju benzina, dizel goriva, biogoriva u cestovnom i željezničkom prijevozu te električne energije udio obnovljivih izvora mora biti 10 % te
3. u bruto neposrednoj potrošnji energije za grijanje i hlađenje udio bruto neposredne potrošnje energije za grijanje i hlađenje iz obnovljivih izvora energije treba biti 20 %.

U razdoblju od 2005. do 2014. godine udio obnovljivih izvora energije u bruto neposrednoj potrošnji energije u Hrvatskoj bio je iznad postavljenih europskih ciljeva svake godine u promatranom razdoblju (Energija u Hrvatskoj, 2014.). Trend udjela obnovljivih izvora energije za to razdoblje prikazan je u Grafu 5.

[2] Prema Direktivi 2009/28/EC bruto neposredna potrošnja energije (engl. Gross final consumption of energy) definirana je kao energija dobara isporučena krajnjim potrošačima (industrija, kućanstva, promet, poljoprivreda, šumarstvo i ribarstvo), uključujući i gubitke nastale distribucijom. Čini sumu bruto neposredne potrošnje električne energije iz obnovljivih izvora energije, bruto neposrednu potrošnju energije iz obnovljivih izvora u sektoru grijanja i hlađenja te ukupnu potrošnju obnovljivih izvora u prometu.



Graf 5. Trend udjela obnovljivih izvora energije u bruto neposrednoj potrošnji u Hrvatskoj za razdoblje 2005. - 2014.

Izvor: Eurostat, 2016.

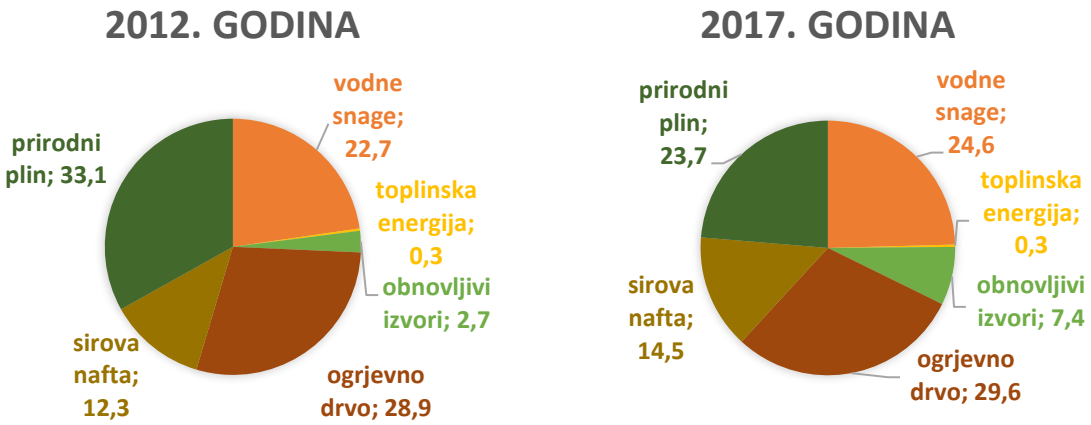
Pristupanjem Europskoj uniji, koja ima vrlo aktivnu ulogu u pronalaženju rješenja za klimatski problem, Hrvatska je preuzela i zajednički cilj smanjenja emisija stakleničkih plinova za 20 % do 2020. godine, u odnosu na 1990. godinu (Energija u Hrvatskoj, 2017.). Razvojna smjernica Strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske je i smanjenje uporabe električne energije za toplinske potrebe, u 2020. godini, a postavljeni cilj je 0.225 m² sunčevih toplinskih kolektora. Od strane Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, u svrhu poticanja razvoja i korištenja obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj, izrađeni su programi sufinanciranja nabave takvih sustava (Stanić, 2019.). S obzirom na to da Hrvatska raspolaže velikim potencijalima biomase (drvna biomasa, biomasa iz poljoprivrede te potencijal otpada organskog porijekla za proizvodnju energije), Strategijom je postavljen i cilj da se do 2020. godine koristi oko 26 PJ energije iz biomase. Usporedbe radi; u 2010. godini je bilo korišteno oko 15 PJ energije iz biomase, što bi značilo da se u razdoblju od deset godine to treba skoro za duplo povećati (Ivanović i Glavaš, 2013.).

Emisija CO_2 iz pokretnih i nepokretnih energetskih izvora, prema preliminarnim rezultatima proračuna za 2017. godinu, iznosila je 16,1 milijuna tona. To je 0,5 % više od emisije prethodne godine, ali za 20 % niže od emisije iz 1990. godine, a prosječni godišnji pad emisije CO_2 u razdoblju od 2012. do 2017. godine je 0,9 %. Smanjenje emisije CO_2 u razdoblju od 2012. do 2014. godine rezultat je provođenja mjera energetske učinkovitosti, sve većeg korištenja obnovljivih izvora energije, ali također i smanjenja gospodarskih aktivnosti. Razlog zbog kojeg je u razdoblju od 2015. do 2017. godine došlo do blagog porasta emisija

CO_2 je posljedica izlaska iz ekonomske krize te porasta gospodarskih aktivnosti (Energija u Hrvatskoj, 2017.).

U 2017. godini ukupna proizvodnja električne energije u Republici Hrvatskoj iznosila je 11 983,5 GWh, od čega je iz obnovljivih izvora energije proizvedeno oko 61,1 %. U taj postotak su uključene i velike hidroelektrane, odnosno u njima je proizvedeno 56 % električne energije, a 15,1 % iz ostalih obnovljivih izvora energije. Električna energija proizvedena iz obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji električne energije u Hrvatskoj u 2017. godini iznosila je 38,6 %. Od toga je u velikim hidroelektranama proizvedeno 29,1 %, a iz ostalih obnovljivih izvora energije 9,5 % električne energije. U odnosu na prethodnu godinu, u Hrvatskoj se ukupna potrošnja energije u 2017. godini povećala za 2 %, dok je ukupna proizvodnja primarne energije iste godine smanjena za 5,8 %. U proizvodnji primarnih energenata ostvareno je povećanje, osim energije iskorištenih vodnih snaga, koja je smanjena za 18 % te proizvodnja prirodnog plina, koja je smanjena za 10 %. Udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije u Republici Hrvatskoj iznosio je 29,4 % primjenom EIHP metodologije, odnosno oko 21, 5 % primjenom EUROSTAT metode.

Graf 6. prikazuje udjele pojedinih oblika energije u ukupnoj proizvodnji primarne energije za 2012. i 2017. godinu. U tome karakterističnom razdoblju, od 2012. do 2017. godine, u proizvodnji pojedinih primarnih oblika energije smanjen je udio prirodnog plina s 33,1 % na 23,7 %, udio toplinske energije nije se promijenio, dok su udjeli ostalih primarnih oblika energije povećani. Također, u Grafu 6. je vidljivo i povećanje udjela ogrjevnog drva i krute biomase s 28,9 % na 29,6 %, kao i povećanje udjela ostalih obnovljivih izvora energije (energija vjetra, biodizel, energija Sunca, geotermalna energija i bioplin) na 7,4 %.



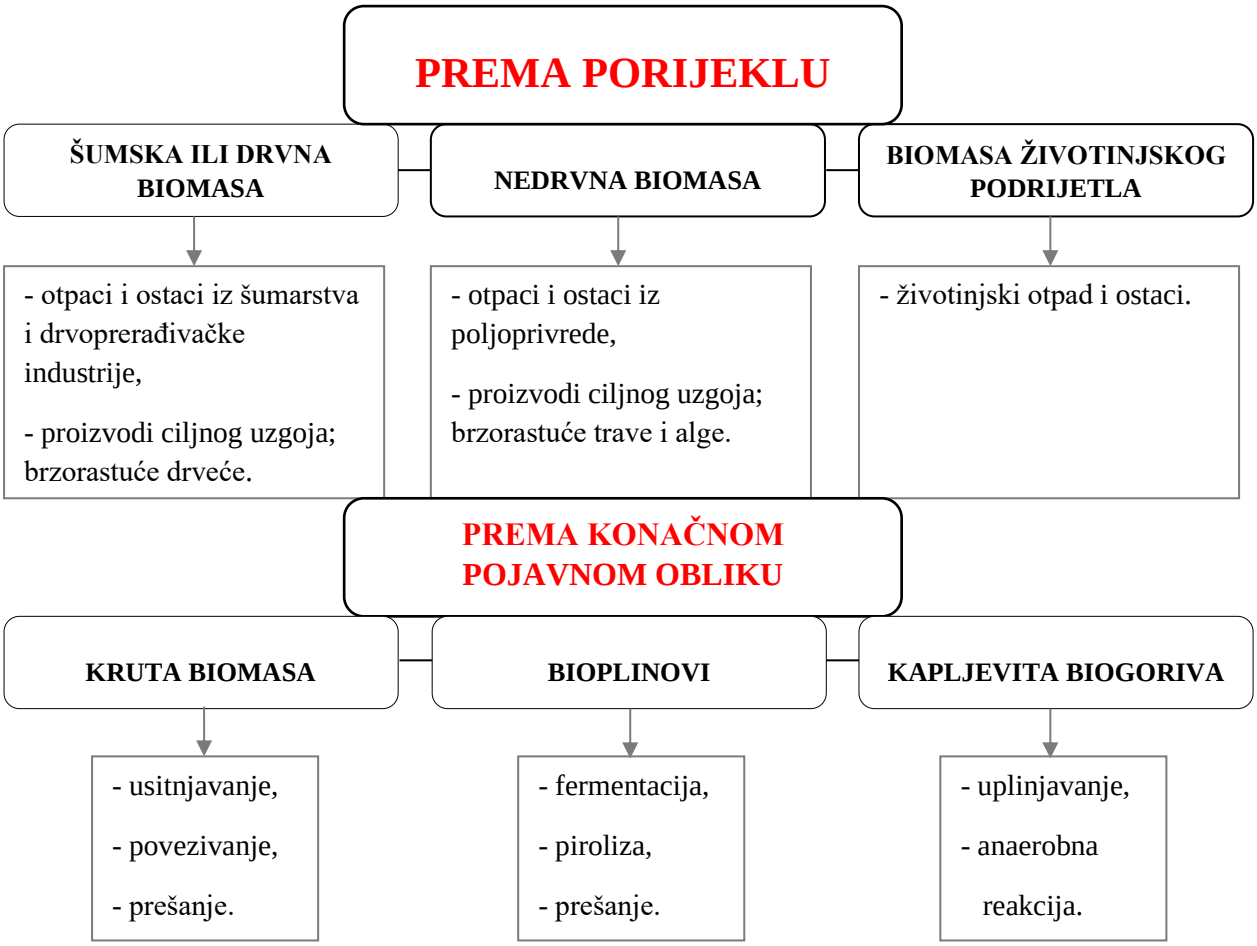
Graf 6. Udjeli u proizvodnji primarne energije

Izvor: Energija u Hrvatskoj, 2017.

2.3. Biomasa

Prema Direktivi 2001/77, biomasa je biorazgradivi dio otpada, proizvoda biljnih i životinjskih ostataka iz poljoprivrede, šumarstva i drvne industrije te, isto tako, biorazgradivi dijelovi industrijskog i komunalnog otpada. Biomasa predstavlja najstariji izvor energije kojim se čovjek koristio. Obuhvaća različite proizvode biljnog i životinjskog podrijetla. Bez obzira je li uzgojena planski ili je divlje izrasla, predstavlja značajan obnovljivi izvor energije. Jedini je obnovljivi izvor energije kojeg se može koristiti za proizvodnju toplinske, električne energije i tekućih goriva, gotovo neograničeno (Iličković, 2014.). Prema Ivanović i Glavaš (2013.) biomasa je prirodni obnovljivi izvor energije, organskog podrijetla. Općenito se dijeli na tri skupine; šumsku biomasu, ostatke iz poljoprivrede te organski dio industrijskog i komunalnog otpada. Prva skupina, osim šumske biomase, obuhvaća i ostatke iz drvne industrije. Drugu skupinu čine ostaci iz poljoprivrede; slama, oklasak, kukuruzovina, koštice, ljuske i stabljike. Dakle sve što nastaje u voćarskoj, vinogradarskoj, ratarskoj i stočarskoj proizvodnji te ribarstvu. Treća skupina uključuje biomasu iz vrtova i parkova urbanih površina te organski dio industrijskog, kućnog i trgovačkog otpada.

Nadalje, biomasa se dijeli i na dva osnovna načina – prema porijeklu i prema konačnom pojavnom obliku (Slika 4.). Prema porijeklu biomasa može biti šumska ili drvna, nedrvna te biomasa životinjskog porijekla, a prema konačnom pojavnom obliku kruta biomasa, bioplinovi te kapljevita biogoriva. Takvi konačni pojavni oblici nastaju različitim metodama obrade i pretvorbe (Slika 3.) iz prvobitne sirovine (Labudović, 2012). Nakon nafte, plina i ugljena, biomasa predstavlja četvrti izvor energije. Oko 14 % ukupne potrebe za energijom godišnje, proizvede se od biomase, s mogućnošću porasta u razvijenim zemljama (Garcia i sur., 2012.)

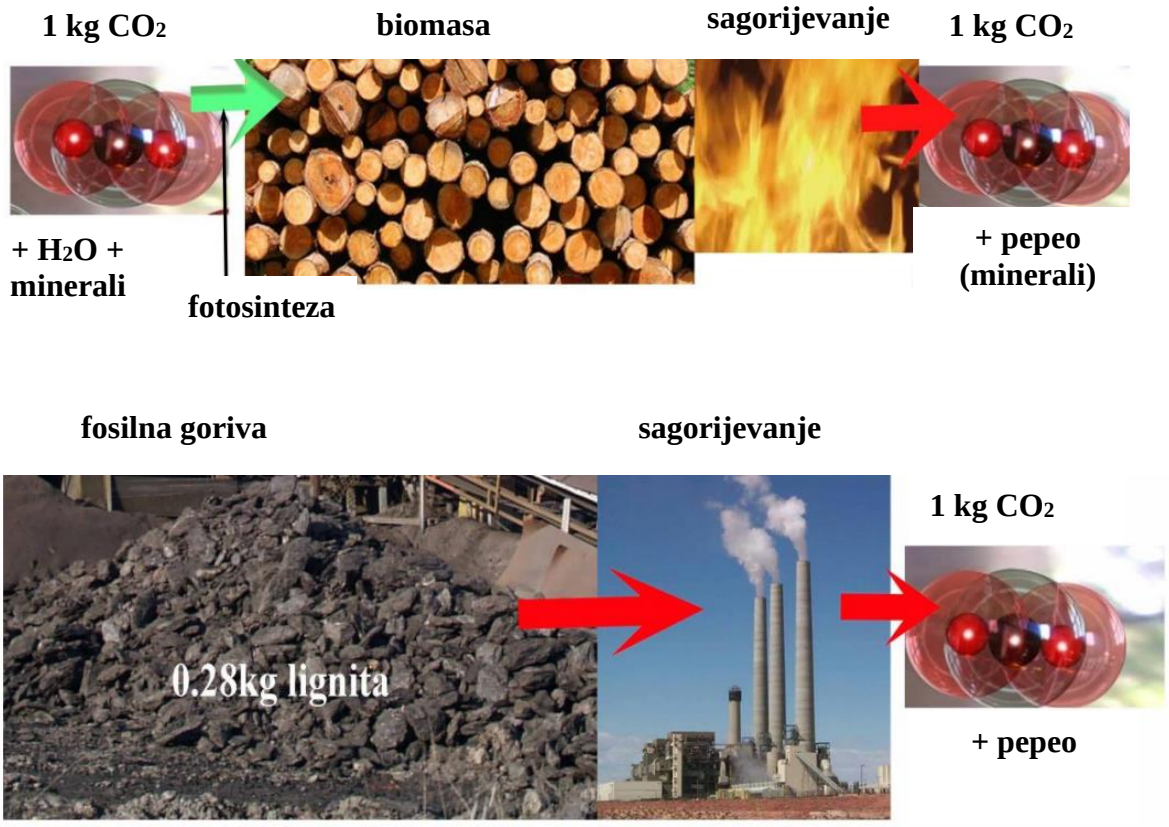


Slika 4. Podjela biomase te postupci obrade i pretvorbe

Izvor: Labudović, 2012.

Kao odgovor na probleme u ukupnom nacionalnom gospodarstvu na cijeloj Zemlji, rezultirane poremećajem u opskrbi i rastu cijena fosilnih goriva te napretkom tehnologije, javlja se ideja o održivom razvitku (Čakija, 2007.). Uspoređujući biomasu i fosilna goriva, točnije njihovo spaljivanje, činjenica je da se spaljivanjem jednog i drugog oslobađa CO_2. No, ključna i vrlo bitna razlika je u tome što oslobođeni CO_2 iz atmosfere, nastao izgaranjem biomase, biljke vežu te ga pohranjuju u biljnu strukturu, dakle oslobođeni ugljik asimilira s novom generacijom biljaka (Slika 5.). Tada je ukupna bilanca jednaka nuli, jer ugljik iz fosilnih goriva ostaje u tlu; CO_2 se ne oslobađa u atmosferu. Upravo se zbog toga biomasa može nazvati neutralnim gorivom (Iličković, 2014.). Energija iz biomase je energija Sunčevog zračenja, pretvorena u kemijsku energiju koju sadržavaju biljke. Naime, kao produkt procesa fotosinteze, koji se prirodno odvija u biljkama, nastaju organski spojevi, to jest biomasa. Rezultat je to prirodnog procesa u kojem se pod utjecajem Sunčeve svjetlosti,

odnosno apsorpcijom iste od strane klorofila, iz CO_2 i vode dobivaju organski spojevi, a kisik se oslobađa (Labudović, 2012.). Sukladno tome, biomasa predstavlja najsloženiji način skladištenja Sunčeve energije, jer biljke i ostali organizmi procesom fotosinteze, radijacijsku energiju Sunčevog zračenja, pretvaraju u energiju kemijskih veza koja je sadržana u visoko kompleksnim molekulama velike energije. Upravo iz tog razloga te činjenice da ju je ciklički moguće proizvesti u određenom vremenu, biomasu se svrstava u obnovljive izvore energije (Lorezini i sur., 2010.).



Slika 5. Kruženje CO_2 u procesu sagorijevanja OIE i fosilnih goriva

Izvor: Zelenović Vasiljević i sur., 2011.

Garcia-Maraver i Perez-Jimenez, (2015.) navode da su prednosti korištenja biomase kao energenata višestruke. Korištenjem biomase kao energenta smanjenje se ovisnost o uvozu fosilnih goriva, smanjuje se emisija štetnih plinova (CO_2, SO_2, NO_x) u atmosferu, ostvaruje se kumulativna CO_2 neutralnost, povećava se broj obradivih površina pod uzgojem energetskih kultura uz sprečavanje erozije i degradacije tla i voda te se pospješuju socijalno-ekonomski aspekti (povećanje regionalnih i lokalnih gospodarskih aktivnosti, otvaranje novih radnih

mjesta te razvoj ruralnih zajednica). Nadalje, biomasa je obnovljiv i održiv oblik energije, ima velik energetski potencijal te ju je moguće skladištiti i transportirati.

2.3.1. Biomasa kao obnovljivi izvor energije

Poljoprivreda, s udjelom od 21 %, šumarstvo s 41 % te otpad s 38 % čine tri sektora iz kojih proizlazi potencijal biomase kao obnovljivog izvora energije (AEBIOM, 2015.). Biomasa ima značajan doprinos u smanjenju emisije stakleničkih plinova, a samim time i doprinosi postizanju ciljeva Europske Unije u povećanju upotrebe obnovljivih izvora energije. Pomoću biomase iz poljoprivrede, šumarstva i organskog otpada, na ekološki prihvatljiv način se može osigurati velika količina struje, topline i goriva (EC DG ENV, 2006.). Izravna zamjena fosilnih goriva biomasom je moguća, jer su biomasa i njezini produkti dovoljno slični krutim i tekućim (nakon prerade) fosilnim gorivima (Krička i sur., 2007.). Zamjenom ugljena i prirodnog plina biomasom, moguće je neto CO_2 emisije po jedinci ogrjevne vrijednosti smanjiti za 93 % kod ugljena, odnosno 84 % kod prirodnog plina (Eldabbagh i sur., 2005.). Biomasa predstavlja obnovljivi izvor energije koji je dostupan kao nusproizvod ljudskih aktivnosti, točnije organskog otpada te se procjenjuje da je svjetski potencijal energije iz biomase koji je dobiven iz šume ili poljoprivrednih ostataka, godišnje, oko 30 EJ, a godišnja svjetska energetska potražnja na više od 400 EJ (McKendry, 2002.).

Izvori biomase koje se koriste u proizvodnji energije su energetski usjevi (višegodišnje trave i šumske kulture, hibridi topole, vrbe i trave kao što su Miscanthus i Sorghum vrste), brzorastuće drveće (eukaliptus, topola, vrba), šećerne (šećerna repica, šećerna trska, slatki sirak i proso), škrobne (žitarice i kukuruz) te uljane vrste (suncokret, palma, uljana repica). Isto tako, koriste se i ostaci poljoprivredne i šumske proizvodnje (kukurozovina, kora, koštice, slama, oklasak, granje, stabljike, ljuske i slično), životinjski ostaci i otpad (izmet, stelje spaljivanje lešine) te biomasa iz otpada (biomasa iz parkova i vrtova urbanih površina, zelena frakcija kućnog otpada, te mulj iz kolektora otpadnih voda) (Jelčić, 2016.). Dva su ključna pogleda u kojima se tehnika proizvodnje energije iz biomase, razlikuje od tehnika proizvodnje energije iz drugih obnovljivih izvora energije. Prvi je taj što biomasa, gledano kao energetski resurs, obuhvaća različite sirovine koje se razlikuju po svojim osobinama, a drugi, što ne postoji jedinstvena tehnologija za proizvodnju energije. Tehnike su različite i sežu od razvoja komercijalnog stadija do tehnika koje se još uvijek ispituju (Iličković, 2014.). Pretvorba biomase u energiju te izbor procesa i tehnike pretvorbe ovise o načinu upotrebe, okolišnim normama i ekonomskim mogućnostima, a ponajviše o željenom obliku energije te kvaliteti i vrsti sirovine (McKendry, 2002.).

2.4. Poljoprivredna biomasa

Poljoprivredna biomasa za proizvodnju energije je raznovrsna, obuhvaća sve organske ostatke zaostale nakon primarne poljoprivredne proizvodnje te lignocelulozni[3] materijal koji se različitim tehnološkim procesima predvodi do energije. Činjenicu da je poljoprivredna biomasa vrijedan izvor energije koji ne bi trebalo zanemariti, potvrđuju iskustva iz razvijenih zemalja, u Europi, osobito iz Danske (Šljivac, 2008.). Poljoprivredna biomasa koja se koristi za energetske svrhe je slama, pšenica i ječam te kukuruzovina, odnosno one kulture koje su najrasprostranjenije i daju najveću količinu rezidua. Također se koriste i ostale žitarice, sekundarni produkti i ostaci voćarske i vinogradarske proizvodnje te ostaci uljarica i zrnatih leguminoza. Najveći doprinos, unutar poljoprivredne grupe, vjerojatno imaju slama i ostaci nakon žetve i rezidbe (Garcia-Maraver i Perez-Jimenez, 2015.). Prema Bilandžiji i sur. (2014.) poljoprivredna biomasa se dijeli na šest skupina:

1. biomasa ratarske proizvodnje (slama, sijeno, kukuruzovina, stabljike, oklasak, ljuske ratarskih kultura),

2. biomasa voćarsko-vinogradarske proizvodnje (orezani ostaci trajnih nasada),

3. biomasa iz prerade i dorade poljoprivrednih sirovina u prehrambenoj industriji (komina masline, komina grožđa, komina uljarica, ljuske jezgričavog voća, koštice voća),

4. biomasa iz povrćarstva i ukrasne hortikulture (otpad iz parkova i vrtova),

5. biomasa stočarske proizvodnje (mesno-koštano brašno, gnoj, gnojnica, otpad u ribarstvu, klaonički otpad),

6. biomasa kultura za proizvodnju energije na zasebno podignutim nasadima (*Miscanthus sp., Arundo donax*, divlje proso, sudanska trava).

Poljoprivredna lignocelulozna biomasa obuhvaća nusproizvode koji nastaju preradom i doradom poljoprivrednih sirovina u prehrambenoj industriji te ostatke primarne poljoprivredne proizvodnje i, samim time, predstavlja znatan energetski potencijal (Krička i sur., 2014.). . Energetske kulture mogu biti višegodišnje ili jednogodišnje biljke (Đonlagić, 2005.). Najčešće uzgajani genotip za proizvodnju lignocelulozne biomase je *Miscanthus x giganteus*, zato što sadrži značajno manje vode i pepela od ostalih (Hodgson i sur., 2010.).

[3] Vlaknasti materijal koji čini osnovu strukture stanične stijenke biljke. Građen je od celuloze (40 – 50 %), hemiceluloze (25 – 35 %) i lignina (15 – 20 %) (Gray i sur., 2006.).

Miscanthus x giganteus, kao i ostale višegodišnje energetske kulture tijekom uzgoja nemaju veće agrotehničke zahtjeve kao ni zahtjeve za kvalitetom tla, dok jednogodišnje imaju. Ta mogućnost uzgoja na tlima lošije kvalitete je izuzetno bitno svojstvo jer se na taj način izbjegava sukob između proizvodnje hrane i energije (Bilandžija, 2014.). Biorazgradivost, reaktivnost, vrlo dobra čvrstoća i zapaljivost su najvažnija svojstva koja karakteriziraju lignocelulozu biomasu (Olesen i Plackett, 1999.). Lignin, kojeg lignocelulozna biomasa može sadržavati od 10 do 25 %, je učvršćujući materijal koji se uglavnom nalazi između celuloznih mikrovlakana. On obavija celulozu i time pruža zaštitu protiv njene mikrobne i kemijske razgradnje (Thomsen i sur., 2005.). Za proizvodnju električne i/ili toplinske energije procesom izravnog sagorijevanja, pogodnija je biomasa s višim udjelom lignina (Predojević, 2010.; Hodgson i sur., 2010.).

Osnovno obilježje poljoprivredne biomase je heterogenost sastava jer ima različit udio vlage i pepela, što utječe na ogrjevnu vrijednost. U nedrvnim biljnim ostacima količina pepela je obično veća od drvne biomase. To predstavlja negativnu stranu jer supstance, koje čine pepeo, nemaju energetsku vrijednost. Energetska vrijednost drva je 8,2 – 18,7 MJ/kg, biodizela oko 37,2 MJ/kg, bioplin 26 MJ/Nm^3 i etanola 26,8 MJ/l. Ogrjevna vrijednost suhe tvari kod drvne biomase u prosjeku je za 9 % viša od vrijednosti travnatih biljaka, varira od 16,5 do 19 MJ/kg (Janić i sur., 2012.).

2.4.1. Orezani ostaci

Rezidba u voćnjacima, maslinicima i vinogradima predstavlja osnovni agrotehnički zahvat kojim se prorjeđuje i prikraćuje u svrhu ostvarivanja dobrog rasta i rodnosti. Razlikujemo zimsku i ljetnu rezidbu. Zimska se obavlja u vrijeme mirovanja vegetacije, a ljetna rezidbu u vrijeme vegetacije. Obje rezidbe se obavljaju najmanje dva puta kroz godinu, jer su obavezne mjere (Stanić, 2019). Nakon rezidbe u nasadima voćnjaka, maslinika i vinograda zaostaje velika količina orezane granjevine i rozgve (Sito i sur., 2010.). Ta drvna masa koja nakon rezidbe ostane razbacana po tlu može biti potencijalno stanište za različite štetnike i izvor zaraze, a i isto tako otežava prolaz strojevima i obavljanje drugih agrotehničkih mjera (Spinelli i Picchi, 2009.). Nerijetko se smatra nekorisnom te sama manipulacija njome stvara problem. Zbog toga se ti orezani ostaci ručno iznose i spaljuju, bez da se iskoriste te doprinesu ostvarenju financijske dobiti (Sito i sur., 2010.). Paljenjem dolazi do zagađenja atmosfere, gubitka izvora energije, uništavanja mikroflore i faune u oraničnom sloju tla te do smanjenja udjela organske tvari u tlu (Žunić i Matijašević, 2008.). Zbog male gustoće i varijabilnog udjela vlažnosti, primarni oblici zagrijavanja nisu efikasni. Energetsku

učinkovitost se umanjuje te se ispuštaju veće emisije štetnih plinova u atmosferu (Stanić, 2019.). Prema Sito i sur. (2010.) postoji nekoliko načina za zbrinjavanje orezane biomase u nasadima: (I) pod uvjetom da nema bolesti, malčiranje orezane mase u nasadu, (II) sakupljanje orezane mase pomoću traktorskih vila i iznošenje iz nasada, (III) malčiranje i sakupljanje granjevine ili rozgve u spremnike malčera, (IV) baliranje orezane mase pomoću posebnih balirki.

Količina rezidbenih ostataka ovisi o biološkim osobinama, voćnoj vrsti, agrotehničkim mjerama, starosti nasada, načinu održavanja, bujnosti sorte i podloge te načinu rezidbe (Živković i sur., 2007.). U vinogradima se ona kreće od 1,5 do 2,8 tona. Prilikom prešanja usitnjene mase drastično se smanjuje stvaranje pepela i štetnih plinova tijekom izgaranja, jer nije potrebno dodavati nikakvo vezivo. Dakle, smanjeno je stvaranje štetnih plinovi tijekom izgaranja, posebno SO_2, N_2, O_2 i CO_2, i samim time se briketi smatraju ekološki čistim gorivom. Tako se u značajnoj mjeri mogu zamijeniti postojeća goriva za grijanje npr. ulja za loženje i time ostvariti značajne uštede na obiteljskim gospodarstvima. U prosjeku 1 kilogram briketa ima energetsku vrijednost između 15 - 18 MJ/kg, odnosno oko 2,5 kg briketa energetski može zamijeniti 1 litru ulja za loženje. Nadalje, 1 tona briketa zamjenjuje oko 3,5 m^3 ogrjevnog drveta (Sito i sur., 2010.). Na konačnu toplinsku vrijednost goriva utječe postotak vlage, pepela, kisika i gorivih tvari (Bilandžija i sur., 2012.). Karakteristike rezidbenih ostataka su pristupačnost, heterogenost, povoljan sastav, vlažnost, odgovarajući volumen i mogućnost transporta i skladištenja. Fizički oblik rezidbenih ostataka kao i njihov karakteristični sastav, samo su neki od čimbenika koji ovu vrstu biomase čine ekološki vrijednom (Živković i sur., 2007.). Tablica 1. prikazuje važnije energetske karakteristike orezane poljoprivredne biomase.

Tablica 1. Prosječni kemijski sastav suhe tvari orezane biomase

Vrsta	**Vlaga (%)**	**Pepeo (%)**	**Kemijska analiza (%)**					**Donja ogrjevna vrijednost (MJ/kg^{-1})**
			C	H	N	O	S	
Jabuka	6.73	1.52	47.36	6.42	0.74	45.3	0.18	17.06
Šljiva	5.94	3.89	48.15	6.52	0.81	44.34	0.18	17.12
Vinova loza	8.01	2.12	47.46	6.81	0.62	44.91	0.20	17.05
Maslina	6.37	4.44	46.54	6.45	0.77	46.04	0.20	16.91
Smokva	8.83	5.19	45.55	6.35	1.05	46.86	0.19	15.60

Izvor: Bilandžija i sur., 2012.

2.4.2. Ostaci ratarske proizvodnje

Jedna od najvećih, a najmanje iskorištenih bioloških resursa na Zemlji je biljna biomasa. Ista predstavlja obećavajući izvor sirovog materijala za proizvodnju različitih novih proizvoda. Pomoću procesa izgaranja se može učinkovito koristiti za proizvodnju topline i električne energije (Vukadinović i Vukadinović, 2016.). Ostaci usjeva ratarske proizvodnje predstavljaju vrlo vrijedan izvor za proizvodnju biogoriva druge generacije (Graham i sur., 2007; Somerville, 2006.). Zbog činjenice da su ti ostaci i dragocjena sirovina bitna za očuvanje kvalitete tla, njihovim nesmotrenim uklanjanjem kvaliteta tla može biti ozbiljno ugrožena (Wilhelm i sur., 2004.). Stoga njihovo iskorištavanje u energetske svrhe mora biti objektivno i kritički preispitano i odobreno (Bilandžija, 2014.).

Nakon žetve žitarica i kukuruza zaostaje velika količina biomase, koja je dostupna za korištenje. Primjerice, nakon berbe kukuruza na požnjevenom zemljištu ostaje kukuruzovina, stabljika s lišćem, oklasak i komušina. Prosječan odnos zrna i mase (tzv. žetveni omjer) je 53 : 47 (%), a kukuruzovine i oklaska je prosječno 82 : 18 (%). Dakle nakon žetve kukuruza, biomase ostaje približno koliko i zrna (Šljivac, 2008.). Jedan dio, točnije 70 % biomase potrebno je ostaviti na poljoprivrednim površinama zbog prirodnog obnavljanja organske tvari u tlu (Ivanović i Glavaš, 2013.). No, kad je u pitanju gospodarenje žetvenim ostatcima vrlo je česta dvojba kako postupiti. Iako znanost zastupa obavezno zaoravanje žetvenih ostataka, to može predstaviti tehnički problem. Naime, usitnjavanje i zaoravanje velike biološke mase stvara poteškoće kod, naprimjer, pripreme tla za sjetvu pšenice poslije berbe kukuruza (Vukadinović, 2014.).

Korijen, sjeme i stabljika travnatih biljaka (monokotiledona) su dobar izvor škroba koji se može koristiti u tehnološkim procesima za proizvodnju biogoriva ili energije. S obzirom na to da su ratarske kulture najrasprostranjenije, one daju i najveću količinu rezidua, dok slama i kukuruzovina predstavljaju važan izvor organske tvari. Time imaju značajan utjecaj na biološka, kemijska i fizikalna svojstva tla i ne treba ih nikako smatrati otpadom. Istraživanja su pokazala kako hranjive tvari iz žetvenih ostataka imaju istu hranidbenu vrijednost kao stajski gnoj (Vukadinović i Vukadinović, 2016.). Pomoć žetvenog indeksa (omjer biološkog i merkantilnog prinosa) može se približno procijeniti količina žetvenih ostataka. Na temelju toga, uobičajeni žetveni indeks za pšenicu i ječam je 1,5, kukuruz, soju i zob 1,0 te za krumpir i šećernu repu 0,25 (Vukadinović, 2014.).

2.4.3. Biomasa energetskih kultura

U poljoprivrednu biomasu spada i biomasa dobivena uzgojem brzorastućih energetskih kultura (Bilandžija i sur., 2017.). Energetske kulture, odnosno kulture za proizvodnju energije, uzgajaju se isključivo u svrhu proizvodnje biomase. Glavni cilj njihova uzgoja je što veća količina biomase po jedinici površine, s namjerom njezine pretvorbe u energiju. Mogu biti jednogodišnje ili višegodišnje (Đonlagić, 2005.). Jednogodišnje imaju veće zahtjeve za kvalitetom tla i agrotehnikom, dok višegodišnje nemaju većih zahtjeva tijekom uzgoja. Upravo to svojstvo mogućnosti uzgoja na tlima lošije kvalitete, osigurava izbjegavanje kolizije u proizvodnji energije i hrane (Bilandžija, 2014.). Energetske kulture se mogu koristiti za pročišćavanje tla i otpadnih voda, za vezivanje veće količine atmosferskog ugljika te doprinose raznolikosti u uzgoju kultura na poljoprivrednim zemljištima (Drvodelić, 2015.). Značajan potencijal za ispunjavanje budućih energetskih potreba u svijetu, predstavljaju energetski usjevi, odnosno kulture. Provedena istraživanja o energetskim usjevima kod proizvodnje biogoriva pokazuju da su oni prilično ekonomičan i ekološki način održive proizvodnje energije (Koçar i sur., 2013.). Posebno se uzgajaju za upotrebu kao gorivo. Osim što, uz razmjerno niska ulaganja imaju visok prinos po hektaru, prednost je i što se za njihov uzgoj koriste otpadne vode, pospješuje se biološka raznolikost te sprječava nastanak višaka od poljoprivredne proizvodnje (Šegon i sur., 2014). Bilandžija (2012.) iznosi pretpostavku da će energetski usjevi, kroz proizvodnju bioetanola, u budućnosti u potpunosti zamijeniti potrošnju fosilnih izvora energije. Jedna od takvih kultura je i višegodišnja energetska trava *Miscanthus x giganteus*. Značajno očuvanje fosilnih izvora energije omogućuje se energetskim iskorištavanjem iste (Bilandžija, 2014.). Naime, 20 tona biomase *Miscanthus x giganteusa* predstavlja ekvivalent 12 tona kamenog ugljena (Lewandowski i sur., 1995.), odnosno 30 tona je ekvivalent 12 000 litara loživog ulja (El-Bassam i sur., 1996.).

Podjela energetskih usjeva (Šegon i sur., 2014.):

1. Poljoprivredni energetski usjevi – usjevi škroba, uljarica i šećera,
2. Energetski nasadi kratkih ophodnji – vrba, topola, eukaliptus i bagrem,
3. Vodeni usjevi (hidroponi) – mikroalge, makroalge, jezerski i ribnjački korovi,
4. Travnati i nedrvni energetski usjevi – *Miscanthus* (kineski šaš).



Slika 6. *Miscanthus x giganteus*

Izvor: https://miscanthus.cfans.umn.edu/miscanthus-uses/biomass-fuels

Miscanthus x giganteus (Slika 6.) je trava koja raste od 15 do 20 godina, a neka čak i duže. Ima mogućnost žetve biomase tijekom cijelog perioda mirovanja vegetacije te visoku produkciju biomasa (15 – 20 t/ha). Vrlo je otporna na bolesti i štetočinje, stoga tretiranje pesticidima nije potrebno. A tretiranje herbicidima, kao i većina ostalih agrotehničkih zahvata, provodi se samo u prvoj i eventualno drugoj godini od zasnivanja usjeva (Caslin i sur., 2010). Racionalno koristi hranjive tvari, osobito dušik, iz tla tijekom izražene sposobnosti translokacije minerala i hranjiva iz nadzemnih organa u rizome na kraju vegetacije te re-translokacije iz rizoma u nadzemne organe početkom nove vegetacijske sezone (Tilman i sur., 2006.; CRES, 2006.; Clair i sur., 2008.; Davis i sur., 2010.; Caslin i sur., 2010.; Leto i Bilandžija, 2013.). Ne postoji mogućnost njegovog nekontroliranog širenja, jer je *Miscanthus x giganteus* sterilna vrsta (Bilandžija, 2014.).

2.5. Prikupljanje poljoprivredne biomase

2.5.1. Prikupljanje orezanih ostataka

Prikupljanje rezidbenih ostataka može biti ručno ili strojno. Ukoliko se prikuplja ručno, biomasa se iznosi na kraj redova pomoću ljudske radne snage ili pomoću grablji na manjim površinama i uskim redovima. Ako je sakupljanje strojno, biomasa se na kraj redova iznosi pomoću priključnih i nošenih strojeva (Žunić i Matijašević, 2008.). Tehnologiju i određena tehnička sredstva kojima se obavlja prikupljanje, manipulacija, primarna obrada (baliranje, usitnjavanje, prešanje), skladištenje i drugo, određuje se na temelju namjene korištenja ostataka rezidbe (Živković i sur., 2007.). Može se prikupljati na način da se sakupi na koncentriranu hrpu izvan nasada ili se poravna unutar redova. Za mehaničko koncentriranje materijala na hrpe se koriste vile, koje gura ili vuče traktor, no može se koristiti i dizalica spojena na traktor, pomoću koje se veće ostatke podiže i sprema u prikolicu. Za poravnavanje se koriste uređaji, koji se sastoje od nekoliko rotirajućih diskova ili bubnjeva. Oni su obloženi žičanim ili plastičnim vlaknima i priključuju se na traktor (Velazquez-Marti i sur., 2009.).

Prema Bilandžija i sur. (2016.) suvremena poljoprivredna tehnika za prikupljanje orezane biomase može se podijeliti na: (I) strojeve za prikupljanje i iznošenje orezane biomase, (II) strojeve za usitnjavanje orezane biomase, (III) strojeve za rezidbu i usitnjavanje orezane biomase.

Strojevi za prikupljanje i iznošenje orezane biomase su traktorski utovarivač s priključkom, balirka za orezanu biomasu (Slika 7.) te preša za biomasu, koja se koristi u trajnim nasadima (Bilandžija i sur., 2016.). Nošene vile su najjednostavniji traktorski priključak koji se koristi za iznošenje orezane biomase (Sito i sur., 2010.). Postupak baliranja, odnosno namatanje bala i vezivanje uzicom, je potpuno automatiziran proces. Ako je preša kvalitetna ona sakupi, oblikuje i istovari balu u trajanju maksimalno jedne minute, pa čak i kraće. Da bi se poboljšala energetska svojstva, neposredno baliranu biomasu, se preporučuje sušiti; prirodnim putem na otvorenom ili u skladišnim prostorima (Bilandžija i sur., 2016.).

Orezana biomasa se strojevima za usitnjavanje priprema za daljnju tehnološku obradu (sječke, briketi ili peleti). Strojevi za usitnjavanje mogu biti za rad unutar ili izvan trajnih nasada. Oni koji se koriste izvan trajnih nasada mogu biti mobilni ili stacionarni. Za pogon tih strojeva, za usitnjavanje orezane biomase, koristi se električna energija, dizel motor ili priključno vratilo traktora. Ubacivanjem u njih, orezana biomasa se usitnjuje, pomoću dva nezavisno pogonjena valjka (fiksnog i samonivelirajućeg) ili noža, odnosno čekića (Bilandžija i sur., 2016.).



Slika 7. Balirka za orezanu biomasu

Izvor: http://tehmago.co.rs/vocarska.html

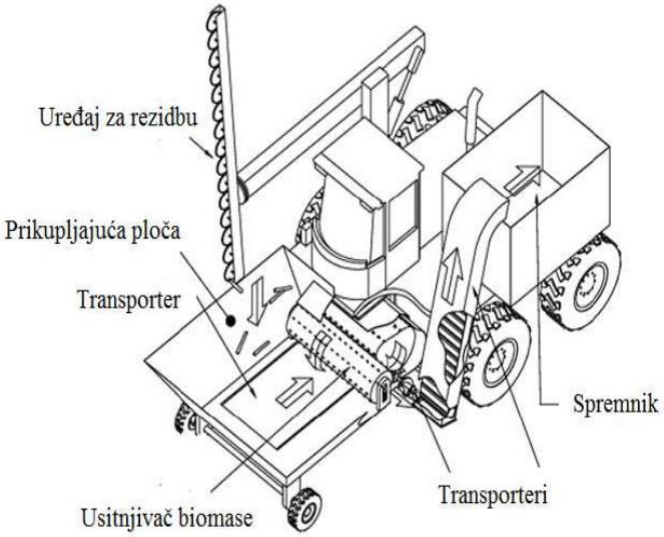
Oni strojevi koji se koriste unutar trajnih nasada su specijalni malčeri za prikupljanje, usitnjavanje i spremanje u spremnike, koji se nalaze na njihovoj konstrukciji ili u prateće agregate (Spinelli i sur., 2010.). Dakle, malčerima s puhajućom cijevi (Slika 8.) se mora osigurati spremnik za usitnjenu biomasu, odnosno prateći agregat; najčešće je to prikolica. Ona može biti direktno priključena na malčer ili može biti priključena na zasebni traktor koji se paralelno pokreće s malčerom (Velázqez-Martí i Fernández-González, 2009.).



Slika 8. Malčer s puhajućom cijevi

Izvor: https://www.messis.hr/malceri/malceri-sa-sakupljacem/236-malceri-traktorski-berti-s-duplim-rotorom-i-sakupljacem-usitnjene-mase-modeli-picker-r

Strojevi za rezidbu i usitnjavanje orezane biomase u jednom prohodu obavljaju rezidbu, usitnjavanje te pohranjuju biomasu u vlastiti spremnik. Rezidbu obavljaju pomoću višestrukih diskova koji se nalaze na poluzi te ih je moguće prilagođavati željenoj visini i kutu reza. Ispod tog uređaja za rezidbu se nalazi prikupljajuća ploča iz koje se orezana biomasa, transporterom premješta do usitnjivača pa do spremnika (Spinelli i sur., 2011.).



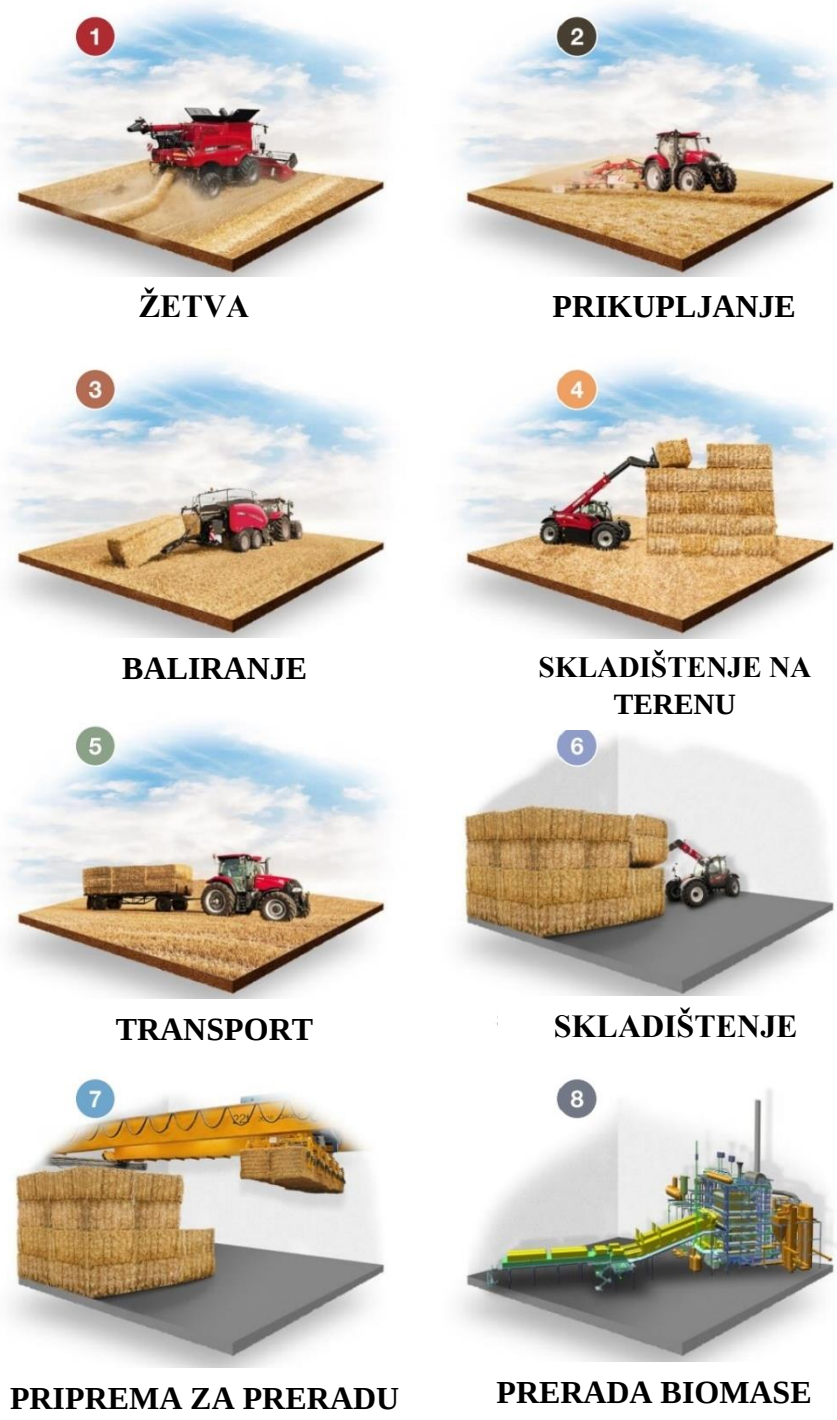
Slika 9. Stroj za rezidbu i prikupljanje orezane biomase

Izvor: Spinelli i sur. (2011.)

2.5.2. Prikupljanje ostataka ratarske proizvodnje

Tehnologije za prikupljanje žetvenih ostataka su različite i razlikuju se u broju zahvata ili operacija koje se primjenjuju u pojedinoj tehnologiji. Isto tako, razlikuju se i u tome koliki je broj i veličina strojeva potrebna za prikupljanje ostataka (Smiljanović, 2019.). Pšenična i sojina slama se prikupljaju kada sadržaj vlage u slami padne ispod 20 %, a kod kukuruza sadržaj vlage kukuruzovine mora biti manji od 25 %. Ukoliko je vlaga sjemena kukuruza tijekom žetve iznad 25 %, sa sakupljanjem se treba pričekati nekoliko dana, odnosno stabljika se mora prosušiti na terenu (Sokhansanj i sur., 2002.). Dakle, kad je kukuruz u pitanju, sadržaj vlage može stvarati probleme, jer je žetva u listopadu, a prikupljanje biomase nakon toga. Zbog padalina i nižih temperatura, koje su u tom razdoblju uobičajene, sadržaj vlage je viši. No problem može stvarati i to što je stabljika kukuruza teška i nakon žetve pada na zemlju i, zbog vlažnog vremena, na sebi zadržava prašinu zbog koje se povećava sadržaj pepela u gorivu, ali i nanosi šteta strojevima kojima se provodi baliranje (Wieser i Milijić, 2017.). Grahm i sur. (2007.) iznosi dvije strategije sakupljanja kukuruzovine. Prva glasi da se sakupljaju i baliraju ostaci koji su ostali ispod kombajna. Prema drugoj kombajn malčerom ostatke usitni i razbaca, a nakon toga se ostaci grabljama sakupljaju u zbojeve te se baliraju.

Da bi se žetveni ostaci pšenice, soje, suncokreta i kukuruza što efikasnije prikupili, neophodna je odgovarajuća mehanizacija, posebice ako je u pitanju proizvodnja velikih bala. Manipulacija poljoprivredne biomase (Slika 10.) se sastoji od žetve usjeva, prikupljanja slame (pravljenje otkosa i baliranje) te utovara i transporta bala (Wieser i Milijić, 2017.).



Slika 10. Manipulacija poljoprivredne biomase

Izvor: Wieser i Milijić, 2017.

Za što bolje prikupljanje i manipulaciju poljoprivredne biomase, koriste se žetelice za žetvu usjeva, strojevi za prikupljanje slame i balirke za baliranje, samoutovarne prikolice ili samohodni teleskopski utovarivači za utovar i upravljanje te traktori ili kamioni s odgovarajućim prikolicama za transport (Wieser i Milijić, 2017.). Tehnologija sakupljanja

žetvenih ostataka u konvencionalnom sakupljanju se provodi u više prohoda kroz parcelu te se koriste različiti strojevi. S obzirom na to da se zbog velikog broja prohoda, narušava kvaliteta tla, povećavaju troškovi i vremenski duže traje, proizvedena je kombinacija kombajna s hederom, koji uvlači cijelu stabljiku kukuruza, i preše za okrugle bale, povezanih tunelom. Žetveni ostaci iz predkomore ili bunkera odlaze na prešanje u prešu iz koje bale obavijene špagom ili mrežom ostaju na parceli (Keene i sur., 2013.). No istovremena berba i sakupljanje ostataka se nisu pokazali previše isplativima, jer je prilikom obavijanja bala mrežom, dolazio do prestanka berbe kukuruza. Stoga je prikladnije sakupljanje žetvenih ostataka obaviti u drugom prohodu (Smiljanović, 2019.).

Za žetvu svih strmih žitarica, uljarica te berbu i runjenje kukuruza koristi se žitni kombajn (Slika 11.). Isti je napravljen od osnovnih sklopiva, s većim i manjim dijelovima, koji čine cjelinu. Tijekom žetve radni dijelovi žitnu masu odrežu ili otkinu, podignu je i dopreme do vršidbenog uređaja gdje dolazi do odvajanja zrna od dijelova koji nisu zrno. Nakon toga se zrno očisti i prenosi u spremnik, a dio žitne mase se odloži u otkos na polje ili se usitni i ujednačeno raspodjeli po polju. Za berbu kukuruza žitni kombajn mora imati posebno izveden bubanj i podbubanj, adapter (heder) za kukuruz, odgovarajuća sita i snažniji motor (Zimmer i sur., 2009.).



Slika 11. Žitni kombajn

Izvor: https://www.agroklub.com/agrogalerija/kombajn-fendt-c-7299/

Žetveni ostaci se prikupljaju i sabijaju, najčešće u bale (Slika 12.), koje mogu biti male, velike, odnosno valjkaste ili četvrtaste. Male četvrtaste bale su najčešće dimenzija 0,35 x 0,45 x 0,8 m i težine 10 kg. Za baliranje takvih bala koristi se mala balirka koju vuče traktor (Wieser i Milijić, 2017.).



Slika 12. Baliranje

Izvor: http://www.agriculteur-normand.com/actualites/presse-john-deere-montre-sa-densite:1F1T3UKM.html

Valjkaste bale (Slika 13.) su dugačke 1-1,2 m i imaju promjer 1,2 m. Ovisno o vrsti materijala i balirci, gustoća valjkastih bala se kreće od 90 do 120 kg/m^3. Velike četvrtaste bale (Slika 13.), koje se najčešće koriste za proizvodnju energije, su dimenzija 1,2 m x 1 m x 2,4 m, gustoće od 180 do 220 kg/m^3 (Wieser i Milijić, 2017.). Velikim četvrtastim balama je lakše rukovati i transportirati ih, nego što je to s valjkastim bala (Darr, 2012.).



Slika 13. Valjkasta bala (lijevo) i velika četvrtasta bala (desno)

Izvor: https://www.agrotv.net/vesti/zbog-niza-prednosti-rol-bale-zastupljenije-nasim-njivama/; https://docplayer.net/50284823-Biomasa-kao-biogorivo.html

Utovar i transport bala s polja se obavljati pomoću prikolica za samoutovar ili telehendlera. Ukoliko se neće odmah transportirati, pomoću samoutovarnih prikolice bale se utovaruju, grupiraju te se privremeno skladište u blizini polja, na putu prohodnom za kamione. Transport se obavlja traktorima ili kamionima s odgovarajućim prikolicama za transport bala (Wieser i Milijić, 2017.).

2.5.3. Žetva i prikupljanje trave *Miscanthus x giganteus*

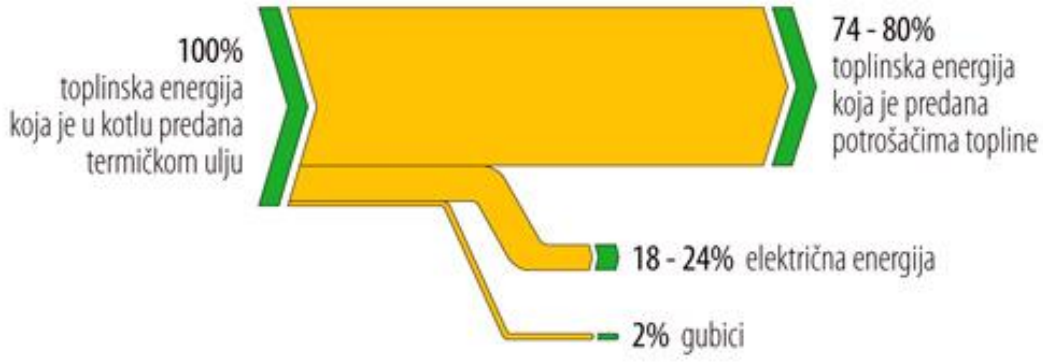
Miscanthus x giganteus je moguće žeti u studenom ili travnju, odnosno svibnju. Ukoliko se biomasa koristi u procesu izgaranja, preporuka je žetvu obaviti u travnju (prije kretanja vegetacije), jer je tada očekivana vlaga manja od 15 %. Zbog takve vlage nije potrebno sušenje i samim time nema dodatnih troškova (Lewandowski i sur., 2000.). Važan učinak na energetsku i ekonomsku ravnotežu usjeva te na količinu biomase, odnosno stvarni prinos trave *Miscanthus x giganteus,* ima mehanizacija (Dalianis, 1998.). Za sakupljanje *Miscanthus x giganteus* postoji nekoliko sustava mehanizacije koji se mogu koristiti. Koriste se samohodni kombajni, strojevi za sijeno i baliranje sijena te strojevi za silažu i slamu u poljoprivredi. Svaka od tih metoda uključuje korištenje strojeva koji već postoje za ostale poljoprivredne primjene (Meehan i sur., 2013). Žetva može biti jednofazna ili višefazna (El Bassam i Huisman, 2001). Tijekom jednofazne žetve, košnja, sakupljanje, baliranje i utovar u prikolicu se obavljaju u jednom prohodu (Mathanker i Hanse, 2015). U višefaznoj žetvi se košnja, sakupljanje i baliranje odvijaju u više prohoda između kojih je određeni vremenski razmak (Lewandowski i sur., 2000; Mathanker i Hanse, 2015.).

2.6. Mogućnosti iskorištavanja biomase

Velike su mogućnosti za iskorištavanje biomase iz poljoprivrede. Može se koristiti za proizvodnju humusa zaoravanjem, kao organsko gorivo, odnosno stajnjak, za stočnu hranu, proizvodnju energije, kao građevinski materijal (prešane kocke i ploče), za izradu dijelova namještaja, alkohola, biogoriva, papira i ambalaže te u još puno drugih svrha (Brkić, 2007.). Nerijetko poljoprivrednici pale slamu i kukuruzovinu u proljeće i jesen iako se preporučuje zaoravanje od 30 % do 50 % od ukupno dobivene mase (Šišić i sur., 2013.). Paljenje je zakonski zabranjeno jer, osim što ugrožava ljudski život, divlje životinje, imovinu i zagađuje zrak, njime se uništavaju mikroflora i fauna u oraničnom sloju te organska tvar u tlu. Zbog toga je ostatke nakon žetve potrebno vraćati u tlo, a ne ih spaljivati. Vraćanjem tih ostataka se vraća i organska tvar, poput zrelog stajnjaka (Dobri poljoprivredni i okolišni uvjeti, 2012.). Smanjenje kakvoće tla te nepovoljan utjecaj na okoliš je rezultat učestalog korištenja žetvenih ostataka za energetske svrhe, odnosno upotreba u stočarstvu, građevinarstvu, proizvodnji

papira i slično ili samo spaljivanje na parceli. Sve to dovodi do negativne bilance organskog ugljika u tlu te smanjenja sadržaja humusa. Stoga je ključno istaknuti da su svježe zaorani ostaci, mikroorganizmima u tlu, nezamjenjiv izvor energije. Zaoravanjem se održava i poboljšava strukturu tla, smanjuje se rizik od erozije, povećava sadržaj humusa uz porast retencijskog kapaciteta za vodu i zrak te utječe na veći toplinski kapacitet tla (Vukadinović, 2014). Dakle, dio ostataka je ključno vratiti u tlo, no za preradu u neke druge svrhe preostane najmanje 30 % od ukupne biomase. Prema procjenama oko 50 % ostataka s većih i oko 20 % s manjih posjeda, se može iskoristiti za proizvodnju energije (Šišić i sur., 2013.).

Za iskorištavanje biomase, odnosno prije samog procesa iskorištavanja, potrebno je učiniti različite radnje; sakupljanje, sušenje, usitnjavanje, skladištenje i slično (Briševac, 2017.). Osim što se žetveni ostaci koriste kao prostirka za životinje u stočarskoj proizvodnji, koriste se i u pripremi komposta za uzgoj gljiva. No, isto tako, žetveni se ostaci koriste i u proizvodnji energije i agro-peleta. Dobar primjer proizvodnje energije od pšenične slame je u Danskoj. Danska u svojim sistemima daljinskog grijanja i kogeneracije (CHP) koristi slamu (Wieser i Milijić, 2017.). Korištenje biomase iz poljoprivrede i šumarstva i to krutih dijelova, najpogodnije je u kogeneracijskim postrojenjima (Slika 14.). U njima se istovremeno proizvode i toplinska i električna energija. Primjer za takvo postrojenje je u Beču. U njemu se iz biomase proizvede električna energija za 45 000 kućanstava i toplina za 12 000 obitelji (Matić i sur., 2007.). Pod čvrstu biomasu se podrazumijevaju drvo, poljoprivredni i organski nusproizvodi te otpad. Njezinim spaljivanjem se dobivaju električna energija ili toplinska energija za grijanje. No može se i kroz razne postupke pretvoriti u biogorivo ili bioplin i na taj način iskoristiti za dobivanje energije (Fabijanec, 2016.).



Slika 14. Pojednostavljena shema tokova energije u kogeneracijskom postrojenju

Izvor: http://www.energetika-net.com/specijali/projekt-prica/energija-iz-kogeneracijskog-postrojenja-za-proizvodnju-peleta-15791

Trenutno se *Miscanthus x giganteus* najviše koristi za proizvodnju toplinske i električne energije; spaljivanjem s ugljenom ili samostalnim izravnim spaljivanjem. Pomoću različitih metoda zbijanja, biomasa se dorađuje u čvrsta biogoriva (briketi i peleti) nakon čega se peletiranjem, odnosno briketiranjem koristi za proizvodnju „zelene“ energije. Proizvodnja „zelene“ energije dakako ima potencijal pozitivnog utjecaja na zaštitu okoliša i u poloprivrednom sektoru, ali i na globalnoj razini (Krička i sur., 2007.). Osim peletnog i briketnog oblika, *Miscanthus x giganteus* se može koristiti i u tzv. „rifuznom stanju“ (forma bale ili ječke), no takvim se energetskim iskorištavanjem smanjuje efikasnost. Zahvaljujući visokom prinosu i visokom sadržaju celuloze i hemiceluloze, *Miscanthus x giganteus* se, anerobnom fermentacijom u kombinaciji s drugim sirovinama, koristi za proizvodnju bioplina, ali i za proizvodnju bioetanola druge generacije (Bilandžija, 2014.). Prema Lemus i sur. (2009.) predviđa se proizvodnja bioetanola od 7 000 do 7 393 l/ha godišnje i ima smanjenje emisije stakleničkih plinova za od 35 do 75 %. No obzirom na to da su troškovi faze predtretmana u proizvodnji bioetanola druge generacije relativno visoki, trenutno je ekonomski najprihvatljivija opcija korištenja u krutom obliku (Bilandžija, 2012.).

Da bi se što praktičnije i racionalnije manipuliralo biomasom kao izvorom energije, provodi se briketiranje i peletiranje (Zelenović Vasiljević i sur., 2011.). Sabijanjem usitnjene biomase, najčešće drvene, nastaju pelete i briketi. (Matić i sur., 2007.).

2.6.1. Briketi

Briketi nastaju procesom briketiranja, odnosno prešanjem materijala pomoću briketnog stroja u klipu. U tom procesu se biomasa smanjuje za 7 do 12 puta (Brkić, 2008.)., može imati mehanički ili hidraulički pogon i materijal se sabija u kružnom cilindru promjera 20-120 mm i duljine od 400 mm (Šegon i sur., 2014.). Za mehaničke preše je potrebna snaga od 20 do 60 kW, zatvoren prostor određenih dimenzija te čvrsti temelji. Hidraulične preše su manje mase te manjeg zahtjeva za prostor. Potrebna im je snaga od 6 do 10 kW te mogu biti mobilne (Slika 15.).



Slika 15. Mehanička (lijevo) i hidraulična (desno) preša

Izvor: http://www.oie-res.me/uploads/archive/FODEMO%20sastanak%2022%20jun%202010/3.1.pdf

Mnogo je prednosti briketiranja kao postupka prethodne pripreme biomase, u odnosu na ostale postupke. Troškovi transporta su smanjeni, znatno je manji prostor za skladištenje, veća otpornost biološkim procesima te je povećana efikasnost u procesu sagorijevanja (prema Radovanović i sur., 1995.). U Tablici 2. su prikazani omjeri uložene i dobivene energije za proces briketiranja slame i kukuruzovine. Podaci se odnose na tehnologiju sa stabilnom i mobilnom mehanizacijom.

Tablica 2. Odnos uložene i dobivene energije za proces briketiranja

Materijal briketa	**Uložena energija (GJ)**	**Dobivena energija (GJ)**	**Odnos**
Tehnologija briketiranja sa stabilnom mehanizacijom			
Slama	7,961	71,000	1:8,9
Kukuruzovina	1,9742	62,500	1:3,2
Tehnologija briketiranja s mobilnom mehanizacijom			
Slama	5,526	35,500	1:6,4
Kukuruzovina	10,076	31,250	1:3,1

Izvor: Radovanović i sur., 1995.

U procesu briketiranja nema dodavanja vezivnih sredstava, jer se isti odvija na povišenoj temperaturi (70 - 90 °C) koja izaziva transformaciju lignoceluloznog materijala i njegovo povezivanje (Brkić, 2008.). Taj proces sabijanja lignoceluloznog materijala se sastoji od usitnjavanja sirovine na određenu granulaciju, sušenje sirovinskog materijala na određenu

vlažnost (10 - 12 %), transporta i odlaganja usitnjenog materijala, doziranja sirovine, ukoliko je potrebno - vlaženja sirovine, miješanja i sabijanja u prešama, skraćivanja briketa na potrebnu dužinu, hlađenja i pakiranja gotovih briketa do skladištenja i distribucije. Na gustoću i čvrstoću briketa utječu sljedeći tehnološki faktori: vrsta materijala (sirovine koja se sabija), pritisak sabijanja, temperatura sabijanja, veličina čestica (usitnjenost) materijala te vlažnost ulaznog materijala (Šišić i sur., 2013.). Briketi mogu biti pravokutnog ili kružnog oblika (Slika 16.). Svojim sagorijevanjem ne djeluju štetno na okoliš, jer se ne oslobađa sumporni dioksid, a postotak pepela je od 0,5 do 7 % (Brkić, 2008.). Njihovu kvalitetu i upotrebljivost potvrđuje činjenica da se briketi koriste u zemljama s najrazvijenijim gospodarstvom, koja ulažu u ekološki prihvatljiva goriva i potiču građane na potrošnju isplativijih čistih biogoriva (Fabijanec, 2016.).



Slika 16. Briketi

Izvor: https://www.agroklub.com/sumarstvo/od-biomase-lokalnih-poljoprivrednika-do-peleta-i-briketa/38479/

2.6.2. Peleti

Za razliku od briketa koji nastaju jedan po jedan, u procesu peletiranja nastaje velik broj peleta u istom trenutku. Za njihovu izradu materijal treba biti homogen, samljeven u vrlo sitnu frakciju te se najčešće tretira vodenom parom (Šišić i sur., 2013.). Iako je proces peletiranja osmišljen za potrebe hranidbe životinja, zbog povećanja energije po jedinici zapremnine, usvojio se i za biomasu. Na taj se način olakšalo rukovanje, transport, skladištenje i smanjili su se troškovi. Peleti, zbog visoke ogrjevne vrijednosti, imaju veću efikasnost u procesu

izgaranja, koje je bolje u usporedbi s ogrjevnim drvom i drugim većim oblicima drvne biomase. Osim ogrjevne vrijednosti, karakteristična im je i niska vlažnost, velika gustoća te smanjenje emisija štetnih plinova (Jelčić, 2016.).

Mehanička prerada biomase u energiju, odnosno peletiranje predstavlja najisplativiji ekonomski i energetski način dobivanja energije. Za proizvodnju peleta utroši se od 1,5 do 2 % energije sadržane u njima samima, a ako se računa i energija utrošena za sušenje sirovine, onda je postotak od 7 do 10 % (Krička, 2010.). Proces proizvodnje peleta uključuje pripremu materijala (mljevenje, dodatak veziva, kondicioniranje), istiskivanje sirovine kroz matricu peletirke te hlađenje, da bi peleti postigli ravnotežnu temperaturu i vlagu (Brlek, 2013.). Dakle nakon sušenja, usitnjavanja i ujednačavanja vlage sirovine, slijedi proces peletiranja na preši za pelet (Šop, 2015.). U procesu peletiranja se usitnjava sirovina, koja se pod djelovanjem tlaka i temperature povezuje te pomoću valjka istiskuje kroz matricu peletirke (Brlek, 2013.). Matrica (Slika 17.) s potisnim valjcima, koja se nalazi na preši, predstavlja najvažniji radni dio u ovom procesu. Razlikuju se dva tipa matrice: ravna matrica i matrica u obliku prstena. Obje matrice u preši mogu biti pokretne ili nepokretne. Ukoliko je matrica pokretna, valjci ne dobivaju pogon, već se okreću zbog sile trenja od sirovine, a ako je nepokretna valjci se okreću po njoj (Šop, 2015.).



Slika 17. Matrice

Izvor: http://www.elektromotor-simon.com/proizvodi/delovi/matrice_rolne/

Više čimbenika utječe na kvalitetu peletiranja; od kemijskog sastava biomase, sadržaja vlage, veličine i oblika čestice do samog cjelokupnog procesa proizvodnje (Jelčić, 2016.). Proces peletiranja ima mnogo prednosti. Njime se sprječava gubitak materijala koji bi se dogodio truljenjem, omogućuje se lakše rukovanje i transport biomase, povećava se energetska gustoća, s istovremenim smanjenjem zapremnine i povećava se energetska vrijednost ostataka za njihovo daljnje korištenje u termokemijskim procesima (Šop, 2015.).

Krajnji proizvod su peleti (Slika 18.) i mogu biti cilindričnog oblika te različitog promjera, a to ovisi o otvorima na matrici (Brlek, 2013.). Jedan od važnijih faktora koji utječe na kvalitetu peleta je sadržaj vlage (Jelčić, 2016.). Sadržaj vlage u peletima je maksimalno 8 %, a udio vezivnih sredstava može biti najviše do 2 % (Labudović, 2012.).



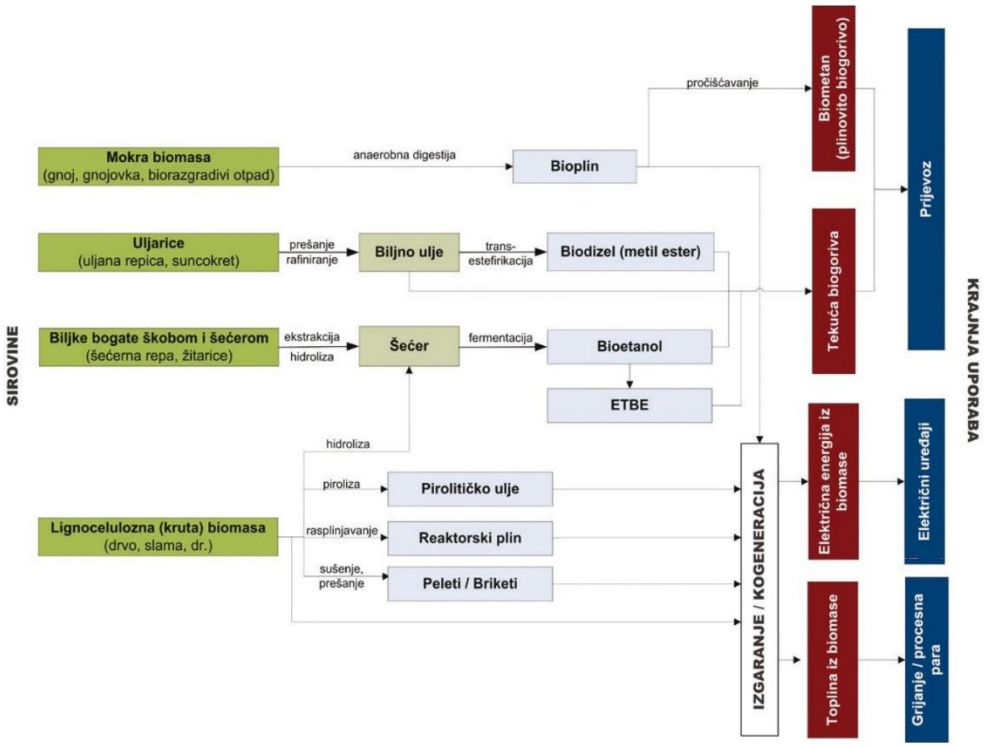
Slika 18. Peleti

Izvor: https://publicinsta.com/media/Bbc00EkgkID

2.7. Pretvorba biomase u energiju

Proizvodnje energije iz biomase i fosilnih goriva uvelike se razlikuju. CO_2 koji se oslobađa gorenjem fosilnih goriva bio je „zaključan“ milijunima godina u zemlji i jednako će joj toliko,

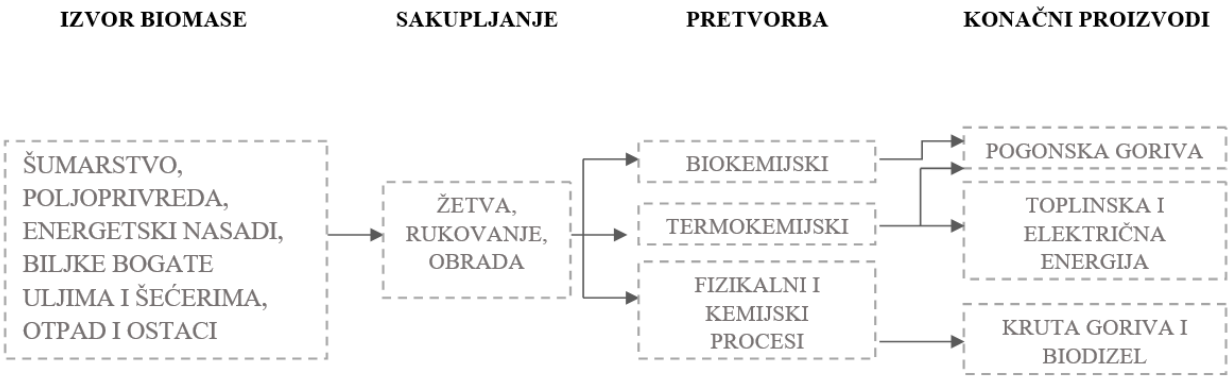
čak i mnogo više, trebati da ih vrati natrag. S druge pak strane, CO_2 koji nastaje spaljivanjem drvne biomase je onaj kojeg su biljke tijekom svog rasta apsorbirale i tim se procesom on vraća u atmosferu. Time, ukoliko je ciklus rasta i sječe održiv, ne dolazi do neto otpuštanja CO_2 (Šegon i sur., 2014.). Biomasu čini različit spektar sirovina, od kojih se na različite načine mogu dobiti toplinska i električna energija (Slika 19.). Osim dobivanja tih dviju energija na taj se, ekološki prihvatljiv način, zbrinjavaju i iskorištavaju otpad i ostaci iz šumarstva, prerade drva te poljoprivrede (Jurišić, 2016.). Na sam izbor procesa pretvaranja energije iz biomase utječu vrsta i kvantiteta sirovine, zahtjevi krajnjih potrošača, željeni oblik energije, okolišni standardi te ekonomski uvjeti (McKendry, 2002.).



Slika 19. Prikaz tehnologije proizvodnje energije iz biomase

Izvor: http://www.aebiom.org/

Energija iz biomase dobiva se biokemijskim i termokemijskim procesima. Biokemijskim procesima; fermentacijom i anaerobnom razgradnjom dobivaju se biogoriva (etanol, bioplin i biodizel), a termokemijskim procesima; pirolizom, rasplinjavanjem i gasifikacijom izravno se proizvodi energija. Isto tako, biomasa se može pretvarati u električnu energiju i/ili toplinsku energiju ili prerađivati u komercijalno pogodnije oblike energije (pelete, brikete i drveni ugljen) (Slika 20.). Nadalje, konverzijom biomase u energiju, odnosno bioenergiju, mogu se dobiti električna i/ili toplinska energija i transportna goriva (Jelčić, 2016.).



Slika 20. Tijek nastanka energije iz biomase

Izvor: Energetski institut Hrvoje Požar, Odjel za obnovljive izvore energije i energetsku efikasnost

Trenutno najzastupljeniji procesi energetske pretvorbe biomase su izravno sagorijevanje i proizvodnja biogoriva (biodizel i bioetanol). Ona se dobivaju preradom ili doradom biomase. S obzirom na oblik krajnjeg korištenja, biogoriva mogu biti kruta (peleti, briketi, sječka, bale), tekuća (bioetanol, biodizel, biometanol, ETBE) te plinovita (bioplin, plin iz rasplinjavanja biomase te deponijski plin). Također, biogoriva se mogu podijeliti i s obzirom na vrstu korištene biomase za proizvodnju istih – prva, druga i treća generacija goriva. Za proizvodnju prve generacije koriste se sirovine kojima je primarna namjena hrana za ljude (Bilandžija i sur., 2014.). Dok se kao primarna sirovina za proizvodnju druge generacije biogoriva, isključivo koriste ostaci poljoprivredne proizvodnje; oklasak, slama i sijeno, odnosno sirovine tzv. lignoceluloznog sastava (celuloza, lignin i hemiceluloza). No s korištenjem istih valja biti pažljiv. Naime, lignocelulozni ostaci predstavljaju i važnu sirovinu koja je vrlo bitna za očuvanje kvalitete tla, koja se njihovim nesmotrenim uklanjanjem, može ozbiljno ugroziti (Bilandžija, 2014.). Tip biomase je odlučujući čimbenik za odabir metode pretvorbe. Šumska biomasa - drvne sječke, piljevina i peleti se do električne energije provode putem procesa izgaranja ili rasplinjavanja. Kod pšenične slame i stočnog kukuruza se isto tako koristi proces izgaranja ili se za proizvodnju plina koristi proces anaerobne razgradnje. Kod ostale biomase u proizvodnji bio-ulja, koristi se piroliza (Jelčić, 2016.).

Mjera za određivanje sadržaja energije u gorivu je ogrjevna vrijednost (Jenkins i sur., 1998.). Izravan učinak na nju ima voda jer je ona dio goriva koji je nesagoriv i samim time je potrebna određena količina topline za njezino isparavanje (Francescato i sur., 2008.). Donja ogrjevna vrijednost (Hd) predstavlja toplinu oslobođenu u procesu izgaranja goriva, bez da se dodatno iskorištava toplina kondenzacije vodene pare. Gornja ogrjevna vrijednost (Hg) isto tako predstavlja toplinu oslobođenu u procesu izgaranja goriva, no u ovom slučaju se toplina

kondenzacije vodene pare iz dimnih plinova iskorištava. Dakle, gornja ogrjevna vrijednost predstavlja moguću energiju dobivenu izgaranjem nekog goriva (Labudović, 2012.).

Prema McKendry, (2002.); Garcia-Maraver i Perez-Jimenez, (2015.) biomasu se može pretvoriti u korisnu energiju putem sljedećih procesa:

- izravno izgaranje - najčešći način za dobivanje energije, korištenjem poljoprivrednog otpada i šumske biomase,

- rasplinjavanje (gasifikacija),

- piroliza - termokemijski proces brzog zagrijavanja biomase bez prisutstva kisika,

- anaerobna razgradnja - (digestija).

2.7.1. Izravno izgaranje

Najčešći način korištenja poljoprivrednog otpada i šumske biomase za dobivanje energije je proces izravnog izgaranja. Na taj način nastaju toplina i para, koja se sekundarnim tehnologijama pretvorbe pretvara u konačan proizvod, točnije toplinsku i/ili električnu energiju (McKendry, 2002.; Garcia-Maraver i Perez-Jimenez, 2015.). Proces izgaranja biomase predstavlja oksidaciju gorivih sastojaka. U tim različitim postupcima, odnosno različitim tehnologijama (izgaranje u peći, u kotlu, parnim turbinama, turbogeneratorima i drugima) gorivi se sastojci spajaju s kisikom iz zraka, pri čemu se kemijska energija, pohranjena u biomasi, oslobađa u obliku topline, mehaničke snage ili električne energije. Najboljom tehnologijom za proizvodnju električne energije, procesom izgaranja, smatraju se parne turbine (Milas, 2009.). Slika 21. prikazuje izravno izgaranje peleta u peći za pelete.



Slika 21. Peć na pelete

Izvor: http://www.ekomteh.com.hr/grijanje-proizvodnih-prostorija.html

Primarni pokazatelji kvalitativne vrijednosti biomase tijekom energetskog iskorištenja izgaranjem su energetski sastav i građa stanične stijenke biomase. Stoga se u kemijski sastav ubrajaju ogrjevne vrijednosti, gorive i negorive tvari, te makro i mikro elementi biomase, a pod građom stanične stijenke promatra se lignocelulozni sastav (Bilandžija i sur., 2014.).

Prema Labudović (2012.) izgaranje se dijeli na 6 osnovnih procesa:

1. Zagrijavanje – masa se zagrijava do temperature potrebne za odvijanje daljnjih procesa (100 °C),

2. Sušenje – na temperaturi 100 – 150 °C uklanja se zaostala vlaga,

3. Pirolitička razgradnja drva – procesu kojem se složeni ugljikovi spojevi razgrađuju na jednostavnije. Odvija se na temperaturi 150 – 130 °C i nastaju štetni spojevi katrana i ugljičnog monoksida te viši ugljikovodici.

4. Rasplinjavanje odvlaženih gorivih tvari – proces u kojem se termički razgrađuju gorive tvari u kojima više nema vlage. Odvija se na temperaturi 230 – 500 °C, uz prisutnost kisika te se oslobađa toplina koja istodobno služi za paljenje čvrstih i kapljevitih produkata pirolize, odnosno katrana i ugljena.

5. Rasplinjavanje čvrstih ugljikovih spojeva – odvija se na temperaturi 500 – 700°C, u prisutnosti CO_2, vodene pare i kisika te nastaje zapaljivi ugljikov monoksid. Istovremeno se oslobađa svjetlost, odnosno nastaje plamen.

6. Oksidacija zapaljivih plinova nastalih rasplinjavanjem - oksidacija zapaljivih plinova nastalih rasplinjavanjem u prethodnim fazama. Odvija se u reakcijskoj zoni ložišta, na temperaturi 700 – 1400 °C. Potrebno je dovođenje sekundarnog kisika kako bi se ostvarilo čisto i potpuno izgaranje.

Postoje dva načina izgaranja; potpuno i nepotpuno. U potpunom izgaranju svi gorivi sastojci potpuno oksidiraju do CO_2, H_2O i SO_2. S druge pak strane, u nepotpunom izgaranju dolazi samo do djelomične oksidacije u CO_2, H_2O i SO_2. U nepotpunom izgaranju nastaje manje toplinske energije, a razlog tome je nedovoljna količina kisika u ložištu ili zbog onemogućenog dotoka kisika u sve dijelove ložišta do čega dolazi zbog loše cirkulacije. Proces izgaranja se odvija u ložištu, postrojenju za transformaciju kemijske u unutarnju energiju. Tijekom tog procesa odvija se kemijska reakcija između ugljikovodika i kisika, a kao nusproizvod nastaju ugljikov dioksid, voda i toplina. Dalje se ta toplinska energija može transformirati u mehaničku energiju (Jelčić, 2016.).

Promiče se uporaba biomase kao obnovljivog izvora energije kako bi se postigli primjenjivi sustavi kontrole izgaranja održivog razvoja, kroz usklađivanje rastućih energetskih potreba sa zaštitom okoliša. Kao i svako drugo gorivo, i biomasa emitira određene onečišćujuće tvari iz sagorijevanja (Mladenović i sur., 2018.). Dakle, izgaranjem biomase i fosilnih goriva nastaju velike količine ugljikovog dioksida i brojnih drugih štetnih tvari, koje se u oba slučaja ne razlikuju. No, pri korištenju biomase kao goriva opterećenje atmosfere s CO_2 je zanemarivo zbog toga što je količina emitiranog CO_2 prilikom izgaranja jednaka količini apsorbiranog CO_2 tijekom rasta biljke (Krhen, 2012.).

2.8. Vrste potencijala

Potencijal obnovljivih izvora energije pa tako i biomase, može se promatrati kroz tri potencijala: teoretski, tehnički i energetski. Teoretski raspoloživi potencijal je prirodni potencijal obnovljivog izvora energije (Raguzin, 2011.). U slučaju biomase, predstavlja ukupnu količinu zemljine biomase koja je teoretski dostupna za proizvodnju bioenergije unutar temeljnih bioloških granica (Vis, 2010.). Tehnički potencijal predstavlja dio proizvodnog potencijala, koji se, uz prostorna i okolišna ograničenja, može koristiti pomoću raspoloživih tehnologija (Raguzin, 2011.). Dakle, dio je teorijskog potencijala, koji je dostupan u okviru strukturnih uvjeta s trenutnim tehnološkim mogućnostima. U tehnološke mogućnosti pripadaju tehnike berbe, infrastruktura i dostupnosti te tehnike obrade (Vis, 2010.). Energetski potencijal je dio tehničkog potencijala te utvrđenu raspoloživu količinu biomase prikazuje kroz energiju.

3. Pokušališta Jazbina i Šašinovec Agronomskog fakulteta u Zagrebu

3.1. Pokušalište Jazbina

Znanstveno-nastavno pokušalište Jazbina je vinogradsko-vinarsko pokušalište Agronomskog fakulteta u Zagrebu. U sastavu Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu djeluje već osamdeset godina, točnije od 1939. godine. Zbog svog smještaja na blagim padinama Medvednice, južne te jugozapadne strane i najviše točke na 302 metara nadmorske visine, odličan je izbor za voćarsku i vinogradarsku proizvodnju. Pokušalište je u nadležnosti Zavoda za vinogradarstvo i vinarstvo Agronomskog fakulteta. Osim istraživanja nastavnika i suradnika s tog Zavoda, provode se i interdisciplinarna istraživanja sa stručnjacima iz različitih područja povezanih s vinovom lozom i vinom. Dio je „Vinske ceste Grada Zagreba“. Sustavnom revitalizacijom objekta, obnovom gospodarske zgrade i sadnjom novih vinograda 1995. godine, Jazbina poprima današnji oblik te postaje neizostavan znanstveno-nastavni poligon svih studenata Fakulteta. U vinogradima Pokušališta su posađene sorte tog uzgojnog područja, međuvrsni križanci, stolne sorte, ali i mali matični nasadi s različitim loznim podlogama. S ciljem očuvanja, odnosno sprječavanja izumiranja preostalih hrvatskih sorti vinove loze, a ponajprije najugroženijih, u Jazbini je smještena „Nacionalna kolekcija autohtonih sorti vinove loze“. Ona broji oko 120 genotipova (http://www.agr.unizg.hr/).



Slika 21. Pokušalište Jazbina

Izvor: Google maps

3.2. Pokušalište Šašinovec

Znanstveno-nastavno pokušalište Šašinovec dio je Agronomskog fakulteta u Zagrebu od 2007. godine, kada mu je temeljem odluke Vlade Republike Hrvatske i potpisanim sporazumom, dodijeljeno. Jedna je od lokacija Fakulteta na kojoj se izvode pokusi za potrebe priznavanja novostvorenih sorti, odnosno hibrida poljoprivrednog bilja. Isto tako, profesori različitih zavoda s Fakulteta postavljaju pokuse, kao i studenti u suradnji s njima, radi provedbe različitih istraživanja, pisanja radova te odrađivanja prakse. Na Pokušalištu se obrađuje 76,8 hektara površine na kojoj se proizvodi sjeme kukuruza, ozimih i jarih pšenica, ječmova, zobi, soje, stočnog graška i drugih ratarskih kultura. Godišnje se u Pokušalištu doradi i zapakira od 300 do 500 tona sjemena (http://www.agr.unizg.hr/).



Slika 22. Pokušalište Šašinovec

Izvor: Google maps

4. Materijali i metode

4.1. Pokušalište Jazbina

U pokušalištu Jazbina vinova loza trenutno zauzima površinu od 9,257 hektara. Na toj površini se nalazi 28 sorti vinove loze i ukupno 34 992 trsa (Tablica 3.).

Tablica 3. Sorte, površina i broj trsova u vinogradu u Jazbini

Sorta	**Površina (ha)**	**Broj trsova**
Maraština	0,062	180
Debit	0,008	25
Vugava	0,076	231
Plavac mali	0,177	662
Plavina crna	0,227	914
Pošip bijeli	0,130	434
Frankovka	0,370	1425
Cabernet sauvignon	0,250	865
Dornfelder	0,080	270
Manzoni bijeli	0,240	930
Kraljica vinograda	0,060	185
Black magic	0,050	180
Graševina	1,185	6235
Portugizac	0,200	720
Petit verdot	0,140	500
Merlot	0,230	825
Zweigelt	0,300	1035
Kraljevina	0,502	1940
Syrah	0,150	500
Rajski lizling	0,100	400
Pinot bijeli	0,130	500
Pinot crni	0,250	925
Rizvanac	0,060	200
Muškat bijeli	0,060	250
Sauvignon	0,510	780
Traminac crveni	1,190	4638
Grk	0,120	481
Chardonnay	2,400	8762
UKUPNO	**9,257**	**34 992**

Teoretski, tehnički te energetski potencijal orezanih ostataka izračunat je temeljem literaturnih podataka o potencijalnoj količini biomase po trsu (kg), faktoru dostupnosti, donjoj ogrjevnoj vrijednosti (H_d), donjoj ogrjevnoj vrijednosti za vlagu tijekom rezidbe ($H_{d\ 15\%}$) te podataka o ukupnim površinama i broju trsova, koji su ustupljeni od voditelja pokušališta Jazbina. U izračunima će se uzeti u obzir postotak biomase koju je teoretski potrebno vraćati u tlo zbog održavanja plodnosti istog. S obzirom na to da se orezana biomasa sakuplja ručno, korišten je faktor dostupnosti 0,99 (99 %). Podaci potencijalno raspoložive biomase po trsu (r_o) za orezane ostatke vinove loze te udjelu vlage istih, preuzeti su iz literature Živković i sur. (2012.). Potencijalno raspoloživa biomasa po trsu (r_o) iznosi 0,96 kg, a udio vlage 15 %. Donja ogrjevna vrijednost (H_d), na temelju koje je izračunata ista s udjelom vlage od 15 % ($H_{d\ 15\%}$), preuzeta je iz literature Bilandžija i sur. (2012.) i iznosi 17,05 MJ/kg.

Teoretski potencijal orezane biomase izveden je prema sljedećoj formuli:

$$\textbf{Teo_pot} = r_o \times n$$

gdje je:

Teo_pot - teoretski potencijal orezane biomase [t]

r_o – potencijalna količina orezane biomase po trsu [kg]

n – broj trsova

Tehnički potencijal orezane biomase izveden je prema sljedećoj formuli:

$$\textbf{Teh_pot} = \text{Teo_pot} \times \text{FD}$$

gdje je:

Teh_pot - tehnički potencijal orezane biomase [t]

Teo_pot - teoretski potencijal orezane biomase [t]

FD – faktor dostupnosti (dostupnost biomase u odnosu na sustav prikupljanja)

S ciljem održavanja organske tvari u tlu u izračunu tehničkog potencijala definirana su tri scenarija:

Scenarij 1 – potencijal orezanih ostataka umanjen za 70 %,

Scenarij 2 – potencijal orezanih ostataka umanjen za 50 %,

Scenarij 3 – potencijal orezanih ostataka umanjen za 30 %.

Energetski potencijal orezane biomase je izveden prema sljedećoj formuli:

$$\mathbf{E_pot} = \text{Teh_pot} \times H_{dxy}$$

gdje je:

E_pot - energetski potencijal orezane biomase [TJ]

Teh_pot - tehnički potencijal orezane biomase [t]

H_d - donja ogrjevna vrijednost [MJ/t]

4.2. Pokušalište Šašinovec

4.2.1. Žetveni ostatci ratarskih kultura

Na temelju podataka dobivenih od voditelja pokušališta Šašinovec, o kulturama, površini i prinosu za razdoblje od 2015. do 2018. godine, izračunat je prosjek kolika je površina pod određenom kulturom u jednoj godini te prosječni prinos po hektaru, koji je korišten u daljnjem računanju. Dobiveni prosječni podaci su prikazani u Tablici 4.

Tablica 4. Površina, prinos i žetveni ostatak za pojedinu kulturu u Šašinovcu

Kultura	Površine (ha)	Prinos (t/ha)	Žetveni omjer	Žetveni ostatak (t/ha)
Ozima pšenica	12	5,267	1:1	5,267
Soja	19,3	3,050	1:2	6,100
Ozimi ječam	1	3,200	1:1	3,200
Jara zob	4,3	3,889	1:1	3,889
Jari ječam	2	2,968	1:1	2,968
Kukuruz	6,7	8,050	1:1	8,050

Teoretski, tehnički te energetski potencijal žetvenih ostataka izračunat je temeljem literaturnih podataka o, količine žetvenog ostatka pojedine kulture, faktoru dostupnosti, faktoru održivosti, donjoj ogrjevnoj vrijednosti (H_d), donjoj ogrjevnoj vrijednosti za vlagu tijekom sakupljanja ostataka ($H_{d\ xy\%}$) te podataka o ukupnim površinama i prinosu, koji su ustupljenim od voditelja pokušališta Šašinovec. U izračunima će se uzeti u obzir postotak biomase koju je teoretski potrebno vraćati u tlo zbog održavanja plodnosti istog. Žetveni omjer, odnosno potencijalna količina žetvenih ostataka (r_o), preuzet je iz literature Ivanović i Glavaš (2013.) i za sve kulture je iznosio 1 : 1, osim za soju, kod koje je 1 : 2. Za kukuruz je korišten faktor dostupnosti 0,30 (30 %) prema Petrolia, (2006.), za soju 0,40 (40 %) prema Martinov i sur., (2014.) te za ostale kulture 0,45 (45%) prema Schechingeru i Hettenhausu, (2004.). Podaci o udjelu vlage i donjoj ogrjevnoj vrijednosti (H_d) žetvene biomase za svaku kulturu preuzeti su iz literature Wieser i Milijić (2017.). Za sve kulture, osim kukuruza, udio vlage je iznosio 18 %, dok je za kukuruz bio 25 %. Donje ogrjevne vrijednosti (H_d) su sljedeće: za pšenicu i zob 14,40 MJ/kg, za soju 15,70 MJ/kg, za ječam 14,70 MJ/kg te za kukuruz 13,50 MJ/kg.

Teoretskoi potencijal žetvenih ostataka izveden je prema sljedećoj formuli:

$$\textbf{Teo_pot} = P \times r_o$$

gdje je:

Teo_pot - teoretski potencijal žetvenih ostataka [t]

P – ukupna površina pojedine kulture [ha]

r_o – potencijalna količina žetvenih ostataka [t/ha]

Tehnički potencijala žetvenih ostataka izveden je prema sljedećoj formuli:

Teh_pot = Teo_pot x FD / **Teh_pot** = Teo_pot x FO

gdje je:

Teh_pot – tehnički potencijal žetvenih ostataka [t]

Teo_pot – teoretski potencijal žetvenih ostataka [t]

FD – faktor dostupnosti (dostupnost biomase u odnosu na sustav prikupljanja)

FO – faktor održivosti (raspoloživa količina biomase uz zadovoljavanje potreba tla)

Za žetvene ostatke uzeti su u obzir postotci biomase koje je teoretski potrebno vraćati u tlo zbog održavanja plodnosti istog, a pri izračunu su definirana tri scenarija:

Scenarij 1 – potencijal žetvenih ostatka umanjen za 70 %,

Scenarij 2 – potencijal žetvenih ostatka umanjen za 50 %,

Scenarij 3 – potencijal žetvenih ostatka umanjen za 30 %.

Izračun **energetskog** potencijala žetvenih ostataka je izveden prema sljedećoj formuli:

E_pot = Teh_pot x H_{dxy}

gdje je:

E_pot - energetski potencijal žetvenih ostataka [TJ]

Teh_pot - tehnički potencijal žetvenih ostataka [t]

H_d - donja ogrjevna vrijednost [MJ/t]

4.2.2. Biomasa dobivena uvođenjem trave *Miscanthus x giganteus*

Teoretski, tehnički te energetski potencijal trave *Miscanthus x giganteus* izračunat je temeljem literaturnih podataka o prinosu, faktoru dostupnosti, donjoj ogrjevnoj vrijednosti (H_d), donjoj ogrjevnoj vrijednosti za vlagu tijekom žetve ($H_{d\ xy\%}$) te podataka o ukupnim površinama, koji su trenutno pod ugrom i djetelinom i ustupljeni su od voditelja pokušališta Šašinovec. Godišnje je na lokaciji pokušališta Šašinovec 39,5 hektara površine pod ugrom i djetelinom. Za žetvu trave *Miscanthus x giganteus* korišten je faktor dostupnosti 0,80 (80 %), preuzet iz literature Venturi i sur. (1998.). Podaci o prinosu trave *Miscanthus x giganteus* preuzeti su iz literature Bilandžija (2014.) i iznose 20 t/ha. Sadržaj vlage tijekom žetve u proljeće je 11,22 % prema literaturi Bilandžija i sur. (2013.), a donja ogrjevna vrijednost (H_d) 17,02 MJ/kg prema literaturi Jurišić i sur. (2012.).

Pri izračunavanju definirana su tri scenarija:

Scenarij 1 – iskorištavanje 10 % površine koja je trenutno pod ugrom i djetelinom,

Scenarij 2 – iskorištavanje 20 % površine koja je trenutno pod ugrom i djetelinom,

Scenarij 3 – iskorištavanje 30 % površine koja je trenutno pod ugrom i djetelinom.

Teoretski potencijala trave *Miscanthus x giganteus* je izveden prema sljedećoj formuli:

$$\mathbf{Teo_pot} = P \times r_o$$

gdje je:

Teo_pot - teoretski potencijal [t]

P – ukupna površina pojedine kulture [ha]

r_o – prinos [t/ha]

Tehnički potencijal trave *Miscanthus x giganteus* izveden je prema sljedećoj formuli:

$$\mathbf{Teh_pot} = Teo_pot \times FD$$

gdje je:

Teh_pot - tehnički potencijal [t]

Teo_pot - teoretski potencijal [t]

FD – faktor dostupnosti

Izračun **energetskog** potencijala trave *Miscanthus x giganteus* je izveden prema sljedećoj formuli:

$$\mathbf{E_pot} = \text{Teh_pot x } H_{dxy}$$

gdje je:

E_pot - energetski potencijal [TJ]

Teh_pot - tehnički potencijal [t]

H_d - donja ogrjevna vrijednost [MJ/t]

4.3. Izračun donje ogrjevne vrijednosti s pripadajućim udjelom vode u biomasi

Za izračun donje ogrjevne vrijednosti s pripadajućim udjelom vode u biomasi korištena je sljedeća formula:

$$\mathbf{Hdxy} = \frac{\text{Hd x } (100 - \text{M}) - 2{,}44 \text{ x M}}{100}$$

gdje je:

Hdxy - donja ogrjevna vrijednost za određeni udio vlage [MJ/t]

H_d - donja ogrjevna vrijednost izražena na suhu tvar [MJ/t]

M – postotak vlage [%]

5. Rezultati i rasprava

5.1. Potencijal rezidbenih ostataka pokušališta Jazbina

5.1.1. Teoretski potencijal

Teoretski potencijal orezane biomase dobiven je korištenjem, broja trsova u Jazbini te potencijalno raspoloživoj biomasi po trsu. Dakle, teoretski potencijal orezane biomase je umnožak potencijalno raspoložive biomase po trsu i broja trsova. Sukladno tome, dobiveni rezultat je prikazan u Tablici 5.

Tablica 5. Teoretski potencijal orezane biomase iz Jazbine

	Potencijalno raspoloživa biomasa po trsu (kg)	**Broj trsova**
	0,96	34 992
TEORETSKI POTENCIJAL (t)	**33,59**	

5.1.2. Tehnički potencijal

Na temelju rezultata teoretskog potencijala orezane biomase i faktora dostupnosti, dobiveni su rezultati za tehnički potencijal biomase. Korišten je faktor dostupnosti od 0,99, jer se orezani ostaci biomase sakupljaju ručno, faktori dostupnosti se temelje na tri scenarija (Tablica 6.).

Tablica 6. Tehnički potencijal orezane biomase iz Jazbine

	Faktor dostupnosti	**Teoretski potencijal biomase (t)**	***TEHNIČKI POTENCIJAL (t)***
Teh_pot $_{100\,\%}$	0,99	33,59	**33,25**
Teh_pot $_{70\,\%}$ *Scenarij 1*	0,30	33,59	**10,08**
Teh_pot $_{50\,\%}$ *Scenarij 2*	0,50	33,59	**16,79**
Teh_pot $_{30\,\%}$ *Scenarij 3*	0,70	33,59	**23,51**

5.1.3. Energetski potencijal

Na temelju rezultata tehničkog potencijala orezane biomase te donje ogrjevne vrijednosti za udio vlage od 15 %, dobiven je energetski potencijal za sva tri scenarija (Tablica 7.).

Tablica 7. Energetski potencijal orezanih ostataka iz Jazbine

	Tehnički potencijal (t)	**Donja ogrjevna vrijednost H_d (MJ/kg)**	**Donja ogrjevna vrijednost $H_{d15\%}$ (MJ/kg)**	***ENERGETSKI POTENCIJAL (TJ)***
E_pot 100 %	33,25	17,05	14,13	**0,5**
E_pot 70 % Scenarij 1	10,08	17,05	14,13	**0,1**
E_pot 50 % Scenarij 2	16,79	17,05	14,13	**0,2**
E_pot 30 % Scenarij 3	23,51	17,05	14,13	**0,3**

5.2. Potencijal žetvenih ostataka pokušališta Šašinovec

5.2.1. Teoretski potencijal

Teoretski potencijal žetvenih ostataka dobiven je korištenjem površine i žetvenih ostataka, točnije njihovim umnoškom. Podaci žetvenih ostataka dobiveni su na temelju žetvenog omjera koji je preuzet iz literature Ivanović i Glavaš (2013.). Dobiveni rezultat za svaku kulturu posebno, prikazani su u Tablici 8.

Tablica 8. Teoretski potencijal žetvenih ostataka iz Šašinovca

Kultura	**Površine (ha)**	**Žetveni ostatak (t/ha)**	***TEORETSKI POTENCIJAL (t)***
Ozima pšenica	12	5,267	**63,204**
Soja	19,3	6,100	**117,73**
Ozimi ječam	1	3,200	**3,200**
Jara zob	4,3	3,889	**16,723**
Jari ječam	2	2,968	**5,936**
Kukuruz	6,7	8,050	**53,935**

5.2.2. Tehnički potencijal

Na temelju rezultata teoretskog potencijala žetvenih ostataka i faktora dostupnosti, odnosno faktora održivosti, dobiveni su rezultati za tehnički potencijal biomase. Osim faktora dostupnosti na temelju literaturnih izvora, korišteni su i faktori na temelju tri scenarija postavljena u ovom radu. U Tablici 9. slijede rezultati.

Tablica 9. Tehnički potencijal žetvenih ostataka iz Šašinovca

Kultura	Teoretski potencijal (t)	Faktor dostupnosti	Faktor održivosti	TEHNIČKI POTENCIJAL (t)
Ozima pšenica	63,204	0,45		Teh_pot $_{100\,\%}$ = **28,442**
			0,30	Teh_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = **18,961**
			0,50	Teh_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = **31,602**
			0,70	Teh_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = **44,243**
Soja	117,73	0,40		Teh_pot $_{100\,\%}$ = **47,092**
			0,30	Teh_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = **35,319**
			0,50	Teh_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = **58,865**
			0,70	Teh_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = **82,411**
Ozimi ječam	3,200	0,45		Teh_pot $_{100\,\%}$ = **1,44**
			0,30	Teh_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = **0,96**
			0,50	Teh_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = **1,6**
			0,70	Teh_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = **2,24**
Jara zob	16,723	0,45		Teh_pot $_{100\,\%}$ = **7,525**
			0,30	Teh_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = **5,017**
			0,50	Teh_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = **8,362**
			0,70	Teh_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = **11,706**
Jari ječam	5,936	0,45		Teh_pot $_{100\,\%}$ = **2,671**
			0,30	Teh_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = **1,781**
			0,50	Teh_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = **2,968**
			0,70	Teh_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = **4,155**
Kukuruz	53,935	0,30		Teh_pot $_{100\,\%}$ = **16,181**
			0,30	Teh_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = **16,181**
			0,50	Teh_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = **26,968**
			0,70	Teh_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = **37,755**

5.2.3 Energetski potencijal

Energetski potencijal žetvenih ostataka izračunat je na temelju tehničkog potencijala i donje ogrjevne vrijednosti s određenim udjelom vlage. Kao i tehnički potencijal, i energetski je izračunat, i u Tablici 10. prikazan, na temelju scenarija postavljenih u ovom radu.

Tablica 10. Energetski potencijal žetvenih ostataka iz Šašinovca

Kultura	**Donja ogrjevna vrijednost H_d (MJ/kg)**	**Donja ogrjevna vrijednost $H_{dxy\%}$ (MJ/kg)**	**Tehnički potencijal (t)**	**ENERGETSKI POTENCIJAL (TJ)**
Ozima pšenica	14,40	18 % = 11,3688	Teh_pot $_{100\,\%}$ = 28,442 Teh_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = 18,961 Teh_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = 31,602 Teh_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = 44,243	E_pot $_{100\,\%}$ = **0,323** E_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = **0,216** E_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = **0,359** E_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = **0,503**
Soja	15,70	18 % = 12,4348	Teh_pot $_{100\,\%}$ = 47,092 Teh_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = 35,319 Teh_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = 58,865 Teh_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = 82,411	E_pot $_{100\,\%}$ = **0,586** E_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = **0,439** E_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = **0,732** E_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = **1,023**
Ozimi ječam	14,70	18 % = 11,6148	Teh_pot $_{100\,\%}$ = 1,44 Teh_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = 0,96 Teh_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = 1,6 Teh_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = 2,24	E_pot $_{100\,\%}$ = **0,017** E_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = **0,011** E_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = **0,019** E_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = **0,026**
Jara zob	14,40	18 % =11,3688	Teh_pot $_{100\,\%}$ = 7,525 Teh_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = 5,017 Teh_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = 8,362 Teh_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = 11,706	E_pot $_{100\,\%}$ = **0,086** E_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = **0,057** E_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = **0,095** E_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = **0,130**
Jari ječam	14,70	18 % = 11,6148	Teh_pot $_{100\,\%}$ = 2,671 Teh_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = 1,781 Teh_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = 2,968 Teh_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = 4,155	E_pot $_{100\,\%}$ = **0,031** E_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = **0,021** E_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = **0,035** E_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = **0,049**
Kukuruz	13,50	25 % = 9,515	Teh_pot $_{100\,\%}$ = 16,181 Teh_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = 16,181 Teh_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = 26,968 Teh_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = 37,755	E_pot $_{100\,\%}$ = **0,150** E_pot $_{70\,\%}$ Scenarij 1 = **0,150** E_pot $_{50\,\%}$ Scenarij 2 = **0,260** E_pot $_{30\,\%}$ Scenarij 3 = **0,360**

5.3. Potencijal trave *Miscanthus x giganteus* na pokušalištu Šašinovec

5.3.1. Teoretski potencijal

Teoretski potencijal trave *Miscanthus x giganteus* baziran je na 10 %, 20 % i 30 % iskorištenja površine koja je trenutno pod ugrom i djetelinom. Teoretski potencijal na temelju iskorištavanja određenog postotka dostupne površine prikazan je u Tablici 11.

Tablica 11. Teoretski potencijal trave *Miscanthus x giganteus* baziran je na 10 %, 20 % i 30 % iskrištenja površine koja je pod ugrom i djetelinom

Površina (ha)	**Prinos (t/ha)**	**Teoretski potencijal (t)**
3,95	20	**79**
7,9	20	**158**
11,85	20	**237**

5.3.2. Tehnički potencijal

Na temelju rezultata teoretskog potencijala trave *Miscanthus x giganteus* i faktora dostupnosti, dobiveni su rezultati za tehnički potencijal iste. Tehnički potencijal za sva tri scenarija prikazan je u Tablici 12.

Tablica 12. Tehnički potencijal trave *Miscanthus x giganteus* baziran je na 10 %, 20 % i 30 % iskrištenja površine koja je pod ugrom i djetelinom

	Faktor dostupnosti	**Teoretski potencijal (t)**	***TEHNIČKI POTENCIJAL (t)***
Scenarij 1	0,80	79	**63,2**
Scenarij 2	0,80	158	**126,4**
Scenarij 3	0,80	237	**189,6**

5.3.3. Energetski potencijal

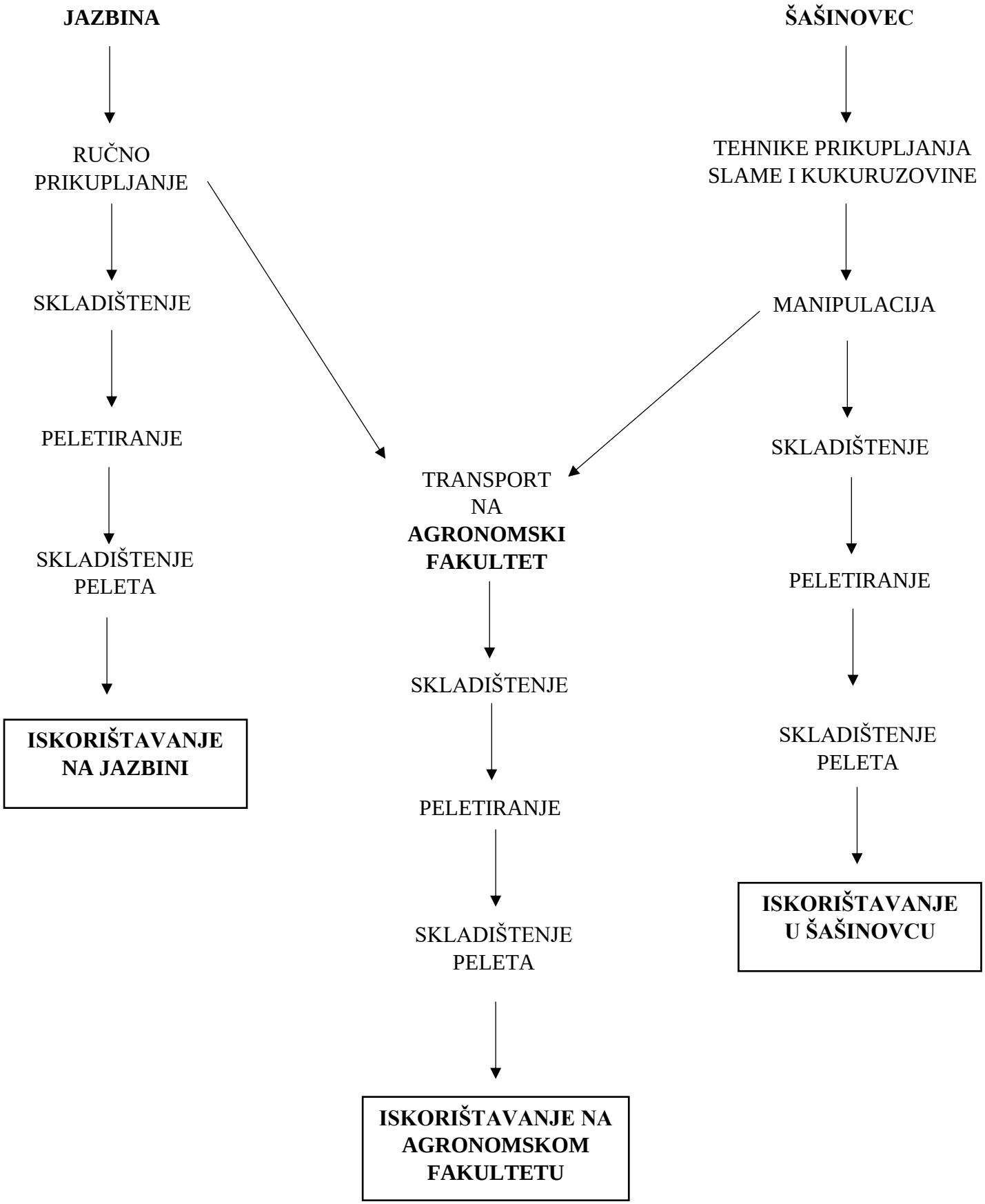
Energetski potencijal trave *Miscanthus x giganteus* izračunat je na temelju tehničkog potencijala i donje ogrjevne vrijednosti s određenim udjelom vlage. Kao i tehnički potencijal, i energetski je izračunat i u Tablici 13. prikazan na temelju scenarija postavljenih u ovom radu.

Tablica 13. Energetski potencijal trave *Miscanthus x giganteus* baziran je na 10 %, 20 % i 30 % iskrištenja površine koja je pod ugrom i djetelinom

	Tehnički potencijal (t)	**Donja ogrjevna vrijednost H_d (MJ/kg)**	**Donja ogrjevna vrijednost $H_{d11,22\%}$ (MJ/kg)**	***ENERGETSKI POTENCIJAL (TJ)***
Scenarij 1	63,2	17,02	14,83	**0,9**
Scenarij 2	126,4	17,02	14,83	**1,9**
Scenarij 3	189,6	17,02	14,83	**2,8**

5.4. Modeli korištenja biomase za potrebe Agronomskog fakulteta u Zagrebu

Iz izračuna je vidljivo da Agronomski fakultet u Zagrebu na svojim pokušalištima godišnje ima određeni potencijal energije u vidu biomase. Predlažu se dva modela korištenja biomase na Agronomskom fakultetu (Slika 23.).



Slika 23. Shematski prikaz modela iskorištavanja biomase

Prvi model bi uključivao iskorištavanje biomase unutar samog pokušališta na kojemu je i proizvedena. Orezana biomasa na pokušalištu u Jazbini se sakuplja ručno. Nakon toga bi se trebalo osigurati skladištenje sakupljene biomase, dok se ne bi proveo proces peletiranja iste. Naravno, skladištenje prikupljene biomase zahtijeva puno više mjesta, nego što je potrebno za skladištenje peleta. Stoga bi bilo jako dobro kada bi se sam proces peletiranja mogao odraditi u što kraćem vremenu, nakon sakupljenih ostataka. Dobiveni peleti bi se mogli koristiti za proizvodnju toplinske energije izravnim sagorijevanjem. Isto tako se prikupljeni žetveni ostaci na pokušalištu Šašinovec mogu tamo i iskoristiti. Nakon prikupljanja i baliranja slame i kukuruzovine, određenom mehanizacijom tu biomasu u obliku bala je bitno kvalitetno skladištiti. Manipulacija bala se obavlja pomoću traktora, odgovarajučeg priključka i prikolica, ovisno o veličini samih bala. Isto kao i u Jazbini, i u Šašinovcu bi bilo idealno kada bi se proces peletiranja obavio u što kraćem roku, budući da biomasa u obliku bala zahtijeva puno više mjesta za skladištenje nego peleti, koji bi se u Šašinovcu mogli, izravnim sagorijevanjem, iskoristiti za proizvodnju toplinske energije. Drugi model iskorištavanja biomase s pokušališta uključuje transport orezanih ostataka iz Jazbine te žetvenih ostataka iz Šašinovca na Agronomski fakultet. To znači da bi se na lokaciji Fakulteta morao osigurati prostor za skladištenje 307,85 tona orezane biomase te 88,377 tona žetvenih ostataka. Isto tako, potrebno je osigurati uvjete za proizvodnju peleta, koji bi se koristili za proizvodnju energije na samom Fakultetu. Naravno proces peletiranja, izvodio se na pokušalištima ili samom Fakultetu, mora biti odrađen u pravilnim uvjetima, s određenom vlagom, kako bi kvaliteta peleta bila neupitna te se iskoristio cijeli energetski potencijal koji biomasa ima. Bez obzira na to koji model bio odabran, u svakom slučaju bi bio od velikog doprinosa u očuvanju okoliša i održivog razvoja općenito.

6. Zaključak

U ovome radu prikazana su tri potencijala (teoretski, tehnički i energetski) orezane biomase i žetvenih ostataka na pokušalištima Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Na pokušalištu Jazbina Agronomski fakultet ima na raspolaganju ima približno 33,5 tone orezane biomase, a na Šašinovec približno 260 tona žetvenih ostataka godišnje. Ukoliko bi se koristio prvi predloženi model, odnosno da bi se biomasa iskorištavala na onom pokušalištu na kojem je i proizvedena, Jazbina bi na korištenje imala biomasu energetskog potencijala od 0,5 TJ, a Šašinovec 1,2 TJ. Ukoliko bi se biomasa, nakon ručnog prikupljanja iz Jazbine te nakon strojnog prikupljanja i manipulacije iz Šašinovca, transportirala na Agronomski fakultet, isti bi imao na raspolaganju biomasu ukupnog energetskog potencijala od 1,7 TJ. Također, utvrđena je i potencijalna dostupnost biomase trave *Miscanthus x giganteus* bazirana na iskorištavanju 10 %, 20 % i 30 % površina koje su trenutno pod ugrom i djetelinom na pokušalištu Šašinovec. Prema izračunima, energetski potencijal kod iskorištavanje 10 % površine je 0,9 TJ, za iskorištavanje 20 % površine 1,9 TJ te za 30 % površine 2,8 TJ.

6. Popis literature

1. AEBIOM Statistical report - European Bioenergy Outlook (2015). European Biomass Association. http://www.aebiom.org/wp-content/uploads/2016/02/AEBIOM-Annual-Report-2015.pdf.

2. B.M. Jenkins, L.L. Baxter, T.R. Miles Jr., T.R. (1998). Miles Combustion properties of biomass. 54: 17 - 46.

3. Bilandžija N. (2014). Perspektiva i potencijal uzgoja kulture *Miscanthus x giganteus* u Republici Hrvatskoj. Inženjerstvo okoliša. 1: 81 – 87.

4. Bilandžija N., Jurišić V., Leto J., Matin A., Voća N. (2013). Energetske karakteristike trave *Miscanthus x giganteus* kao CO_2-neutralnog goriva. 48. hrvatski i 8. međunarodni simpozij agronoma. Dubrovnik.

5. Bilandžija N., Jurišić V., Voća N., Leto J., Matin A., Antonović A., Krička T. (2016.) Lignocelulozni sastav trave *Miscanthus x giganteus* u odnosu na različite tehnološke i agroekološke uvjete.

6. Bilandžija N., Leto J., Fabijanić G., Sito S., Smiljanović I. (2017). Tehnike žetve poljoprivrednih energetskih kultura. Glasnik zaštite bilja 4.

7. Bilandžija N., Sito S., Josipović G. (2016). Suvremena tehnika za prikupljanje orezane biomase u svrhu energetskog iskorištenja Pregledni rad. Zbornik radova 44. međunarodnog simpozija iz područja mehanizacije poljoprivrede. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Zagreb

8. Bilandžija N., Voca N., Kricka T., Matin A., Jurisic V. (2012). Energy potential of fruit tree pruned biomass in Croatia. Spanish Journal of Agriculture Research 10 (2), ISSN: 1695 – 971 - X, pp. 292 - 298.

9. Brlek T. (2013). Utjecaj čimbenika peletiranja na goriva svojstva komine masline. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Zagreb.

10. Carley M., Christie J., (1993). Managing Sustainable Development. University of Minnesota Press, Minneapolis.

11. Caslin B., Finnan J., McCracken A. (2010). Miscanthus best practice guidelines. Belfast, Ireland.

12. Clair S.S., Hillier J., Smith P. (2008). Estimating the pre-harvest greenhouse gas costs of energy crop production. Biomass and Bioenergy 32: 442 – 452.

13. CRES (2006). Final Report – European Miscanthus Network AIR–CT–92–0294., Greece

14. Čakija A. (2007). Značaj poljoprivrede u korištenju obnovljivih izvora energije. Zbornik radova, II stručni skup s međunarodnim sudjelovanjem: Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj (energija biomase, bioplina i biogoriva). Hrvatska gospodarska komora, Zagreb.

15. Dalianis C.D., El Bassam N. (1998). Giant reed. Energy plant species, James & James Sci pub. Ltd. London. 150 – 155.

16. Darr M. (2012). Industrial harvesting of corn stover as a biomass feedstock Agricultural and Biosystems Engineering, Iowa State University.

17. Davis S., Parton W., Dohleman F., Smith C., Grosso S., Kent A., DeLucia E. (2010). Comparative biogeochemical cycles of bioenergy crops reveal nitrogen-fixation and low greenhouse gas emissions in a *Miscanthus* × *giganteus* agro-ecosystem. Ecosystems, 13: 144 – 156.

18. Dobri poljoprivredni i okolišni uvjeti (2012). Poljoprivredna savjetodavna služba. Zagreb. http://www.bilje.hr/POLJOPRIVREDA/AgBase_4/PDF/letak_visestruka2.pdf.

19. Dominis Ž. (2006). Posljedice stupanja na snagu protokola iz Kyota. 125 – 139.

20. Drvodelić D. (2015). Podizanje energetskih nasada za proizvodnju biomase. Gospodarski list 22, 39 - 49.

21. Đonlagić M. (2005). Energija i okolina. Printcom – Tuzla, Bosna i Hercegovina.

22. EC (2006). Commission of the European Communities, Communication from the Commission An EU Strategy for Biofuels. COM 34 final.

23. El Bassam N, Huisman W (2001). Harvesting and storage of Miscanthus. In: Miscanthus for Energy and Fibre (eds Jones MB, Walsh M), James and James (Science publishers) Ltd, London. 86 – 108.

24. El-Bassam N. (1996). Performance of C4 plant species as energy sources and their possible impact on environment and climate. In: Chartier P., Ferrero G.L., Henius U.M., Hultberg S., Sachau J., Wiinblad M. (eds), Biomass for Energy and Environment.

25. Eldabbagh F., Ramesh A., Hawari J., Hutny W., Kozinski J.A. (2015). Particle-metal interactions during combustion of pulp and paper biomass in a fluidized bed combustor; Combustion and Flame 142, 249 - 257.

26. Energetski institut Hrvoje Požar, Odjel za obnovljive izvore energije i energetsku efikasnost (2013). https://www.menea.hr/wp-content/uploads/2013/12/7_biomasa.pdf.

27. Energija u Hrvatskoj (2014). Godišnji energetski pregled. Republika Hrvatska, Ministarstvo gospodarstva. http://www.mingo.hr/public/energetika/Energija_RH_2014.pdf.

28. Energija u Hrvatskoj (2017). Godišnji energetski pregled. Republika Hrvatska, Ministarstvo gospodarstva. http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2019/03/Energija2017_final.pdf

29. Engineering aspects of collecting corn stalk for bioenergy, Biomass and bioenergy, vol. 25

30. Europska komisija (2015). Izvješće o napretku u području obnovljive energije. (2015/293(COM). Bruxelles. http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2015/HR/1-2015-293-HR-F1-1.PDF.

31. Europski revizorski sud (2018). Obnovljiva energija za održiv ruralni razvoj: znatan potencijal za sinergiju koji uglavnom ostaje neiskorišten.

32. Eurostat (2016). http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_ind_335a&lang=en.

33. Field C.B., Campbell J.E., Lobell D.B. (2008). Biomass energy: the scale of the potential resource. Trends in Ecology&Evolution. 23(2): 65 - 72.

34. Francescato V., Antonini E., Zuccoli Bergomi L. (2008): Priručnik o gorivima iz drvne biomase. Regionalna energetska agencija Sjeverozapadne Hrvatske, Zagreb. http://www.regea.org/assets/files/objavilismo2012/D32_Biofuel_hanbook_REGEA.pdf

35. Garcia R., Pizarro C., Lavín A.G., Bueno J.L. (2012). Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. Bioresour Technol. 103: 249 - 258.

36. Graham R.I., Nelson R., Sheehan J., Perlack R.D., Wright L.I. (2007). Current and potential U.S. corn stover suplies: Agronomy Journal 99, 1 - 11.

37. Gray K.A., Zhao L., Emptage M. (2006). Bioethanol. Curr. Opin. Chem. Biol. 10: 141-146.

38. Hodgson E.M., Fahmi R., Yates N., Barraclough T., Shield I., Allison G., Bridgwater A.V., Donnison I.S. (2010). Miscanthus as a feedstock for fast-pyrolysis: Does agronomic treatment affect quality? Bioresurce Tehnology, 101: 6185 - 6191.

http://oie.mingo.hr/UserDocsImages/OIE%20Uvod%20prezentacija.pdf.

39. Iličković, Z. (2014). Biogoriva. Tuzla. Univerzitet u Tuzli.

40. Ivanović M., Glavaš H. (2013). Potencijal i mogućnosti korištenja biomase iz ratarske, voćarske i vinogradarske proizvodnje u energetske svrhe na području regije Slavonije i Baranje. Sveučilište J. J. Strossmayera, Osijek.

41. J. Fabijanec (2016). Proizvodnja i uporaba čvrstih biogoriva - studija slučaja Turopolje. Diplomski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu - Šumarski odsjek.

42. Jakovac, P. (2010). Važnost električne energije i osvrt na reformu elektroenergetskog sektora u Europskoj uniji i Republici Hrvatskoj.

43. Janić T., Milenković B., Brkić M., Janjatović Z., Pavlović D., Vurdelja J., Tot I. (2012): Energetska efikasnost i analiza potencijala biomase. Novi Sad, http://biomasa.undp.org.rs/download/5_UNDP_STUDIJA_GOLUBAC_SRB.pdf

44. Jelčić B. (2016).: Energetski potencijal peleta proizvedenih iz poljoprivredne biomase u Hrvatskoj. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Zagreb.

45. Jenkins G. D., Mitra A., Gupta N., Shaw J.D. (1998). Financial Incentives Related to Performance? A Meta-Analytic Review of Empirical Research. Journal of Applied Psychology Vol. 83, No. 5, 777 – 787.

46. Jurišić V., Bilandžija N., Krička T., Leto J., Matin A., Kuže I. (2014). Fuel properties' comparison of allochtonous *Miscanthus x giganteus* and autochtonous Arundo donax L.: a case study in Croatia. Agriculturae Conspectus Scientificus, 79: 7 - 11.

47. Jurišić V., Krička T., Matin A., Bilandžija N., Antonović A., Voća N., Torić T. (2016). Proizvodnja energije i proizvoda dodane vrijednosti pirolizom koštica trešnje i višnje.

48. Keene J.R., K.J. Shinners, L.J. Hill, A.J. Stallcop, S.J. Wemhoff, H.D. Anstey, A. J. Bruns and J.K. Johnson. (2013). Single-pass baling of corn stover. Transactions of the ASABE. 56(1): 33 - 40.

49. Koçar G., Civaş N. (2013). An overview of biofuels from energy crops: Current status and future prospects. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 28: 900-916.

50. Kocsis L., Hudoba Z., Vojtela T. (2010). Investigation of the maize stalk gathering for energetic use. Hungarian Institute of Agricultural Engineering.

51. Krhen P. (2012): Energetsko iskorištavanje šumske biomase u Hrvatskoj. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko- naftni fakultet. Zagreb.

52. Krička T., Kiš D., Jurišić V., Bilandžija N., Matin A., Voća N. (2014.). Ostaci poljoprivredne proizvodnje kao visokovrijedni "zeleni" energent u istočnoj Hrvatskoj. Poljoprivreda i šumarstvo kao proizvođači obnovljivih izvora energije. Hrvatska Akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb.

53. Krička T., Voća N., Tomić F., Janušić, V. (2007). Experience in production and utilization of renewable energy sources in EU and Croatia. U: Tucu, D. (ur.) Conference Proceedings. Sibiu, Rumunjska, Politechnica Faculty Temisoara, 203 - 210.

54. Labudović B. (2012). Osnove primjene biomase. Energetika marketing. Zagreb.

55. Lemus R., Parrish D.J. (2009). Herbaceous crops with potential for biofuel production in the USA; Persp. Agr. Veter. Sci. Nutr. Nat. Res. 4, 1 - 23.

56. Lendler M. (2018). Mogućnosti korištenja industrijskih ostataka važnijeg koštuničavog voća procesom pirolize u svrhu dobivanja energije. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Zagreb

57. Leto J., Bilandžija N. (2013). Rodnost energetske trave *Miscanthus x giganteus* u 1. godini na različitim lokacijama. Zbornik radova, 48. hrvatskog i 8. međunarodnog simpozija agronoma, p. 55 – 59.

58. Lewandowski I., Clifton-Brown J.C., Scurlock J.M.O., Huisman W. (2000). Miscanthus: European experience with a novel energy crop, Biomass Bioenerg. 19: 209 – 227.

59. Lewandowski I., Kicherer A., Vonier P. (1995). CO_2 – balance for the cultivation and combusion of Miscanthus; Biomass and Bioenergy 8, 81 - 90.

60. Lorenzini G., Biserni C., Flacco G. (2010). Solar Thermal annd Biomass Energy. Universitiy of Bologna. Italy.

61. Martinov M., Djordje Dj. (2014). Status of Bioenergy and Use of Crop Residues in Serbia. Use of agricultural residues for bioenergy 25th-26th September 2014, Kiev, Ukraine.

62. Mathanker S. K., Hansen, A.C. (2014). Harvesting system design and performance. In Shastri Y.K., Hansen A.C., Rodriguez L.F., Ting K.C. (2011). Biomass Feedstock Production Engineering. New York, N.Y.: Springer. 23. Brownell and Liu, 85 – 139.

63. Matić S., Maceljski M., Krička T., Tomić F., Dundović J., Anić I. (2007). Zbornik radova znanstvenog skupa Poljoprivreda i šumarstvo kao proizvođači obnovljivih izvora energije. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo. Zagreb.

64. McKendry P. (2002). Energy production from biomass (part 3): gasification technologies. Bioresource Technology 83, 55 - 63.

65. McKendry P. (2002). Energy production from biomass (part1): overview of biomass. Bioresource Technology 83, 37 - 46.

66. Meehan P, Mcdonnell K, Finnan J (2011). Establishment of an optimum harvest window and pre-harvest treatment of Miscanthus. In: Biomass and Energy Crops IV (eds Booth E, Halford N, Shield I, Taylor G, Turley D, Voigt T), Association of Applied Biologists, Champaign, Illinois. 213 – 219.

67. Milas P. (2009). Termički procesi pretvorbe biomase za dobivanje električne energije. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Zagreb.

68. Mladenović M., Paprika M., Marinković A. (2018): Denitrification techniques for biomass combustion, 3350 - 3364.

69. Olsen P.O., Plackett D.V. (1999). Perspetives on the performance of natural plant fibres. Proceedings of the International Conference Natural Fibres Performance Forum. May 27 – 28. Copenhagen, Denmark.

70. Perez-Jimenez J.A. (2015). Biomass Pellet-Fired Boilers. U Garcia-Maraver J.A.

71. Perez-Jimenez J.A. (2015). Biomass Pelletization - Standards and Production Southampton, Boston: WIT Press. 67 – 82.

72. Petrolia D. R. (2006). The Economics of Harvesting and Transporting Corn Stover for Conversion to Fuel Ethanol: A Case Study for Minnesota. Department of Applied

Economics College of Food, Agricultural, and Natural Resource Sciences University of Minnesota, Staff Paper P 6 - 12.

73. Predojević Z. (2010). Postupci pripreme lignocelulozne sirovine za dobivanje bietanola. Stručan rad. Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novome Sadu, Novi Sad. 64: 283 – 310.
74. Radeljak P., Pejnović D. (2008). Utjecaj turizma na održivi razvoj funkcionalne regije Nacionalnog parka Krka, Godišnjak Titius 1 (1), 329-361.
75. Radovanović M., Stanojević G., Stojiljković D., Jerenić N. (1995). Laki biobriketi – nova tehnologija, Zbornik radova "Biomasa", IPP "Mladost", Ekološki pokret Jugoslavije Beograd, 177 - 189.
76. Raguzin I. (2013). Model analize troškova i dobiti uporabe biomase u proizvodnji električne energije. Magistarski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu. Slavonski Brod.
77. Report of the World Commission on Environment and Development (WCED): Our Common Future (2011)., http:// www. un-documents.net/wced-ocf.htm.
78. Schechinger T.M., J. Hettenhaus. (2004). Corn stover harvesting: Grower, custom operator, and processor issues and answers – report on corn stover harvest experinces in Iowa and Wisconsin for the 1997 – 97 and 1998 – 99 crop years. ORNL/SUB0404500008274-01. NTIS, Springfield, VA.
79. Sito S., Ivančan S., Bilandžija N., Mucalo A. (2010): Strojevi za zbrinjavanje rozgve u vinogradu. Glasnik zaštite bilja, Vol. 33.
80. Sokhansanj S.,Turhollow A., Cushman J., Cundiff J. (2002). Engineering aspects of collecting corn stover for Bioenergy, Biomass and Bioenergy, 5, 347 - 355.
81. Somervile C. (2006). The billion ton biofuel vision. Science 312, 1277.
82. Spinelli R., Magagnotti N., Nati C. (2010). Harvesting vineyard pruning residues for energy use. Biomass Bioenergy 115: 316 - 322.
83. Spinelli R., Magagnotti N., Nati C., Cantini C., Sani G., Picchi G., Biocca M. (2011). Integrating olive grove maintenance and energy biomass recovery with a single-pass pruning and harvesting machine. Biomass and bioenergy, 35: 808 – 813.
84. Spinelli R., Pincchi G. (2009). Industrial harvesting of olive tree pruning residue for energy biomass. Bioresource Technology 101, 2010: 730 – 735.

85. Stanić A. (2019). Županijski pregled raspoloživosti važnijih tipova poljoprivredne biomase u Hrvatskoj za proizvodnju energije. Završni specijalistički rad. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Zagreb.

86. Strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske. (2009). Hrvatski sabor. NN, 130/09.

87. Šegon V., Šimek T., Oradini A., Marchetti M. (2014). Priručnik za učinkovito korištenje biomase. Klinger d.o.o., Zagreb.

88. Šimić Z. (2010): Obnovljivi izvori energije. Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija. Osijek.

89. Šišić I., Ćehajić A., Rekanović S. (2013). Istraživanje optimalnih rješenja valorizacije poljoprivredne biomase u energetske i druge svrhe. Univerzitet u Bihaću. 9th International Scientific Conference on Production Engineering development and modernization of production.

90. Šljivac D. (2008). Obnovljivi izvori energije: Energija biomase. Osijek. http://www.tfb.uklo.edu.mk/materials/download/70dbe36eb04e3c3f9e17cc4159f5184.

91. Šljivac D., Šimić Z. (2009). Obnovljivi izvori energije: Najvažnije vrste, potencijal i tehnologija. http://oie.mingorp.hr/UserDocsImages/OIE%20Tekst.pdf.

92. Šop M. (2015). Stroj za izradu peleta od biomase. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje. Zagreb.

93. Thomsen A.B., Rasmussen S., Bohn V., Vad Nielsen K., Thygesen, A. (2005). Hemp raw materials: The effect of cultivar, growth conditions and pretreatment on the chemical composition of the fibres. Risø-Report. Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark.

94. Tilman D., Hill J., Lehman C. (2006). Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass. Science 314: 1598 – 1606.

95. Ured za publikacije Europske unije (2017). Oblikovanje budućnosti energije u Europi: čista, pametna i obnovljiva. Luxembourg. EEA signali. Luxembourg.

96. Velázqez-Martí B., Fernández-González E. (2009). Analysis of the process of biomass harvesting with collectimg-chippers fed by pick up headers in plantation of olive trees biosystems engineering 104: 184 – 190.

97. Venturi P, Huisman W, Molenaar J. (1998). Mechanization and costs of primary production chains for *Miscanthus x giganteus* in the Netherlands. Journal of Agricultural Engineering Research, 69: 209 – 215.
98. Vis M. W., van der Berg D. (2010): Harmonization of biomass resource assessments, Volume I, Best Practices and Methods Handbook; Biomass Energy Europe
99. Vukadinović V. (2014). Zaoravati ili spaljivati žetvene ostatke. Neformalna savjetodavna služba.
100. Vukadinović V., Vukadinović V. (2016). Tlo, gnojidba i prinos, Što sve poljoprivrednik mora znati o tlu, usjevu, gnojidbi i tvorbi prinosa. Vlastita naklada, elektroničko izdanje, Osijek.
101. Wilhelm W.V., Johnson J.M.F., Hatfield J.L., Vorhees W.B., Linden D.R. (2004). Crop and soil productivity response to crop residue management: a literature review; Agronomy Journal 96, 1 - 17.
102. Zelenović Vasiljević T., Cupara D.,Radukin-Kosanović A., Marić R., Tomin Rutar T. (2011). Potencijali i mogućnosti briketiranja otpadne biomase iz NP „Fruška gora“.
103. Zimmer R., Košutić S., Zimmer D. (2009): Poljoprivredna tehnika u ratarstvu. Osijek.
104. Živković M., Radojević R., Urošević M. (2007). Priprema i potencijal ostataka rezidbe u voćnjacima i vinogradima kao energetskog materijala. Poljoprivredna tehnika. Br. 3. 51 - 58. Novi Sad.
105. Žunić D., Matijašević S. (2008). Rezidba vinove loze. Agro-hit, Neron, Bjelovar.

Internetske stranice:

1. http://tehmago.co.rs/vocarska.html (Pristupljeno: 19. rujna 2019.)
2. http://www.agriculteur-normand.com/actualites/presse-john-deere-montre-sa densite:1F1T3UKM.html (Pristupljeno 19. rujna 2019.)
3. http://www.ekomteh.com.hr/grijanje-proizvodnih-prostorija.html (Pristupljeno 19. rujna 2019.)
4. http://www.elektromotor-simon.com/proizvodi/delovi/matrice_rolne/ (Pristupljeno 19. rujna 2019.)
5. http://www.eniteh.hr (Pristupljeno: 1. rujna 2019.)

6. http://www.oieres.me/uploads/archive/FODEMO%20sastanak%2022%20jun%202010/3.1.pdf (Pristupljeno: 8. rujna 2019.)
7. https://docplayer.net/50284823-Biomasa-kao-biogorivo.html (Pristupljeno 19. rujna 2019.)
8. https://miscanthus.cfans.umn.edu/miscanthus-uses/biomass-fuels (Pristupljeno: 8. rujna 2019.)
9. https://publicinsta.com/media/Bbc00EkgkID (Pristupljeno: 8. rujna 2019.)
10. https://www.agroklub.com/agrogalerija/kombajn-fendt-c-7299/ (Pristupljeno: 8. rujna 2019.)
11. https://www.agroklub.com/sumarstvo/od-biomase-lokalnih-poljoprivrednika-do-peleta-i-briketa/38479/ (Pristupljeno: 12. rujna 2019.)
12. https://www.agrotv.net/vesti/zbog-niza-prednosti-rol-bale-zastupljenije-nasim-njivama/ (Pristupljeno 19. rujna 2019.)
13. https://www.ecroatia.info/peci-na-pelete/c-1167 (Pristupljeno: 8. rujna 2019.)
14. https://www.google.hr/maps/place/%C5%A0a%C5%A1inovec/@45.848815,16.1381853,13z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x476670cc78913c09:0x38b8bb3d936be095!8m2!3d45.8519641!4d16.1657044 (Pristupljeno 9. rujna 2019.)
15. https://www.google.hr/maps/search/jazbina/@46.0115637,15.53405,10z/data=!3m1!4b1 (Pristupljeno 9. rujna 2019.)