

# Analiza potencijala i ograničenja biomase kao obnovljivog izvora energije

---

**Bunčuga, Jure**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Economics and Business / Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:148:899527>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 3.0](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-12**



*Repository / Repozitorij:*

[REPEFZG - Digital Repository - Faculty of Economics & Business Zagreb](#)



**Sveučilište u Zagrebu**  
**Ekonomski Fakultet**  
**Preddiplomski stručni studij**

**ANALIZA POTENCIJALA I OGRANIČENJA BIOMASE  
KAO OBNOVLJIVOG IZVORA ENERGIJE**

**Završni rad**

**Ime i Prezime : Jure Bunčuga**

**JMBAG : 0067629456**

**KOLEGIJ : Ekonomska geografija**

**MENTOR : Ines Dužević**

**Zagreb, srpanj 2024.**

Jure Bunčuga  
Ime i prezime studenta/ice

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_ završni rad \_\_\_\_\_  
(vrsta rada)  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 2024.

Student/ica:



\_\_\_\_\_  
(potpis)

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
1.1. Cilj istraživanja.....	1
1.2. Metode istraživanja i izvori podataka .....	1
1.3. Sadržaj i struktura rada .....	2
<b>2. OSNOVNA OBILJEŽJA BIOMASE</b> .....	3
2.1. Definicija biomase.....	3
2.2. Energetske karakteristike biomase.....	4
2.3. Resursi biomase .....	6
2.4. Biogoriva i njihova upotreba .....	7
<b>3. POTENCIJAL I EKONOMSKI UČINCI BIOMASE</b> .....	10
3.1. Tehnološke inovacije i učinkovitost korištenja biomase.....	10
3.2. Ekonomski učinci korištenja biomase .....	12
3.3. Održivost u proizvodnji biomase.....	13
3.4. Uloga biomase u smanjenju emisija stakleničkih plinova .....	14
<b>4. OGRANIČENJA I RIZICI BIOMASE</b> .....	18
4.1. Socioekonomska održivost.....	18
4.2. Konkurentnost biomase u odnosu na ostale oblike energije .....	21
4.3. Ekološki utjecaj korištenja biomase .....	23
<b>5. ANALIZA UPOTREBE BIOMASE U HRVATSKOJ</b> .....	26
5.1. Hrvatska energetska politika biomase .....	26
5.2. Komparativna analiza Hrvatskog tržišta biomase s tržištem Europske Unije.....	29
5.3. Diskusija rezultata istraživanja .....	33
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	35
<b>LITERATURA</b> .....	36
<b>POPIS SLIKA</b> .....	39
<b>POPIS TABLICA</b> .....	39
<b>POPIS GRAFIKONA</b> .....	39

# 1. UVOD

Završni rad se fokusira na analizu potencijala i ograničenja biomase kao obnovljivog izvora energije, pružajući dublji uvid u njene ekonomske, ekološke i tehničke aspekte. Biomasa, kao živa ili nedavno živa materija biljnog ili životinjskog porijekla, predstavlja značajan resurs s potencijalom za korištenje kao gorivo ili u industrijskoj proizvodnji. Često se direktno integrira u konačnu potrošnju energije, primarno u svrhu grijanja, kuhanja ili zagrijavanja vode. No, važno je naglasiti njenu dodatnu primjenu, koja uključuje proizvodnju električne energije i topline. U određenim ili zajedničkim sustavima za izgaranje, biomasa pokazuje sposobnost potpune zamjene za tradicionalna fosilna goriva poput ugljena, ističući time svoju ekološku vrijednost u usporedbi s tim izvorima energije. Upravo radi toga, biomasa je u suvremenom svijetu dobila na velikom značaju u posljednjih nekoliko desetljeća, posebno u kontekstu aktualnih tema kao što su klimatske promjene i potrebe za smanjenjem emisija stakleničkih plinova što je iniciralo reflektirajući rastući interes za održive izvore energije u ekonomskom sektoru.

## 1.1. Cilj istraživanja

Cilj rada je nastojati pružiti dublje razumijevanje potencijala i ograničenja biomase kao ključnog čimbenika u održivom energetske razvoju, te predložiti smjernice za bolje upravljanje ovim resursom u svrhu unapređenja ekonomske održivosti. Također, pružiti uvid u stanje tržišta biomase u Republici Hrvatskoj i usporediti s tržištem Europske Unije. Kroz rad će se analizirati i predložiti političke strategije koje bi vlade mogle primijeniti, uključujući poticaje za istraživanje i razvoj, politike održivosti, te strategije diverzifikacije izvora energije.

## 1.2. Metode istraživanja i izvori podataka

Metode istraživanja koje su korištene u ovom radu su znanstvene metode istraživanja. Koriste se; deskriptivna metoda za opisivanje činjenica, metoda i procesa, metoda komparacije kojom se uspoređuju potencijali i ograničenja biomase te usporedba tržišta Republike Hrvatske i Europske

Unije, kvantitativne metode koje obuhvaćaju analizu ekonomskih pokazatelja, statistička metoda, induktivna i deduktivna. Izvori podataka su različiti statistički izvori i relevantna literatura, te baze podataka koje sadrže relevantne informacije vezane za temu biomase.

### **1.3. Sadržaj i struktura rada**

Ovaj rad je podijeljen na 5 poglavlja koje počinju uvodom koji je ujedno i prvo poglavlje rada. U uvodu se daje važnost na definiranju biomase te je popraćeno ciljem istraživanja, metodom istraživanja i izvori podataka te sadržaj i struktura rada. Drugo poglavlje „OSNOVNA OBILJEŽJA BIOMASE“ definira pojam biomase, njenim vrstama i karakteristikama. Zatim se treće poglavlje „POTENCIJAL I EKONOMSKI UČINCI BIOMASE“ bavi potencijalom i napretkom koji korištenje biomase nudi za gospodarstvo i održivost tog gospodarstva. Također se objašnjava važnost biomase na globalnoj i nacionalnoj razini. Poglavljem „OGRANIČENJA I RIZICI BIOMASE“ se ističu problemi koji nastaju pri upotrebi biomase vezani uz potrebnu tehnologiju, troškove i konkurenciju te se daje naglasak na ekološkom otisku. Zadnje poglavlje rada analizira hrvatsku energetska politiku korištenja biomase i rješenja te se uspoređuje Hrvatsko tržište s tržištem Europske Unije kroz različite pokazatelje.

## 2. OSNOVNA OBILJEŽJA BIOMASE

### 2.1. Definicija biomase

Biomasa, također poznata kao 'biomass' na engleskom, odnosi se na organski materijal dobiven iz biljnog ili životinjskog svijeta koji se može koristiti kao izvor energije ili industrijski preraditi. Zapravo, po svojoj prirodi predstavlja široku paletu obnovljivih izvora budući da ima široku primjenu, kako u energetske tako i u industrijskom smislu. Kao izvor obnovljive energije, koristi se na više načina. Primarna primjena se nalazi u proizvodnji toplinske i električne energije. Dobiva se izgaranjem, pri čemu se dobivena toplinska energija koristi za grijanje ili pitku vodu, svježi zrak, kuhanje itd. Koristi se i za dobivanje električne energije u termoelektranama, bioplinskim postrojenjima te korištenjem biogoriva u generatorima električne energije. U usporedbi s naftom ili plinom, koji iscrpljuju i, samim svojim postojanjem i korištenjem, predstavljaju negativan input prirodnim sustavima, biomasa stalno raste ponovno kroz prirodne procese. S gledišta obnovljivih izvora energije, biomasa ima stratešku ulogu u prijelazu na ekološki održive energetske modele i smanjenju naše ovisnosti o fosilnim gorivima. Osim toga, osim energije, industrija je uključena u proizvodnju vlakana i kemikalija ; prijenos energije, kemikalije, poljoprivreda i šumarstvo; i konačno, promet, građevinarstvo i prehrambena industrija kako bi se ukazalo na ulogu biomase u različitim sektorima gospodarstva. U suvremenom percipiranju biomasa je prepoznata kao jedan od bitnih resursa budući da kompenzira svjetsku potražnju za neobnovljivim izvorima energije i emisiju stakleničkih plinova u atmosferu. To se pripisuje njenoj obnovljivosti, svestranosti i potencijalu da pruži alternativu fosilnim gorivima.

Posljednjih godina doprinosi novih istraživanja i tehnološkog napretka omogućili su različite primjene biomase; na primjer, drveni peleti se sada koriste kao način grijanja i pečenja, a biogoriva su sve važnija alternativa običnom gorivu u prometnom sektoru. Biomasa se pokazala vodećom sirovinom za proizvodnju bioplastike kao održive alternative konvencionalnim materijalima dobivenim iz nafte. Osim toga, biogorivo je skupni naziv za različita goriva dobivena iz bioloških izvora, gdje je bioetanol transparentan oblik proizvoda biomase. Biogoriva su postala popularna, što je rezultat porasta cijena nafte, potrebe za sigurnijom opskrbom energije

i zabrinutosti zbog štetnih emisija stakleničkih plinova. Biogoriva su 2010-ih postala popularnija nego ikad, sa 105 milijardi litara proizvedenog goriva diljem svijeta, dodatnih 17% više nego prethodne godine (*Wikimedije, 2023*).

## **2.2. Energetske karakteristike biomase**

Upoznavanje s energetske karakteristika biomase je ključno za razumijevanje njenog potencijala i uloge u energetske tranziciji prema obnovljivim izvorima energije. Biomasa se kao organski materijal dobiven iz biljaka i životinja, svrstava među obnovljive izvore energije zbog svoje mogućnosti pretvaranja u različite oblike energije, kao što su toplina, električna energija i biogoriva. Energetske svojstva biomase ovise o stanju i vrsti biomase. Ove se karakteristike mogu klasificirati prema sljedećim čimbenicima ;

1. Ogrjevna vrijednost - Količina topline oslobođena izgaranjem biomase, izražena na osnovi jedinice mase - tipične jedinice su MJ/kg ili BTU/lb. Količina oslobođene topline može ovisiti o vrsti biomase i njenom sadržaju vlage. Utjecaj ogrjevnosti industrije je višestruk. Gorivo s visokom ogrjevnom vrijednošću ukazuje na to da se iz iste količine goriva može dobiti veća količina energije, što može rezultirati učinkovitošću u proizvodnji energije i smanjenjem potrošnje goriva. Ovo može biti vrlo značajno u industrijskim sektorima koji imaju energetske resurse poput proizvodnje električne energije, topline ili pare. Štoviše, ova visoka kalorična vrijednost pridonijet će smanjenju troškova, povećavajući konkurentnost u potrošačkoj industriji.
2. Vlaga - Udio vlage unutar biomase ima veliki učinak na energetske učinkovitost. Što je vlaga u biomasi veća, to je njena ogrjevna vrijednost niža jer se velika količina energije troši na isparavanje vode koja u procesu izgaranja iz biomase odlazi u zrak. Visoke razine vlage u biomasi također mogu smanjiti učinkovitost izgaranja, povećati emisije plinova i čestica onečišćenja i zahtijevati više goriva za davanje iste izlazne energije, u nekim vrstama industrijskih procesa i proizvodnji energije. Smanjenje razine vlage u biomasi ponekad je temeljni cilj koju su industrije i tvrtke implementirale kako bi povećale učinkovitost korištenja energije za proizvodnju uz istovremeno smanjenje troškova sušenja biomase.



3. Postoje brojni načini za smanjenje sadržaja viška vlage u biomasi, na primjer, sušenjem, fermentacijom ili doradom biomase prije ili tijekom procesa njenog paljenja. Kontrola i praćenje razine vlage u biomasi također su ključne informacije za planiranje proizvodnih procesa i za korištenje biomase kao obnovljivog izvora energije.
4. Sadržaj pepela - U biomasi sadržaj pepela ovisi o vrsti preostalog materijala. Visok udio pepela može oštetiti čistoću goriva, a također može uzrokovati češće čišćenje peći ili kotla. Visok sadržaj pepela znači da će oprema za izgaranje zahtijevati često čišćenje i održavanje kako bi se održala učinkovitost i održao vijek trajanja opreme. Nizak omjer pepela ukazuje na to da je biomasa čista i kvalitetnija, što dodatno potiče bolje procese izgaranja, manju emisiju štetnih tvari i manju potrebu za održavanjem opreme. Stoga je bitno da se sadržaj pepela u biomasi kontrolira, čime se osigurava visoka kvaliteta goriva i optimalna učinkovitost u proizvodnji energije.
5. Specifični sastav - Biomasa može imati različit kemijski sastav, što utječe na njenu energetska učinkovitost. Na primjer, drvo se razlikuje po kemijskom sastavu od biljnih ostataka ili gnojiva, što rezultira različitim energetskim karakteristikama. Različiti kemijski sastavi biomase utjecali bi na njezinu energetska vrijednost, preradu i korištenje u različite svrhe, što uključuje proizvodnju energije, biogoriva i kemikalija, kao i drugih proizvoda. U tom smislu, bitno je razumjeti i prilagoditi procese proizvodnje i korištenja biomase kako bi se iskoristile njezine različite kemijske karakteristike.
6. Emitiranje plinova - Sagorijevanje biomase često dovodi do ispuštanja raznih plinova, uključujući stakleničke plinove i čestice. Stoga je potrebno usporediti i analizirati utjecaj biomase na okoliš i kvalitetu zraka kako bi se provjerilo je li navedeni utjecaj pozitivan ili negativan. Izuzetno je važno primijeniti tehnologije čišćenja i filtriranja dimnih plinova za smanjenje emisija plinova tijekom izgaranja biomase te primijeniti stroge propise i standarde emisija kako bi se osigurao ekološki najprihvatljiviji i najzdraviji način održive uporabe biomase za proizvodnju energije.

Ako bi uzeli naprimjer ugljen za usporedbu, biomasa obično sadrži manje ugljika, više kisika, silicija i kalija, nižu energetska vrijednost, veći udio vlage te nižu gustoću i lomljivost . Što je

najvažnije, to su neke karakteristike koje igraju jednu od ključnih uloga u korištenju biomase kao obnovljivog izvora energije. Kroz ove karakteristike mogu se postići dublji uvidi u vezi s energetsom učinkovitošću i održivošću, unapređujući analizu ekonomske i ekološke vrijednosti s obzirom na globalne energetske izazove s kojima se čovječanstvo suočava (*Briševac, 2017*).

### **2.3. Resursi biomase**

Resursi biomase, koji se ponekad nazivaju i bioobnovljivi resursi, su svi oblici organskih materijala, uključujući biljnu tvar, živu i u obliku otpada, kao i životinjsku tvar i njihove otpadne proizvode. Kao takvi, resursi biomase općenito se klasificiraju ili kao otpadni materijali ili namjenski energetske usjevi. Otpadni materijal može biti bilo koji kruti komunalni otpad i industrijski otpad koji je odbačen zbog manjka vrijednosti za korisnika ili koji predstavlja smetnju ili čak potencijalni zagađivač za okoliš. Nekada otpadni proizvodi iz jednog procesa mogu biti korišteni kao primaran izvor sirovine u drugom procesu. Na primjer, materijali kao što su otpadni karton, drvo i papir reciklirani u novine, knjige i časopise, itd. Ako bi se ti otpadni materijali pretvorili u električnu energiju, toplinu, tekuća biogoriva ili kemikalije, tada bi se mogli smatrati izvorom biomase a ne nepoželjenim otpadom. Otpadni materijali koji bi se kvalificirali kao bioobnovljivi izvori uključuju poljoprivredne ostatke, dvorišni i vrtni otpad, kruti komunalni otpad, otpad od proizvodnje hrane, životinjski gnoj itd. Međutim, energija proizvedena iz otpada ne može se podcijeniti kao dragocjen izvor bioenergije. Ako se pravilno koristi, energija proizvedena iz otpada može se koristiti za smanjenje potražnje za energijom proizvedenom iz neobnovljivih izvora fosilnih goriva. Štoviše, proizvodnja energije iz krutih otpadnih materijala ima dodatni značaj smanjenjem količine neželjenog otpada, štedeći na odlagališni prostor i osiguravanje resursa biomase koji bi inače bio bezvrijedan. Dakle, vrste otpadnih materijala koje se kvalificiraju kao bioobnovljivi resursi su ; energetske usjevi, ostatci poljoprivrednih usjeva, životinjski ostatci, ostatci iz šumarstva, alge, ostatci od prerade drva, komunalni otpad i mokri otpad (otpad usjeva, šumski ostaci, namjenski uzgojene trave, drvenaste energetske usjeve, alge, industrijski otpad, razvrstani čvrsti komunalni otpad i drveni otpad. Budući da je otpad od biomase dostupan na vrlo raspršen način, za razliku od naslaga fosilnih goriva, trošak prikupljanja i transporta velikih količina materijala biomase za proizvodnju

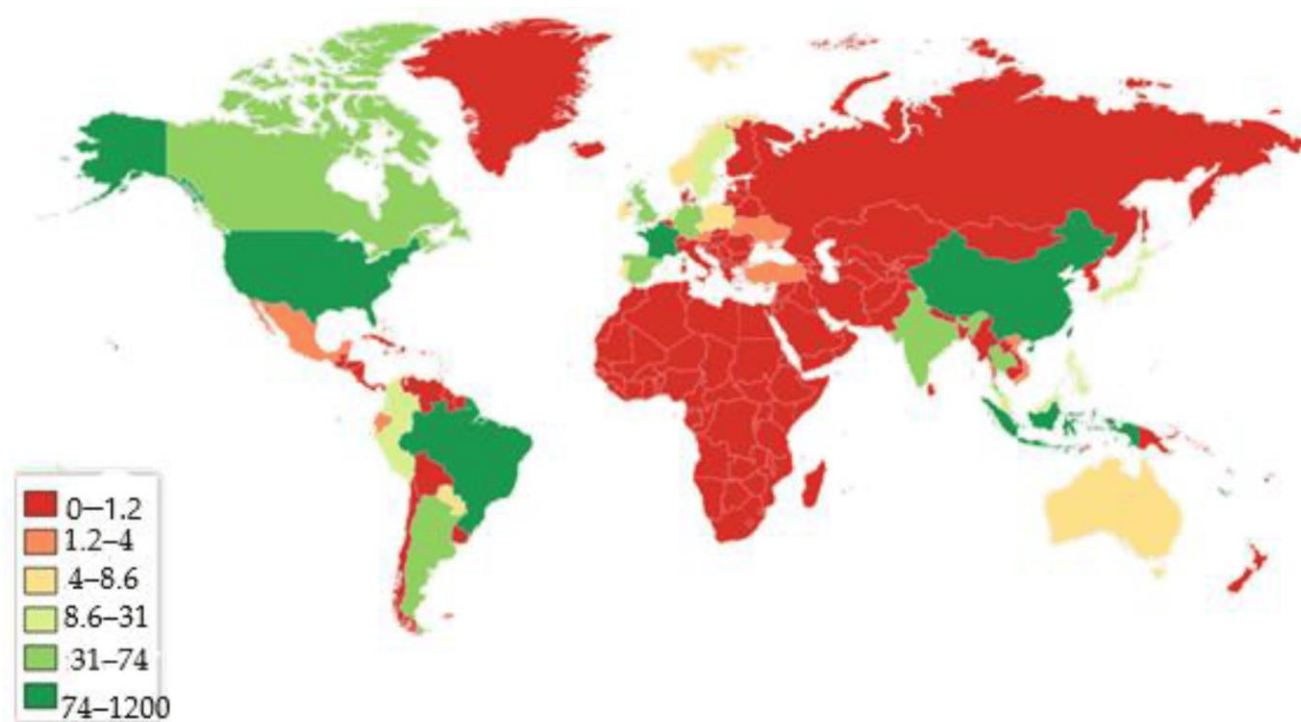
energije može biti značajan budući da su ti materijali po svojoj prirodi široko raspršeni ili niske energetske gustoće. Stoga najatraktivniji izvori energije biomase danas uglavnom uključuju resurse biomase koji su prikupljeni iz drugih razloga ili uzgajani i kultivirani kao namjenski energetske usjevi (*Briševac, 2017*).

#### **2.4. Biogoriva i njihova upotreba**

Biogoriva su proizvodi dobiveni iz bioloških materijala, što ih čini obnovljivim izvorima energije. U pogledu utjecaja na okoliš, biogoriva mogu biti manje štetna od fosilnih izvora. Njihova primarna upotreba uključuje prijevoz, proizvodnju energije i grijanje. Biogoriva se općenito mogu svrstati u tri generacije. Postoje prva, druga i treća generacija biogoriva koja se razlikuju po izvoru sirovina i tehnologiji proizvodnje. Biogoriva prve generacije proizvode se od prehrambenih biljaka, kao što su biodizel i bioetanol. Razlika u drugoj generaciji je što se proizvode od neprehrambenog bilja i otpadne biomase; stoga smanjuju pritisak na sigurnost hrane i povećavaju mogućnost smanjenja emisija stakleničkih plinova. Alge su treća generacija biogoriva, a mogu se realizirati puno brže, s većim količinama ulja u kratkom vremenu. Od fermentacije do transesterifikacije, proizvodni procesi vrlo su raznoliki, a primjene biogoriva kreću se od potpune do djelomične zamjene konvencionalnim gorivima u različitim motorima. Međutim, iako biogoriva mogu smanjiti ovisnost o fosilnim gorivima i emisije ugljika, njihova održivost ovisi o metodama proizvodnje i korištenim sirovinama, s kritičnim pitanjima kao što su voda, zemljišna uporaba i biodiverzitet.. Budućnost biogoriva oslanja se na tehnološki razvoj – posebno u smislu genetskih modifikacija biljaka i napretka u obradi otpadnih proizvoda kako bi proizvodnja bila ekološki prihvatljivija. Biogoriva se koriste u nekoliko aspekata: u sektoru prijevoza, etanol i biodizel se miješaju ili koriste kao aditiv konvencionalnim gorivima za prijevoz. Kruta biomasa, poput drvenih peleta i sječke, također se koristi za grijanje i električnu energiju. Nadalje, biogoriva mogu zamijeniti fosilna goriva za energiju koja se koristi u industrijskim procesima kao što su proizvodnja pare i peći. U transportu, etanol i biodizel zamjenjuju ili čak dopunjuju upotrebu konvencionalnih goriva za prijevoz. Nasuprot tome, čvrsta biomasa se koristi u proizvodnji energije u mnogo aspekata, kao što su drveni peleti. Primjena biogoriva može zamijeniti korištenje fosilne koje se koriste u industriji, na primjer, u proizvodnji pare ili izvora energije u pećima (*Khan, 2021*).

Gospodarstva zemalja se razlikuju, baš kao i klima i politika zemlje, a sve to izravno utječe na proizvodnju i korištenje biogoriva. Najznačajniji svjetski potrošači biogoriva uključuju Sjedinjene Države, Brazil, Indoneziju, Kinu i Francusku, a sve imaju dobro uspostavljenu komercijalnu proizvodnju biogoriva prve generacije poput kukuruza i šećerne trske. Globalna proizvodnja i potrošnja porasle su u 2019. za oko 3 %. To je zato što su etanol u Brazilu i biodizel u Indoneziji predstavljali većinu proizvodnje i potrošnje s najznačajnijim mogućim doprinosom. SAD, Brazil, Indonezija, Kina i Francuska su obojeni tamno zeleno jer svakodnevno konzumiraju između 74–1200 tisuća barela biogoriva (*Statistical Review of World Energy, 2020*).

Slika 1 Svjetska karta ukupne potrošnje biogoriva u tisućama barela dnevno (Prilagođeno prema USEIA).



Izvor: USEIA, *Monthly Energy Review*, U.S. Energy Information Administration : Washington, DC, USA, 2020.

Biogoriva se često znaju prodavati na globalnim tržištima u kombinaciji mješavina s fosilnim gorivima radi kompatibilnosti konvencionalnih motora vozila i smanjenja potrebe za aditivima. Primjer je Brazil, gdje je javna politika dopustila povećanu potrošnju biogoriva, čime se poboljšala razina kvalitete zraka. Uvođenjem vozila s fleksibilnim gorivom, subvencijama za

biogorivo i vladinim mandatima postignuto je trenutačno rangiranje Brazila među najčišćim energetske zemljama na svijetu, unatoč velikom potencijalu Indonezije. Zahvaljujući uspješnoj globalnoj implementaciji biogoriva prve generacije, trenutne studije zagovaraju maksimalnu implementaciju napredne proizvodnje biogoriva i daju naglasak na širenju proizvodnje biogoriva. (Khan, 2021).

Potrošnja i upotreba biogoriva uglavnom ovisi o zakonskim ograničenjima i o trendovima potražnje za gorivom. Većina biogoriva koristi se kao gorivo za prijevoz, ali se također mogu koristiti za grijanje i proizvodnju električne energije. Goriva proizvedena iz biomase mogu zadovoljiti zahtjeve za vladine programe koji promoviraju ili zahtijevaju korištenje biogoriva. U prometnom sektoru, biogoriva su posebno utjecajna, posebno u zrakoplovstvu, pomorstvu i cestovnom prijevozu. Ova područja zahtijevaju tekuća goriva za dekarbonizaciju, a studije su istaknule potencijal biogoriva da zamijene značajan udio fosilnih goriva u ovim primjenama, nudeći održiv put prema smanjenju emisija stakleničkih plinova.

### **3. POTENCIJAL I EKONOMSKI UČINCI BIOMASE**

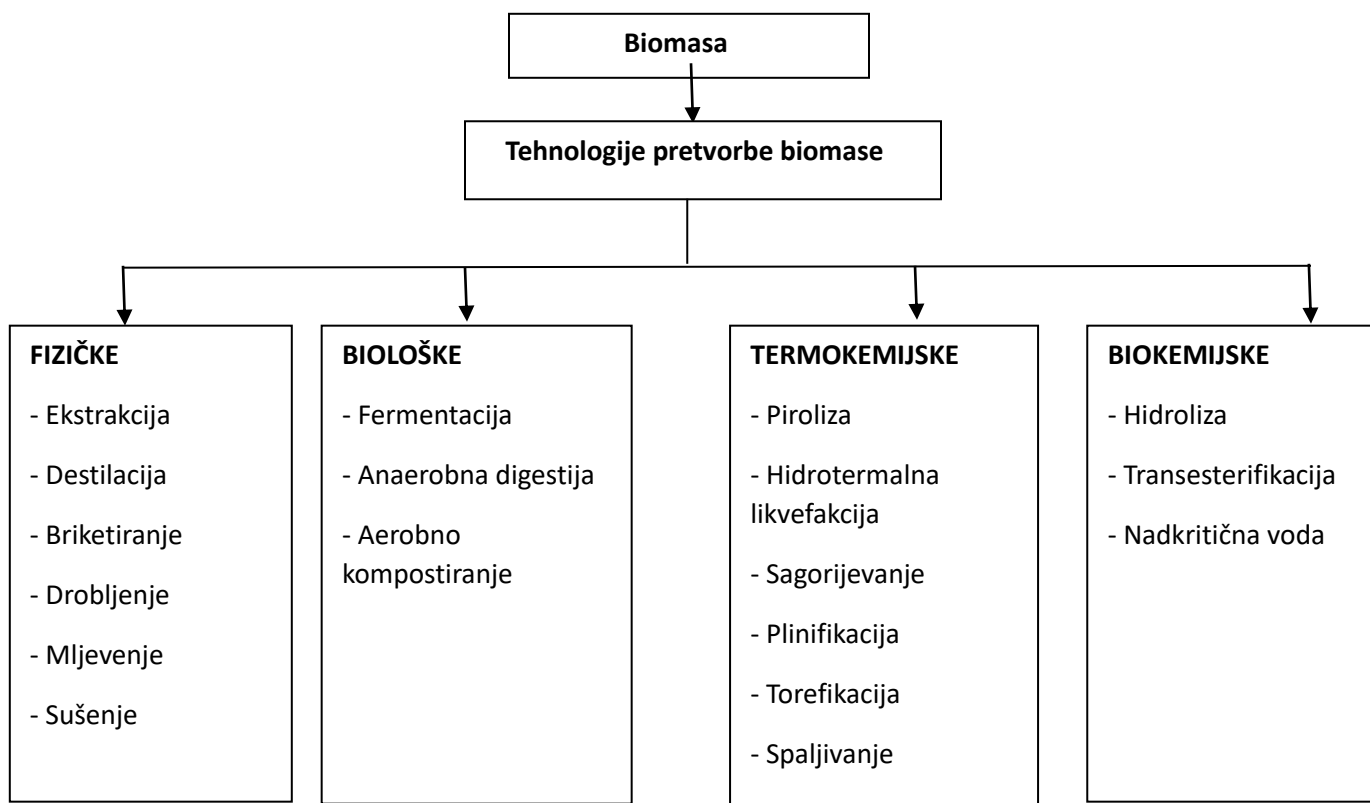
Biomasa je iznimno važan resurs u kontekstu trenutne potrage za održivim i obnovljivim izvorima energije. Njena obilnost i raznolikost čine je obećavajućim kandidatom za smanjenje oslanjanja na fosilna goriva i smanjenje emisija stakleničkih plinova. Ovo poglavlje će istražiti potencijal biomase kao izvora energije i ekonomske pokretače povezane s njenom upotrebom. Predstavit će se ekonomski modeli i pokazatelji koji pružaju razumijevanje biomase u suvremenom energetske sektoru, naglašavajući njen utjecaj na ekonomiju nacije i planeta u cjelini.

#### **3.1. Tehnološke inovacije i učinkovitost korištenja biomase**

Tehnološke inovacije igraju ključnu ulogu u poboljšanju efikasnosti korištenja biomase kao obnovljivog izvora energije. Tehnologije termokemijske konverzije biomase za proizvodnju energije bile su zanemarene u prošlosti zbog niskih cijena fosilnih goriva. Ipak, ove tehnologije ponovno su razmatrane zbog rastuće potražnje za energijom i ekoloških problema povezanih s generiranjem energije iz fosilnih goriva. Kroz napredak tehnologije, razvijaju se nove metode i procesi koji omogućuju učinkovitije pretvaranje biomase u energiju, smanjujući troškove i utjecaj na okoliš. Rastuća potražnja za energijom i opadanje izvora fosilnih goriva zahtijevali su otkriće novih izvora energije. Učinkoviti proces pretvorbe energije biomase sposoban je zadovoljiti energetske potrebe. Među naprednim tehnologijama konverzije biomase, termokemijski procesi drže značajan potencijal i potrebni su za optimizaciju. Ove tehnologije, poput enzimatske hidrolize i termokemijske konverzije, omogućuju efikasnije pretvaranje složenih molekula u biogoriva, čime se povećava iskoristivost sirovina i smanjuju troškovi proizvodnje.

Još jedna važna inovacija je razvoj naprednih procesa za proizvodnju bioplina i biometana. Ovi procesi uključuju anaerobnu fermentaciju organskog materijala kako bi se proizveli bioplin i biometan koji se mogu koristiti kao gorivo za proizvodnju električne energije ili za pogon vozila. Osim što koriste organski otpad kao sirovinu, ovi procesi smanjuju emisije stakleničkih plinova i smanjuju ovisnost o fosilnim gorivima. Napredak u području termičke obrade biomase također pruža značajne prednosti u efikasnom korištenju biomase.

Tablica 1 . Sažetak tehnologija pretvorbe biomase



Tshikovhi, A.; Motaung, T.E. *Technologies and Innovations for Biomass Energy Production. Sustainability* 2023, 15, 12121. <https://doi.org/10.3390/su151612121>

Tehnologije poput pirolize i plazme omogućuju konverziju biomase u visokokvalitetne biogorive i kemikalije, čime se otvaraju nove mogućnosti za industrijsku upotrebu biomase. Koristi ovih tehnoloških inovacija su mnogobrojni. Povećana efikasnost korištenja biomase omogućuje smanjenje troškova proizvodnje energije, što rezultira konkurentnijim cijenama na tržištu energije. Također, smanjenjem emisija stakleničkih plinova i smanjenjem ovisnosti o fosilnim gorivima, tehnološke inovacije doprinose očuvanju okoliša i smanjenju negativnih utjecaja na klimatske promjene. Nadalje, razvoj novih tehnologija otvara nove poslovne prilike i potiče gospodarski rast u sektorima vezanim uz proizvodnju i korištenje biomase. Uzimajući u obzir navedene inovacije i njihove koristi, jasno je da tehnološki napredak ima ključnu ulogu u poboljšanju efikasnosti korištenja biomase kao održivog izvora energije. Daljnja istraživanja i

ulaganja u razvoj tehnologija bit će od presudnog značaja za ostvarivanje punog potencijala biomase u globalnoj energetskej tranziciji (Zhang, 2010).

### **3.2. Ekonomski učinci korištenja biomase**

Danas, kada su pitanja kao što su održivost i energetska neovisnost ključna, biomasa postaje jedan od najvažnijih igrača na energetskom tržištu. Upotreba biomase kao energenta može imati ekonomske posljedice – varirajući u zavisnosti od geografskih, tehnoloških i političkih faktora. Stvaranje radnih mjesta jedan je od najvidljivijih aspekata ekonomije biomase. Na primjer, industrija biogoriva u Sjedinjenim Američkim Državama proizvela je tisuće radnih mjesta u ruralnim područjima, uključujući i segment proizvodnje i distribucije goriva na bazi kukuruza. Osim stvaranja novih poslova, već ujedno oživljava i mnoga poljoprivredna područja koja su prethodno bila ekonomski zanemarena. Energetska sigurnost također je veoma važna. Program ProAlcool u Brazilu, koji promoviraju korištenje etanolskih goriva proizvedenih od šećerne trske, idealan je primjer načina na koji biomasa može pomoći smanjenju zavisnosti od uvoznih fosilnih goriva. Ovo ne samo što smanjuje potrebu za uvozom nafte, već ujedno i stabilizira cijene energije na domaćem tržištu. Širom svijeta, vlade često koriste razne mjere ekonomskih poticaja kako bi promovirale razvoj energetike bazirane na biomasi. Na primjer, u Njemačkoj, zakon Erneuerbare Energien Gesetz omogućio je bujanje proizvodnje energije iz biomase kroz subvencionirane tarife za proizvođače. Ovi poticaji pomažu u većem povratu investicije i konkurentnosti biomase kao izvora energije. U nekim slučajevima, upotreba biomase možda i nije ekonomski isplativa. Na primjer, u Kanadi, troškovi transporta biomase s udaljenih šumskih plantaža do elektrana čine energiju iz biomase manje ekonomično privlačnom u usporedbi s energetskeim izvorima koji su prostorno bliži potrošačima.

Tehnološki napredak odigrao je ključnu ulogu u smanjenju troškova proizvodnje i povećanju efikasnosti. Na primjer, tehnološki razvoj sustava proizvodnje bioplina u Danskoj povećava efikasnost konverzije otpadne biomase u energiju, što smanjuje operativne troškove i povećava iskoristivost resursa. Također, utjecaj na lokalnu ekonomiju je značajan. Na primjer, ulaganja u biomasu kao izvor energije u Indiji doprinijela su osnaživanju lokalnih zajednica, povećavajući prihode i poboljšanje životnog standarda. Ovi projekti često potiču kupovinu lokalnih materijala i



usluga, što uzrokuje multiplikativni efekt ekonomskog rasta. Održivost korištenja biomase kao izvora energije nosi sa sobom određene izazove, posebno zbog konkurencije za zemljište. Na primjer, u Indoneziji, povećana potražnja za palminim uljem za proizvodnju biodizela dovela je do širenja plantaža, što utječe na cijene i dostupnost zemljišta za tradicionalnu poljoprivredu.

### **3.3. Održivost u proizvodnji biomase**

Primarni cilj razvoja sektora biomase i biogoriva jest održivost. Održivost se temelji se na tri stupa: ekonomskoj, društvenoj i ekološkoj održivosti. Program Ujedinjenih naroda za okoliš (UNEP) razvio je početni set kriterija održivosti za uzgoj sirovina za biogoriva, a ti su kriteriji kasnije usvojeni od strane Globalnog partnerstva za bioenergiju (GBEP). U mnogim razvijenim zemljama obnovljivi resursi, uključujući biogoriva, smatraju se važnim pitanjima. (*Kerolli-Mustafa, 2015*) i dr. naveli su u svom izvještaju da strateške prednosti zamjene fosilnih goriva biogorivima, posebno u sektorima prijevoza i energije, ovise o njihovoj proizvodnji i trgovini koja donosi značajne društvene koristi zbog perspektive stvaranja radnih mjesta uglavnom u ruralnim područjima zemalja u razvoju. Razvoj tehnologije za proizvodnju i upotrebu biogoriva stvorit će opcije goriva za prijevoz koje mogu pozitivno utjecati na ova pitanja i uspostaviti sigurne, čiste, održive alternative nafti. Europska unija promiče razvoj biomase i biogoriva kako bi smanjila ranjivost opskrbe energijom i postigla svoje ciljeve smanjenja emisija stakleničkih plinova. Ova politika primjenjuje se na ekološka, društvena pitanja i na ekonomski rast. Promocija ekonomskog razvoja glavna je pokretačka snaga za proizvodnju biogoriva u razvijenim i bitnim zemljama poput Malezije, Brazila, Indije i Indonezije. Održivost proizvodnje biogoriva vrlo je povezana s temom ekonomske održivosti na lokalnoj, nacionalnoj i međunarodnoj razini. Ekološka održivost bavi se pitanjima vezanim uz bioraznolikost, očuvanje zemljišta, vode i tla. Prijevoz je glavni doprinositelj brojnim ekološkim problemima, prvenstveno zbog naše ovisnosti o fosilnim gorivima.

Promet je odgovoran za gotovo četvrtinu emisija stakleničkih plinova u Europi, pri čemu cestovni promet čini 70 posto tih emisija. U proteklih 30 godina, emisije iz prometa su porasle, što je zabrinjavajuće kada se usporedi s drugim sektorima. Prema novoj studiji agencije Environmental Action Germany (*Smrekar, 2022*), biogoriva dobivena iz usjeva ne predstavljaju klimatski

prijateljska rješenja. Studija je analizom proizvodnje i potrošnje goriva iz usjeva na primjeru Njemačke otkrila da se velike površine zemljišta diljem svijeta koriste za uzgoj ovih goriva, što nosi značajne ekološke troškove. Prema istraživačima, 1,2 milijuna hektara zemlje širom svijeta koristi se za zadovoljenje potražnje Njemačke za biogorivima iz usjeva, što je gotovo pet puta veća površina od Luksemburga. Umjesto toga, ta zemljišta mogla bi služiti obnovi prirode i pohrani CO<sub>2</sub>, što bi imalo značajan pozitivan učinak na okoliš. Intenzivna poljoprivreda koja podržava proizvodnju biogoriva iz usjeva također negativno utječe na ekosustave i biološku raznolikost, uzrokujući gubitak staništa i vrsta. Iako je EU priznala štetu i uvela određene propise kako bi ograničila širenje monokultura za biogoriva, njemački istraživači smatraju da je nužno prekinuti preradu biogoriva dobivenih iz usjeva što je prije moguće. Zemljišta koja se trenutno koriste u tu svrhu trebala bi biti preusmjerena prema obnovi prirode, dok bi plodno poljoprivredno zemljište trebalo biti iskorišteno za proizvodnju hrane. Prema tome, proizvodnja biogoriva iz usjeva ne može se smatrati održivom.

Opća suglasnost iz prošlih analiza i budućih projekcija jest da će proizvodnja biogoriva podići cijene hrane i posljedično ugroziti sigurnost hrane, posebno u zemljama proizvođačima biogoriva i u siromašnim zemljama gdje prevladavaju neravnoteže u hrani. Da bi se spriječile te prijetnje, proizvodnja biogoriva u Europi prati pravila zajedničke poljoprivredne politike EU-a sa svim uključenim ekološkim standardima. Stoga je održivost europskog biodizela i bioetnola zajamčena pravilima uzajamne usklađenosti koja slijede europski poljoprivrednici i svi društveni i ekonomski standardi razvijenih ekonomija.

### **3.4. Uloga biomase u smanjenju emisija stakleničkih plinova**

Biomasa, kao obnovljivi izvor energije, ima ključnu ulogu u smanjenju globalne ovisnosti o fosilnim gorivima i povezanih emisija stakleničkih plinova. Korištenjem biomase za proizvodnju električne energije, grijanja i transportnih goriva, može se značajno umanjiti emisija ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>), koji je jedan od glavnih stakleničkih plinova. Najbolji način za utvrđivanje uloge biomase u smanjenju emisija stakleničkih plinova bi bio korištenjem već zabilježenih podataka te projekcijama za budućnost. U niže navedenoj tablici su podaci pribavljeni iz World Energy Outlooka (Svjetska Energetska Perspektiva) koji obrađuju svjetske emisije ugljičnog dioksida po

regijama. Povijest i projekcija svjetskih emisija ugljičnog dioksida povezanih s energijom prikazane su u *Tablici 2*. Emisije rastu s 32,87 milijardi metričkih tona u 2010. godini na 36,58 milijardi metričkih tona u 2021. godini te na 36,93 milijardi metričkih tona u 2022. godini. Projekcije iz 2030. godine su optimistične jer iznose 35,12 milijardi metričkih tona, što je manje od 2022. i 2021. godine. Projekcije za 2030. godinu predstavljaju pozitivan pogled prema zelenim rješenjima, samo je pitanje hoće li se projekcije ostvariti. Za 2050. godinu globalne emisije CO<sub>2</sub> se očekuju oko 29,7 milijarde metričkih tona, što je smanjenje emisija u usporedbi s 2030. godinom oko 8,4 %. Obećane projekcije za 2030. godinu iznose 30.77 milijardi metričkih tona dok za 2050. godinu iznose 12 milijardi metričkih tona. U slučaju da se obećana projekcija za 2050. godinu ostvari to bi značilo smanjenje od otprilike 30 % u odnosu na realnu situaciju 2022. godine.

*Tablica 2 Svjetske emisije ugljikovog dioksida povezanog s energijom po regijama, 2010-2050*

Regija	Povijest			Projekcije		Obećane projekcije	
	2010	2021	2022	2030	2050	2030	2050
Svijet	32877	36589	36930	35125	29696	30769	12043
Sjeverna Amerika	6470	5631	5702	4570	2892	3683	277
SAD	5456	4669	4697	3608	2087	2777	10
Centralna i Južna Amerika	1153	1185	1178	1205	1333	1044	542
Brazil	411	479	452	448	474	374	116
Europe	4720	3990	3826	2961	1846	2490	346
Europska Unija	3311	3111	2662	1885	1311	1515	81
Afrika	1168	1364	1385	1448	1398	1381	171
Bliski Istok	1637	2056	2119	2333	2737	2151	1816
Euroazija	2153	2300	2348	2193	2144	2066	1644
Rusija	1688	1846	1891	1934	2104	1634	1114
Azija	14450	19051	19260	18982	14883	16788	5296
Kina	8799	11260	11348	11261	8031	9196	943
Indija	1685	2507	2509	2972	3924	3764	1492
Japan	1078	1186	1196	1179	885	1190	112
Jugoistočna Azija	1163	1190	1233	1530	2529	1392	986

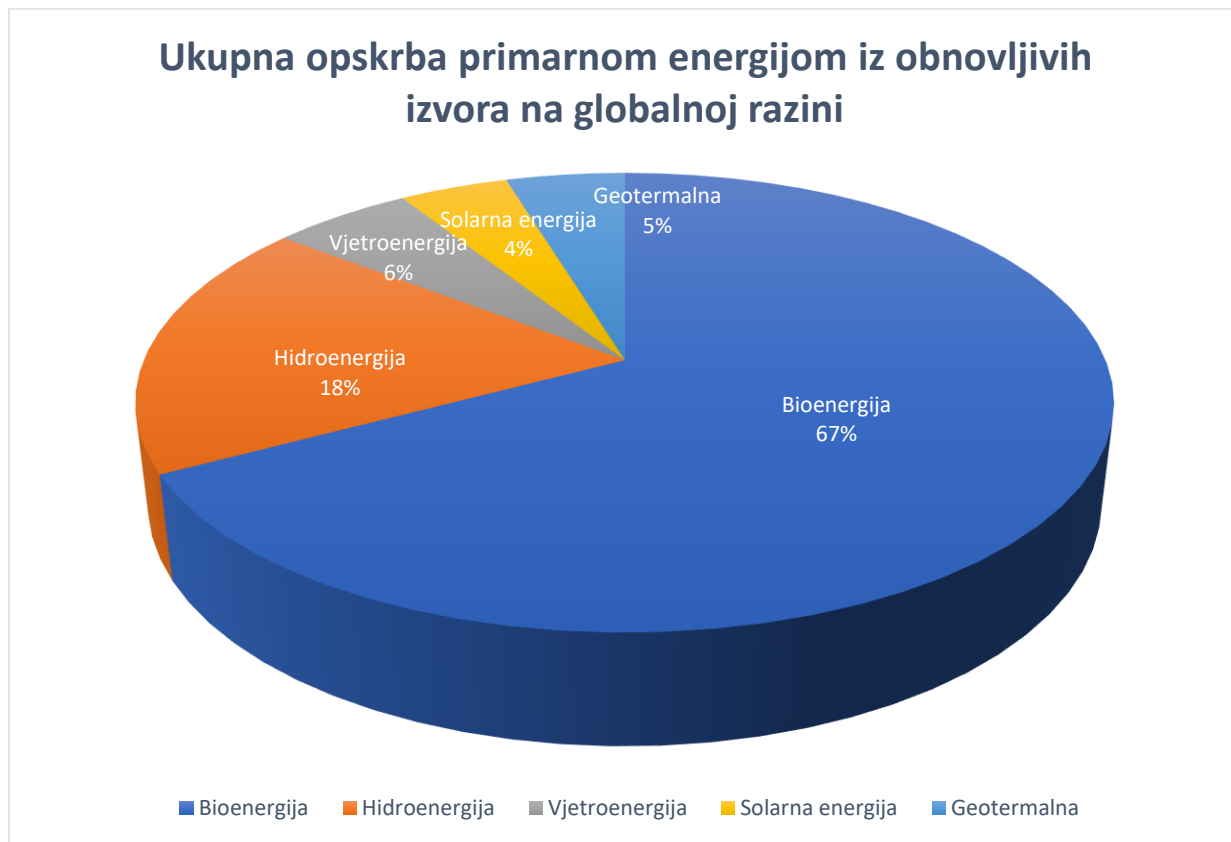
*IEA (2023), World Energy Outlook 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>, Licence: CC BY 4.0 (report); CC BY NC SA 4.0 (Annex A)*

### 3.5. Biomasa u energetske strategiji : pregled upotrebe

Trenutno su glavni biomaterijalni izvori šumski, poljoprivredni i komunalni ostaci i otpad za proizvodnju električne energije i topline. Osim toga, tekuća biogoriva proizvode se iz vrlo malih udjela šećerne trske, žitarica i uljarica. Fosilna goriva i dalje čine najveći dio globalnog energetske miksa - 81% ukupne primarne opskrbe energijom (TPES) u 2018. godini, koja uključuje proizvodnju, uvoz, izvoz i zalihe, dolazilo je iz ugljena, sirove nafte i prirodnog plina. Obnovljivi izvori energije činili su 13,8% globalne TPES u 2018. godini, pri čemu je bioenergija imala najveći udio (*grafikon 1*).

Izvješće "Global Bioenergy Statistics" (GBS), koje se objavljuje godišnje, predstavlja najvažniju publikaciju Svjetske udruge za bioenergiju (WBA). GBS izvješće fokusira se na globalni razvoj biomase za proizvodnju energije - opskrbu, proizvodnju i potrošnju. Podaci su prikazani na različitim geografskim razinama - globalnoj, kontinentalnoj i regionalnoj - obuhvaćajući sve sektore bioenergije: tekuća biogoriva, bioplin, pelete, šumarstvo, poljoprivredu i biogeni otpad. Izvješće GBS-a iz 2020. (s podacima iz 2018.) pokazuje da fosilna goriva i dalje dominiraju globalnim energetske miksom. Nadalje, bruto konačna potrošnja energije u 2018. godini - koja uključuje ukupnu konačnu potrošnju svih izvora energije, uključujući potrošnju električne energije i topline u svim krajnjim sektorima - iznosila je 471 EJ. Udio obnovljivih izvora energije ostao je relativno stalan na oko 17% od početka stoljeća, pri čemu bioenergija čini više od 70% tog udjela, odnosno 12% bruto konačne potrošnje energije u 2018. godini (*Under dinosaurs reign, bioenergy the largest renewable energy source – WBA, 2020*).

Grafikon 1 Ukupna opskrba primarnom energijom iz obnovljivih izvora na globalnoj razini



Izvor : Bioenergy International, 2020.

Prema podacima vidljivima iz grafikona 1 može se zaključiti da biomasa zauzima značajno mjesto u globalnoj energetske strategiji, prvenstveno zbog svoje sposobnosti da pruži održivu alternativu fosilnim gorivima i doprinose smanjenju emisija stakleničkih plinova. Unatoč dominaciji fosilnih goriva koja i dalje čine većinu globalnog energetske miksa, udio bioenergije među obnovljivim izvorima energije je izrazito visok, čineći preko 65 % udjela obnovljivih izvora u ukupnoj konačnoj potrošnji energije, što znači da ima ključno ulogu u tranziciji prema održivijem energetske sustavu. Globalno, strategije za povećanje korištenja biomase uključuju poticanje istraživanja i razvoja novih tehnologija, implementaciju politika i mjera koje podržavaju korištenje biomase, kao i međunarodnu suradnju na razmjeni znanja i najboljih praksi. Na regionalnoj razini, strategije se mogu prilagoditi specifičnim lokalnim uvjetima, kao što su dostupnost sirovina, postojeća infrastruktura i ekonomski uvjeti.

## 4. OGRANIČENJA I RIZICI BIOMASE

Biomasa je ključan obnovljiv izvor energije koji se koristi za smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima i za mitigaciju klimatskih promjena. Koristi se za proizvodnju energije i biogoriva, a prema Međunarodnoj agenciji za obnovljivu energiju, može značajno doprinijeti smanjenju globalnih emisija stakleničkih plinova. Ipak, upotreba biomase nosi ekonomske, ekološke i društvene rizike. Ekonomska ograničenja uključuju visoke troškove prikupljanja, obrade i transporta, dok s okolišnog aspekta postoje rizici od povećanja emisija stakleničkih plinova zbog neodrživih praksi. Također, postoji opasnost od konkurencije za zemljište između energetske kulture i proizvodnje hrane, što može utjecati na cijene i dostupnost hrane.

### 4.1. Socioekonomska održivost

Proizvodnja i uporaba biomase, tehnologije proizvodnje bioenergije, njihov tržišni udio i istraživački interesi u tim područjima se značajno razlikuju između različitih zemalja pa čak i unutar različitih područja jedne zemlje. Ipak, u većini zemalja socijalno-ekonomske koristi od korištenja bioenergije se jasno mogu identificirati kao značajna pogonska snaga za povećanje udjela bioenergije u ukupno proizvedenoj energiji. Za većinu zemalja regionalno zapošljavanje i ekonomska dobit su dvije najvažnije stvari u vezi korištenja biomase za proizvodnju energije. Studije socijalno-ekonomskih utjecaja se najčešće koriste za procjenu lokalnih, regionalnih i/ili nacionalnih posljedica provođenja određenih razvojnih odluka. Obično se takve posljedice procjenjuju ekonomskim pokazateljima poput zapošljavanja i novčanih prihoda, ali zapravo se analiza odnosi na brojne pokazatelje, koji se odnose na socijalna, kulturološka i ekološka pitanja. Problem je u tome da ovi pokazatelji nisu uvijek prikladni za kvantitativnu analizu i stoga su bili izostavljeni iz većine prošlih studija procjene utjecaja, iako za lokalnu razinu mogu biti vrlo značajni. U stvarnosti, lokalni socijalno-ekonomski utjecaji su raznoliki i razlikuju se prema čimbenicima poput tipa tehnologije, lokalnih ekonomskih struktura socijalnih profila i proizvodnih procesa. Navedeni utjecaji predstavljaju sveopći pregled mogućih kriterija koji bi mogli biti uključeni kroz vidove održivosti u procjeni biomase iz socijalno-ekonomskog gledišta. Međutim, definicija određenih socijalno-ekonomskih kriterija koji će biti uključeni u analizu

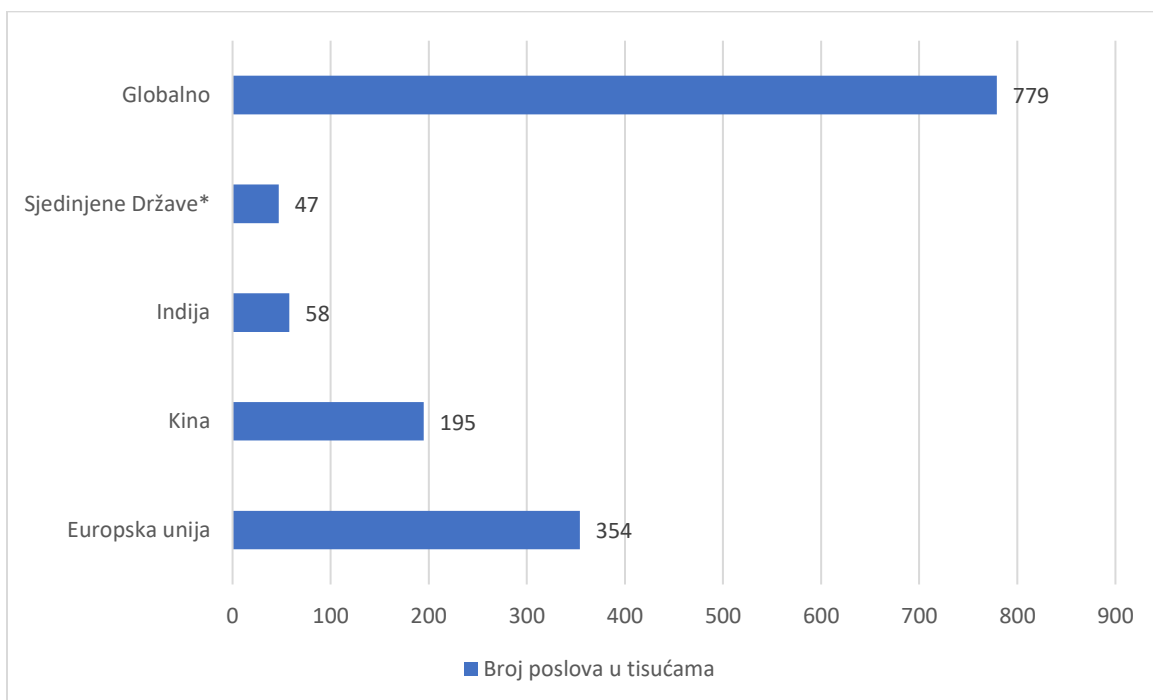
ovisi o pojedinom projektu i njegovoj pozadini. Kratak pregled nekih specifičnih slučajeva u vezi socijalno-ekonomske održivosti je dan u nastavku:

Konkurencija u potražnji za hranom, stočnom hranom i vlaknima. Kako je na globalnoj razini područje pogodno za poljoprivrednu proizvodnju ograničeno, širenje uzgoja biomase neminovno dovodi do povećanja konkurencije – prije svega sa proizvodnjom ljudske hrane. Postoji konsenzus po kojemu se prednost daje osiguranju hrane. Potražnja za ljudskom hranom ovisi o dvije stvari – porastu stanovništva i prehrambenim navikama (tj. udjelom mesa). Također u obzir treba uzeti i razinu samodostatnosti – barem što se tiče studija na Europskoj i nacionalnoj razini. Teoretski, sva hrana potrebna ljudima u Europi može biti uvezena što bi oslobodilo poljoprivredna zemljišta diljem Europe za proizvodnju biomase. Međutim, treba se uzeti u obzir da uvoz hrane dovodi do posrednih promjena u korištenju zemljišta u drugim zemljama: ako se proizvodnja hrane na postojećim (i ograničenim) poljoprivrednim zemljištima ne daje prioritet, proizvodnja energetske biomase bi dovela do pomaka proizvodnje hrane na nepoljoprivredna zemljišta - gdje može doći do promjena u korištenju zemljišta u prirodnim i polu-prirodnim ekološkim sustavima. Isto se, naravno, može dogoditi i u Europi ako se proizvodnja hrane ne daje prioritet ili ako nije strogo zabranjena prenamjena šuma ili travnjaka. Takve promjene korištenja zemljišta se kritiziraju sa stajališta klimatskih promjena i biološke raznolikosti. Iako se raspravljalo manje žestoko, prisutna je jaka konkurencija za korištenje biomase u proizvodnji biomaterijala primjerice drva kao građevinskog materijala. Također tom zahtjevu treba dati važnost s obzirom na to da je biomasa trenutno jedini alternativni izvor dok su za energiju dostupni i drugi obnovljivi izvori energije poput solarne energije ili energije voda. Međutim, konačna odluka o prioritetima na konkurenciju za hranom, stočnom hranom i vlaknima, te u kojoj mjeri ova odluka treba biti prepuštena slobodnom tržištu je u nadležnosti različitih nacionalnih vlada (poštujući pritom međunarodne sporazume). U tom smislu, taj kriterij treba biti primijenjen na globalnoj razini, a prema tome bioenergija, hrana i bio-materijali bi se proizvodili tamo gdje je ekonomski najisplativije.

Stvaranje novih radnih mjesta (posebno značajno u ruralnim područjima) i time stvaranje izvora prihoda, kao što je proizvodnja bioenergije, mogu pomoći kako bi se zaustavili negativni socijalni i kohezijski trendovi (primjerice visoka razina nezaposlenosti, ruralna depopulacija i sl.). Očito je da ruralna područja u nekim zemljama pate od značajne odlazne migracije, što smanjuje stabilnost populacije. Prethodno iznesene prednosti bioenergije u ruralnim krajevima, razvijanje

bioenergetskih toplana/postrojenja može imati pozitivne utjecaje na ruralno tržište rada, kao prvo, otvaranjem izravnog zapošljavanja, kao drugo, podržavanjem vezanih industrija i zapošljavanjem u istima (npr. poljoprivredna zajednica i lokalni/regionalni dobavljači tehnologija za obnovljivu energiju, montažeri i servisi) (Šegon, 2014).

Grafikon 2 . Procijenjeni broj izravnih i neizravnih poslova povezanih s energijom čvrste biomase u svijetu u 2021./2022. godini, po regijama.



Published by Statista Research Department, April 2024.

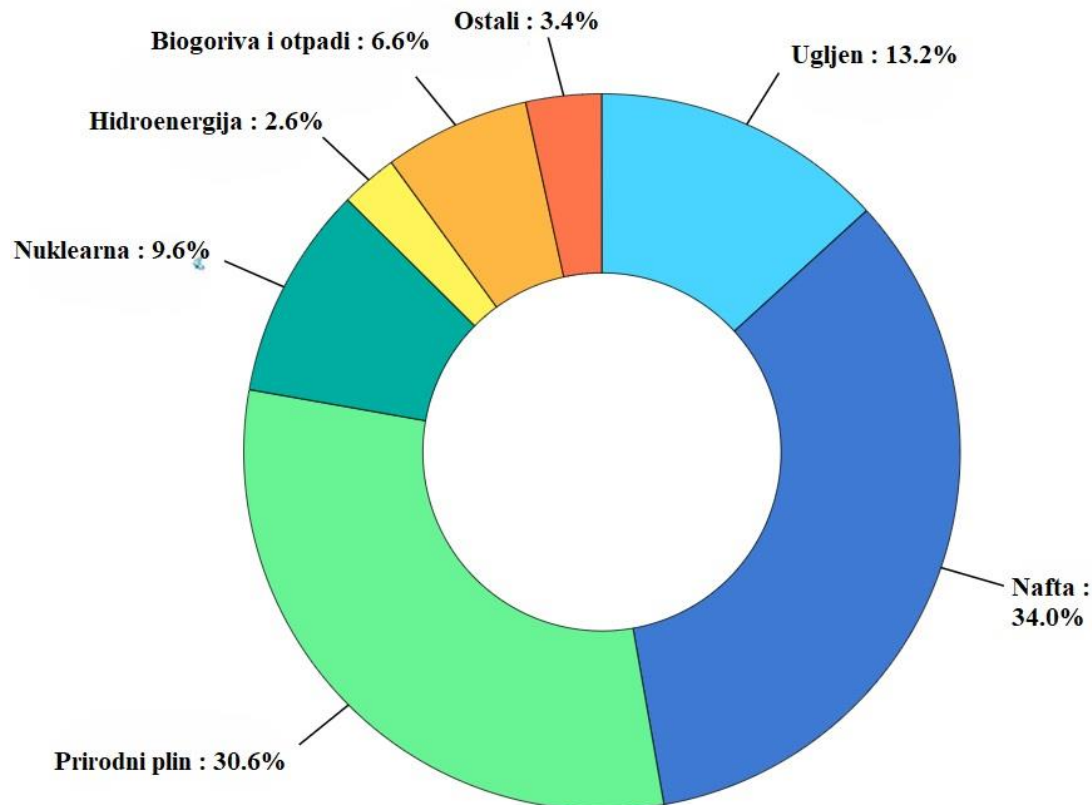
Povećanje standarda života. S ekonomskog gledišta "životni standard" se odnosi na razinu potrošnje u kućanstvu, odnosno razinu novčanog dohotka. Međutim, postoje drugi čimbenici koji pridonose životnom standardu osobe, ali koji nemaju neposrednu ekonomsku vrijednost. To se odnosi na čimbenike poput edukacije, okoliš i zdravstvena njega, a koje bi podjednako trebalo uzeti u obzir. (Šegon, 2014).



## 4.2. Konkurentnost biomase u odnosu na ostale oblike energije

Grafikon prikazuje udio različitih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije, gdje nafta čini 34.0 %, prirodni plin 30.6 %, ugljen 13.2 %, nuklearna energija 9.6 %, biogoriva i otpadi 6.6 %, hidroenergija 2.6 %, dok ostali izvori zauzimaju 3.4 %. Biomasa i biogoriva, koja čine 6.6 % ukupne potrošnje, imaju značajan potencijal kao obnovljivi izvori energije. Njihova održivost proizlazi iz činjenice da dolaze iz obnovljivih izvora poput poljoprivrednog i šumskog otpada, kao i specifičnih energetske usjeva. Osim toga, korištenje biomase i biogoriva može smanjiti emisije stakleničkih plinova u usporedbi s fosilnim gorivima, čime doprinosi smanjenju ukupnog ugljičnog otiska. Njihova upotreba također povećava energetske sigurnost smanjenjem ovisnosti o uvozu fosilnih goriva.

Grafikon 3 OECD Udio u ukupnoj opskrbi energijom



Izvor : (OECD Share of Total Energy Supply by Source, 2020 – Charts – Data & Statistics - IEA, n.d.)

Nove tehnologije kogeneracije na biomasu temelje se na termičkoj obradi sječke na temperaturama iznad 700 °C, pri čemu nastala para pokreće turbinu koja generira električnu energiju. Na primjer u Hrvatskoj je glavna sirovina za proizvodnju energije u kogeneracijskim postrojenjima drvena sječka, dobivena od drvnog materijala niske kvalitete koji nije pogodan za daljnju obradu u drvnoj industriji, kao i od stabala zaraženih biljnim bolestima ili nametnicima. S obzirom na to da je gotovo 50 posto kopnenog teritorija Hrvatske prekriveno šumama, s godišnjim prirastom od 10 milijuna kubičnih metara, zemlja je bogata tim prirodnim resursom. U Europskoj uniji, kogeneracija je najzastupljenija u šumovitim zemljama poput Austrije, te u Skandinaviji i baltičkim zemljama. Najveći dobavljači, kao što su Hrvatske šume, posjeduju međunarodne certifikate koji potvrđuju odgovorno i održivo upravljanje šumama. Prednosti kogeneracija na biomasu u odnosu na primjerice vjetar ili solarne elektrane su višestruke. Prva je potencijal simultane proizvodnje električne i toplinske energije, a poznato je da se tijekom sezone grijanja pretežito u većim urbanim sredinama koristi toplinska energija dobivena iz fosilnih goriva. Uz to, dodatne sinergije mogu se ostvariti kroz prodaju toplinske energije (a potencijalno i rashladne u trigeneracijama) industrijskim potrošačima iz poljoprivrede te prehrambenoj i drvno-prerađivačkoj industriji. Time se smanjuju troškovi i tim subjektima te se povećava konkurentnost, što je posebice važno za izvozno orijentirane industrije. Druga prednost je veći ekonomski multiplikator kroz direktnu i indirektnu zaposlenost, jer kogeneracije zahtijevaju kontinuiranu radnu snagu za operatore i menadžment, što nije slučaj s vjetro ili solarnim elektranama.

Osim toga, kogeneracije indirektno potiču zapošljavanje domaćih dobavljača u šumarstvu te industriji proizvodnje sustava i komponenti za termoenergetska postrojenja. Važno je napomenuti da se većina kogeneracija na biomasu nalazi u blizini izvora sirovina, uglavnom u ruralnim područjima Hrvatske, čime se potiče ujednačeniji regionalni razvoj. Treća prednost je utjecaj na stabilnost nacionalne distributivne mreže. Visoka volatilnost u proizvodnji električne energije zbog vanjskih faktora poput izmjene dana i noći te godišnjih doba opterećuje mrežu i povećava troškove balansiranja. Kogeneracije na biomasu, neovisno o vanjskim faktorima, mogu raditi 24 sata dnevno tijekom većeg dijela godine, s predvidivim profilom proizvodnje (*Mateo Žokalj, 2021*). Unatoč višestrukim ekonomskim prednostima kogeneracije na biomasu, zanemaruju se troškovi postavljanja i održavanja postrojenja. Visoki početni troškovi i ekonomske oscilacije na tržištu energije predstavljaju značajan izazov. Iako je Hrvatska bogata šumskim resursima, pitanje

održivosti i dugoročne dostupnosti sirovina nije dovoljno razmotreno. Intenzivno korištenje šuma za energiju može dovesti do degradacije resursa ako se njima ne upravlja pažljivo. Iako je biomasa obnovljiv izvor energije, termička obrada može proizvesti štetne emisije, što zahtijeva detaljniju analizu utjecaja na okoliš i mjere za minimizaciju tih utjecaja.

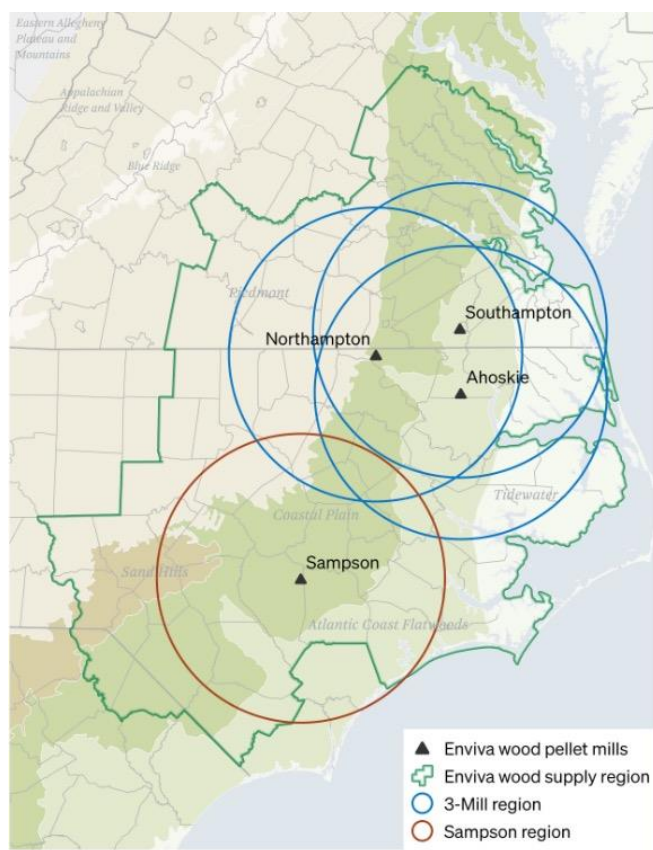
### **4.3. Ekološki utjecaj korištenja biomase**

Upotreba biomase i biogoriva može nuditi brojne prednosti, kao što su smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima te smanjenje emisija stakleničkih plinova. Međutim, upotreba biomase nosi sa sobom razne rizike i izazove. Jedan od glavnih problema je deforestacija, to jest krčenje ili sječa šuma koje se tada pretvara u nešumsku upotrebu. Krčenje šuma se javlja zbog potrebe za energetske usjevima, čime se povećavaju emisije CO<sub>2</sub> i uništavaju prirodna staništa. Između ostalog, postoje studije koje tvrde da troškovi proizvodnje i prerade biomase nadmašuju troškove fosilnih goriva, što dovodi u pitanje da li je to uopće ekonomski isplativija primjena. Uz ove glavne probleme, javljaju se problemi poput degradacije tla, visoke konkurencije za vodu i resurse, te etička pitanja vezana uz korištenje poljoprivrednih površina za proizvodnju energije umjesto hrane.

Najnovije istraživanje koje je izdano od strane Southern Environmental Law Center-a (*Center.*, 2022) potvrđuje veliku štetu koju ta industrija nanosi ekosustavu i klimi na primjeru južnih šuma u Sjevernoj Americi. Industrija biomase i biogoriva se bavi pretvorbom drveća u drvene pelete, čime se tada spaljuju radi proizvodnje energije za višu korisnost. Poduzeća u toj industriji znaju prikazivati pogrešne podatke te lažno prezentirati ovaj proces kao čistu energiju. Spaljivanje i kročenje drveća za energetske upotrebu može emitirati čak više ugljičnog zagađena nego spaljivanje ugljena, te se uzrokuje dugotrajna šteta šumama i ekosustavima. Znanstvenici sa Sveučilišta Clark su odlučili pratiti lokacije pogona za proizvodnju biomase, koji su najčešće smješteni na jugu Sjedinjenih Američkih Država. Pratili su lokacije s pomoću satelitskih snimka kako bi procijenili količinu izgubljenog šumskog pokrova u blizini četiri pogona za proizvodnju peleta, koji su u vlasništvu tvrtke Enviva u Sjevernoj Karolini i Virginiji ; Southampton, Northampton, Ahsoskie i Sampson. Bitno je napomenuti da je Enviva najveći proizvođač drvenih

peleta a svijetu, tako da su istraživači za primjerak odlučili uzeti najznačajnijeg predstavnika za istraživanje utjecaja industrije. Istraživači su otkrili da je sječa u područjima oko četiri tvornice peleta porasla značajno od početka rada Envive u tim objektima. Podaci Šumarske službe iz 2019.godine potvrđuju da je u navedenim područjima posječeno malo više od 6,6 milijuna tuna zelenih šuma za bioenergiju ili drveno gorivo. To je jednako površini od 71.000 hektara šuma, a Enviva je glavni korisnik tog drva.

Slika 2 prikaz lokacije 4 envivine tvornice pelete



Izvor: *Southern Environmental Law Center(2022)*

:<https://www.southernenvironment.org/news/new-study-confirms-harmful-impacts-of-biomass/>

Istraživanje je otkrilo da su od 2016. do 2018. godine Envivine tvornice peleta u Ahoskieju, Northamptonu i Southamptonu potrošile gotovo polovicu drva iz područja. Ova razina sječe može pogoršati kvalitetu vode, uništiti staništa divljih životinja te dodatno ugrožavati vrste koje su već u riziku. Ovaj se zaključak temelji na podacima koje je Enviva sama prijavila o praksama nabave za tri tvornice za drvene pelete, uključujući količinu materijala koju su te tvornice

potrošili tijekom relevantnog vremenskog razdoblja (između 2,33 i 2,66 milijuna zelenih tona godišnje), postotak materijala koji dolazi izravno iz šume (87%) i postotak materijala od tvrdog drva (78%). Prema ovim podacima, autori izvješća procjenjuju da otprilike 68 % Envivinih sirovina dolazi izravno iz nedavne žetve tvrdog drva u tom području. Uspoređujući to s rezultatima satelitske analize, zaključili su da tvornice peleta koriste značajan dio ukupne sječe šuma unutar regije ovih tvornica. Šume drva na jugu pohranjuju velike količine ugljika, a njihova sječa ispušta plin koji zadržava toplinu u atmosferi, što pogoršava klimatsku krizu. Enviva je sama priznala da u ovakvim situacijama upotreba biomase od drvnih peleta nije korisna za klimu: „Ako rast i sekvestracija ne drže korak sa sječom, onda se slažemo da se emisije nastale izgaranjem biomase ne bi trebale smatrati prihvatljivima za klimu“ (*Enviva White Paper*). Ovo istraživanje je potvrdilo da je sječa za postrojenja za drvene pelete vjerojatno smanjila zalihe ugljika u šumama oko tvrtkinih tvornica peleta Northampton, Ahoskie i Southampton. Iako je ovo istraživanje ispitivalo samo Envivina postrojenja za proizvodnju peleta, gotovo identične stvari se događaju diljem juga. Posljednjih par godina zabilježen je nagli porast broja tvornica koje rade u regiji. Istraživači su otkrili da na jugu rade trenutno 23 aktivna pogona za izvoz peleta, a u planu je još 11 takvih objekata. Ovo istraživanje daje uvid u značajne ekološke i klimatske rizike povezane s industrijom energije iz biomase. Iako se biomasa prikazuje kao čista energija, podaci o emisijama ugljikovog dioksida i sječi šuma pokazuju suprotno. S obzirom da se šume na jugu SAD-a suočavaju s velikim gubitkom drva radi industrije drvnih peleta, dovodi se u pitanje koliko je biomasa održiva i klimatski prihvatljiva opcija. Emisije puštene u atmosferu sagorijevanjem drvnih peleta mogu biti čak i veće od onih iz fosilnih goriva kada rast i sekvestracija ne uspijevaju nadoknaditi sječū. Istraživanje je dovelo u pitanje koliko je biomasa važna kao rješenje za klimatske promjene te ukazuju potrebu za preispitivanjem politika koje potiču korištenje biomase i potrebu za traženjem alternativnih i stvarno održivih izvora energije.

## **5. ANALIZA UPOTREBE BIOMASE U HRVATSKOJ**

### **5.1. Hrvatska energetska politika biomase**

Pošto Hrvatska sudjeluje u energetskej tranziciji EU-a, ona mora kao punopravna članica usklađivati energetskej politiku i zakonodavni okvir sa zakonodavstvom EU-a te ostvarivati svoje interese u području energetike koji su utvrđeni strategijom, zakonima i drugim propisima vezano uz energetske djelatnosti. Međutim, Hrvatska je i prije učlanjenja u EU tijekom pretpripravnih pregovora i priprema za članstvo napravila program korištenja OIE (obnovljivih izvora energije) i akcijski plan za OIE kako bi utvrdila dugoročnu perspektivu razvoja infrastrukture a u Hrvatskoj reforma energetskeg sektora započinje donošenjem Zakona o energiji 2001. (NN 68/2001) i paketa energetskeg zakona s pomoću kojih se pojednostavljuje obavljanje pojedinih energetskeg djelatnosti. Prema Zakonu o energiji (NN 68/2001 i 177/2004), ključni dokument za definiranje energetske politike i planiranje razvoja energetskeg sektora je Strategija energetskeg razvoja. Ovaj dokument, kojeg donosi Hrvatski sabor na prijedlog Vlade RH za razdoblje od najmanje deset godina, uključuje nacionalne energetske programe, potrebna ulaganja u energetiku, poticaje za obnovljive izvore i kogeneraciju, te mjere za povećanje energetske učinkovitosti i zaštitu okoliša. Dosad su usvojene tri energetske strategije. Prva, Strategija energetskeg razvitka, donesena je 2002. godine i imala je više dimenzija; energetske, ekonomske, zakonodavne, organizacijske, institucionalne i obrazovne – s ciljem pripreme energetskeg sektora Hrvatske za ulazak u EU (NN 38/2002-839). S obzirom na status Hrvatske kao kandidatkinje za članstvo u EU, prihvaćanje sporazuma o Energetskej zajednici, te potpisivanje i ratifikaciju Kyotskeg protokola, kao i suočavanje s nestabilnim cijenama energije na svjetskom tržištu, 2009. godine usvojena je druga, poboljšana strategija – Strategija energetskeg razvoja RH (NN 130/2009-3192). Ova strategija je postavila tri glavna cilja: sigurnost opskrbe energijom, konkurentnost energetskeg sustava i održivost energetskeg razvoja. Prema Strategiji (NN 130/2009-3192), Hrvatska je identificirana kao zemlja s visokim potencijalom za korištenje biomase, s ciljem da do 2010. iskoristi oko 15 PJ energije iz biomase, a do 2020. oko 26 PJ. Predviđeno je da će se značajan dio biomase koristiti u brojnim elektranama ukupne snage oko 85 MW do 2020. godine, pri čemu će prioritet imati postrojenja koja proizvode i električnu i toplinsku energiju radi povećanja energetske učinkovitosti.

Strategija također predviđa sinergijski učinak različitih razvojnih politika poticajima državne, industrijske, poljoprivredne i energetske politike. Time bi se trebao omogućiti razvoj drvnoprerađivačke industrije, gospodarenje šumama i korištenje šumske biomase te podržati pošumljavanje i uzgoj kratkotrajnih usjeva, kao i korištenje biomase za proizvodnju energije u kogeneraciji i elektranama na biomasu. Hrvatska se od ulaska u Europsku uniju 1. srpnja 2013. obvezala na povećanje potrošnje energije iz obnovljivih izvora sukladno Direktivi 2009/28/EZ, prema kojoj udio energije iz obnovljivih izvora mora iznositi najmanje 20% bruto potrošnje energije do 2020. godine u Europskoj uniji. U tu svrhu svaka članica EU bila je obvezna izraditi nacionalni akcijski plan za obnovljive izvore energije, a Hrvatska je 2013. usvojila svoj plan. Potom je Ministarstvo zaštite okoliša i energetike RH pristupilo izradi treće Strategije energetske razvoja RH do 2030. s pogledom na 2050. Energetski institut "Hrvoje Požar" izradio je Zeleno-bijela knjiga kao analitička osnova za strategiju. Nacrt prijedloga strategije, kao i strateške studije utjecaja na okoliš, objavljen je u svibnju 2019. godine. Integrirani nacionalni energetske i klimatski plan za razdoblje 2021.-2030. također se temelji na postojećim strategijama i planovima, koji omogućuju pregled nacionalne ciljeve i mjere za postizanje tih ciljeva u okviru pet ključnih dimenzija Energetske unije. Poljoprivreda, šumarstvo i ribarstvo te proizvodnja temeljena na ovim sektorima, ali i održavanje krajobraza (prometne, energetske i druge infrastrukture, vodotoka, urbanih zelenih površina), kao i gospodarenje otpadom, siroviniska su baza obnovljivih bioloških resursa biogospodarstva, odnosno biomasa. Pri tome, prednost u korištenju biomase treba dati proizvodima veće dodane vrijednosti ili provedbi kaskadnog korištenja, ali pritom to treba uskladiti s nacionalnim kapacitetima gospodarstva i znanstveno-istraživačke zajednice, tj. kao i s definiranim strateškim ciljevima razvoja. Sektor energetike, uključujući OIE i biomasu, pod velikim je utjecajem Zakona o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji iz 2015. (Narodne novine 100/2015) i izmjenama i dopunama Zakona koje su stupile na snagu krajem 2018. (Narodne novine 111/2018). Donošenjem tog zakona Hrvatska je prvi put na jednom mjestu uredila ovo područje OIE i time potvrdila da su korištenje obnovljivih izvora i proizvodnja energije iz visokoučinkovite kogeneracije važni za nacionalno gospodarstvo. Navedenim Zakonom i njegovim izmjenama i dopunama utvrđene su brojne prednosti za investitore, a to znači da je s jedne strane olakšanim razumijevanjem procesa izgradnje proizvodnih pogona i ulaska u sustav poticaja omogućena veća transparentnost i bolja informiranost svih sudionika na tržištu. Jedan od aktualnih zakona u Republici Hrvatskoj je

Zakon o kratkotrajnim drvenastim usjevima (Narodne novine 15/2018-313), donesen 2018. godine u svrhu stvaranja uvjeta za proizvodnju biomase iz usjeva kao obnovljive i ekološki prihvatljive izvor energije temeljen na načelima ekonomske održivosti, društvene odgovornosti i ekološke prihvatljivosti. Ovaj Zakon je prvi takav propis u Hrvatskoj, a provedbom se dopušta iskorištavanje šumskog i poljoprivrednog zemljišta koje nije pogodno za poljoprivrednu proizvodnju ili je zapušteno. Time se potiče razvoj zemljišta kao resursa za proizvodnju energije i omogućuje dodana vrijednost, ali i nova zapošljavanja u vidu samozapošljavanja i zapošljavanja u ruralnim područjima. Dana 28. veljače 2020. godine donesena je Strategija energetskog razvitka Republike Hrvatske do 2030. godine s dugoročnim planiranjem do 2050. godine (Narodne novine 25/2020-602). Ova strategija dala je novo značenje eksploataciji drvnog ostatka u okviru kružnog gospodarstva i biogospodarstva te time proširila svoju primjenu prema novim opskrbnim lancima i proizvodima temeljenim na novim biološkim temeljima. Industrije poljoprivrede, šumarstva i ribarstva te održavanje krajobraza (kao što je održavanje prometne, energetske i druge infrastrukture, vodnih tijela, urbanih zelenih površina) zajedno s gospodarenjem otpadom čine osnovu obnovljivih izvora biološke biomase. Pri tome prednost treba dati proizvodima koji imaju veću dodanu vrijednost ili primjenu postupnog korištenja i usklađenu s nacionalnim gospodarskim kapacitetom, znanstvenoistraživačkom zajednicom i strateškim ciljevima razvoja. Energetski sektor, uključujući obnovljive izvore energije (OIE) i biomasu, pod velikim je utjecajem Zakona o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji iz 2015. (Narodne novine 100/2015) i njegovih izmjena iz 2018. (Narodne novine 111/ 2018). Donošenjem ovog zakona Hrvatska je po prvi put na jednom mjestu uredila područje OIE, čime je potvrđena važnost korištenja obnovljivih izvora i proizvodnje energije iz najučinkovitijih kogeneracija koje su od velike važnosti. značaj za nacionalnu ekonomiju. Ovaj zakon, zajedno s izmjenama i dopunama, pruža mnogo investitorima, jer pojednostavljuje proceduru izgradnje proizvodnih pogona i ulazak u sustav poticaja, uspostavlja veću transparentnost, kao i bolju informiranost svih sudionika na tržištu. Jedan od zakona od pomoći u Hrvatskoj je Zakon o drvenastim usjevima niskog uzgoja (Narodne novine 15/2018-313) koji je donesen 2018. godine, s namjerom da se uspostave uvjeti za proizvodnju biomase iz usjeva koji obnovljivi i ekološki prihvatljivi. Ovim zakonom, prvim takve vrste u Hrvatskoj, dopušteno je iskorištavanje šumskih i poljoprivrednih zemljišta koja su neprikladna za poljoprivrednu proizvodnju ili se ne održavaju. Time se pomaže u promicanju korištenja zemljišta kao resursa za

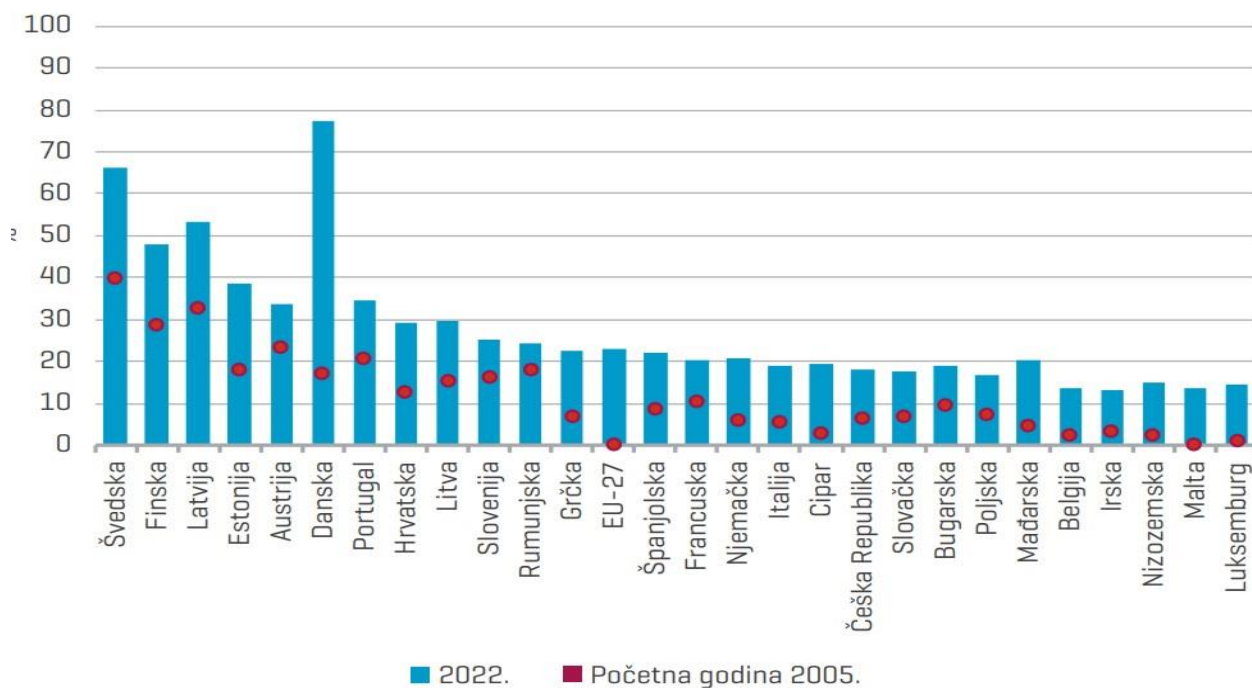


proizvodnju energije, što dovodi do stvaranja dodane vrijednosti kao i otvaranja novih radnih mjesta kroz zapošljavanje u ruralnim područjima (Helena Biljuš, 2021).

## 5.2. Komparativna analiza Hrvatskog tržišta biomase s tržištem Europske Unije

Posljednjih godina došlo je do značajnog porasta korištenja obnovljivih izvora energije (OIE) u zemljama članicama EU, između ostalog i zahvaljujući programu Strategije Europa 2020, kojim je postavljen cilj od 20% udjela OIE u potrošnje energije u EU. Direktivom o energiji iz obnovljivih izvora, donesenoj 2009. godine, postavljeni su i nacionalni ciljevi za svaku zemlju, uzimajući u obzir njihove startne pozicije i ukupni potencijal energije iz OIE. Pregled napretka ostvarenog u ostvarenju ovih ciljeva dan je na *grafikonu 4.* koja prikazuje udio energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj bruto finalnoj potrošnji energije u razdoblju od 2005. do 2022. godine.

*Grafikon 4. Udio energije iz OI u ukupnoj bruto finalnoj potrošnji energije u odnosu na početnu godinu i ostvareni udio u 2022. godini, u postocima po zemljama članicama Europske unije*



*Izvor .: Eurostat, SHARES 2022 summary results (11.2.2024.).*

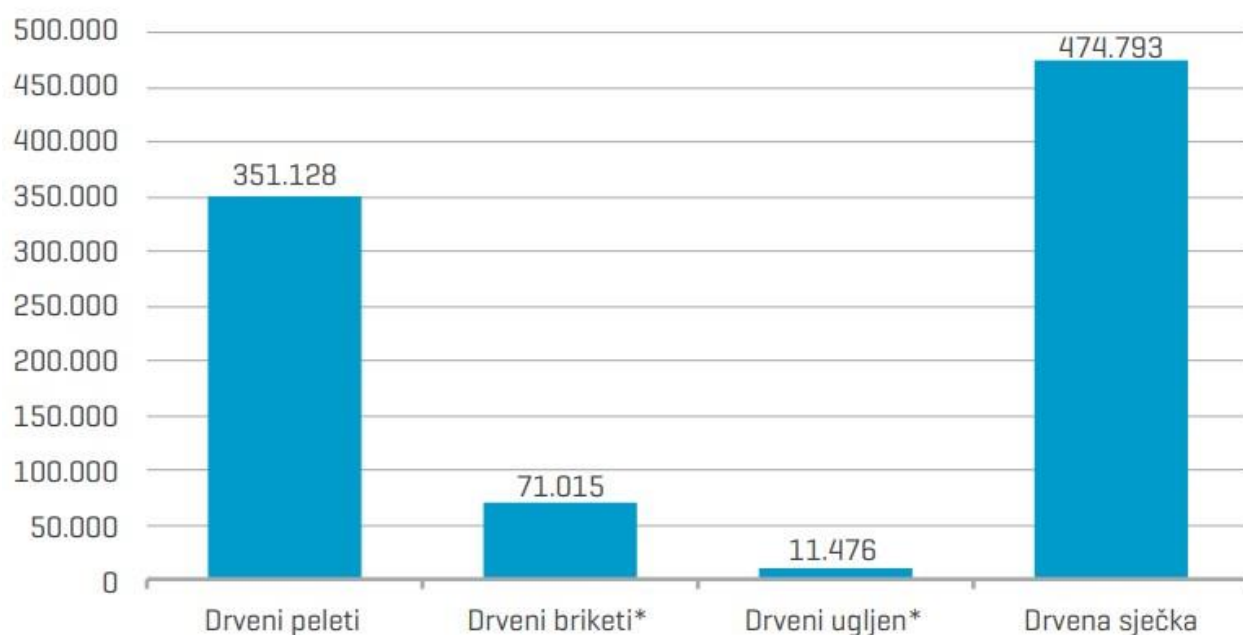
Ukupno 23 zemlje članice Europske unije povećale su udio obnovljivih izvora energije (OI) u bruto finalnoj potrošnji energije u 2022. godini, dok su četiri zemlje zabilježile pad udjela u

usporedbi s 2021. godinom. Najveći udio energije iz OI zabilježile su Švedska (66%), Finska (47,1%), Latvija (43,3%), Danska (41,6%), Estonija (38,5%), Portugal (34%) i Austrija (33,4%). Ostale zemlje članice imaju udio energije iz OI manji od jedne trećine, a najmanje udjele bilježe Irska (13,1%), Malta (13,4%) i Bugarska (13,8%). Najveći relativni porast udjela energije iz OI zabilježile su Finska (5%), Švedska (3,3%) i Luksemburg (2,6%). Nastavi li se ovakav trend rasta, Hrvatska ne bi trebala biti suočena s problemom u ostvarivanju svojih ciljeva u sljedećem desetljeću. Također, proizvodnja i potrošnja energije iz drva i biomase bilježi rast, iako po niskoj prosječnoj godišnjoj stopi. Prema podacima Energetskog instituta "Hrvoje Požar", u razdoblju od 2013. do 2018. proizvodnja je rasla po prosječnoj godišnjoj stopi od 0,5%, a potrošnja 0,6%. Povećanjem proizvodnje, ali sporim tempom, hrvatski udio u proizvodnji primarne energije iz biomase vrlo je malen u odnosu na EU. Doprinos Hrvatske u prikupljanju primarne energije iz biomase i obnovljivog otpada u 2016. iznosio je 1,17%, prema podacima iz Bioenergy Europe. Kruta biomasa je primarni izvor biomase, uz kontinuirani rast proizvodnje peleta. Biomasa prednjači u ukupnoj potrošnji energije, dok najmanje energije troše biogoriva u industriji i prometu. Čak ni unutar EU-a, scenarij nije previše drugačiji, jer još uvijek uvozi značajnu količinu biomase. Uvoz i izvoz biomase raste, dok pritom uvoz raste bržim tempom. U području potrošnje energije iz obnovljivih izvora, podaci koje je objavilo Europsko udruženje za biomasu Bioenergy Europe (Statistical Report, 2019.) pokazuju da je u 2017. godini na razini EU biomasa sudjelovala s 8,6% u ukupnoj bruto finalnoj potrošnji Europske unije. Postotak udjela Hrvatske u količini potrošene biomase u ukupnoj konačnoj bruto potrošnji Europske unije manji je od 1%, dok je najveći za Njemačku. Na razini Hrvatske udio potrošnje biomase u ukupnoj bruto finalnoj potrošnji iznosio je 14,7%. Štoviše, prema podacima Bioenergy Europe (Statističko izvješće, 2019.), proizvodnja primarne energije iz obnovljivih izvora jedina je kategorija koja raste u EU-28, a glavnu ulogu u tome imaju biomasa i vjetar; u isto vrijeme, biomasa i dalje zauzima vodeću poziciju (s udjelom od 18% u proizvodnji primarne energije u EU-27 u 2017.). Stoga su OIE najvažniji čimbenik za osiguranje energetske neovisnosti Europske unije. Doista, u EU-27 primarna proizvodnja fosilnih goriva naglo je pala – za gotovo 50% u 2017. u usporedbi s 2000.

U proizvodnji goriva iz obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj, govori se o različitim oblicima krute biomase. U usporedbi s 2022. godinom, statistički podaci pokazuju povećanje

proizvodnje drvenih briketa za 26 posto i drvene sječke za 12 posto. S druge strane, proizvodnja drvnog ugljena opala je za 19 posto. Proizvodnja drvnih peleta se stabilizirala, zabilježivši rast od svega 2 posto u 2022. godini u odnosu na prethodnu godinu. Ogrjevno drvo i dalje je najzastupljenije obnovljivo gorivo u Hrvatskoj, s količinom od 4.883.600 kubičnih metara u 2022. godini. Od ukupne proizvodnje peleta u 2022. godini, oko 57,7 posto je izvezeno na strana tržišta, dok je od ukupne proizvodnje briketa oko 78,5 posto izvezeno na strana tržišta.

Grafikon 5 Proizvodnja krutih biogoriva u 2022.godini u tonama, bez ogrjevnog drva

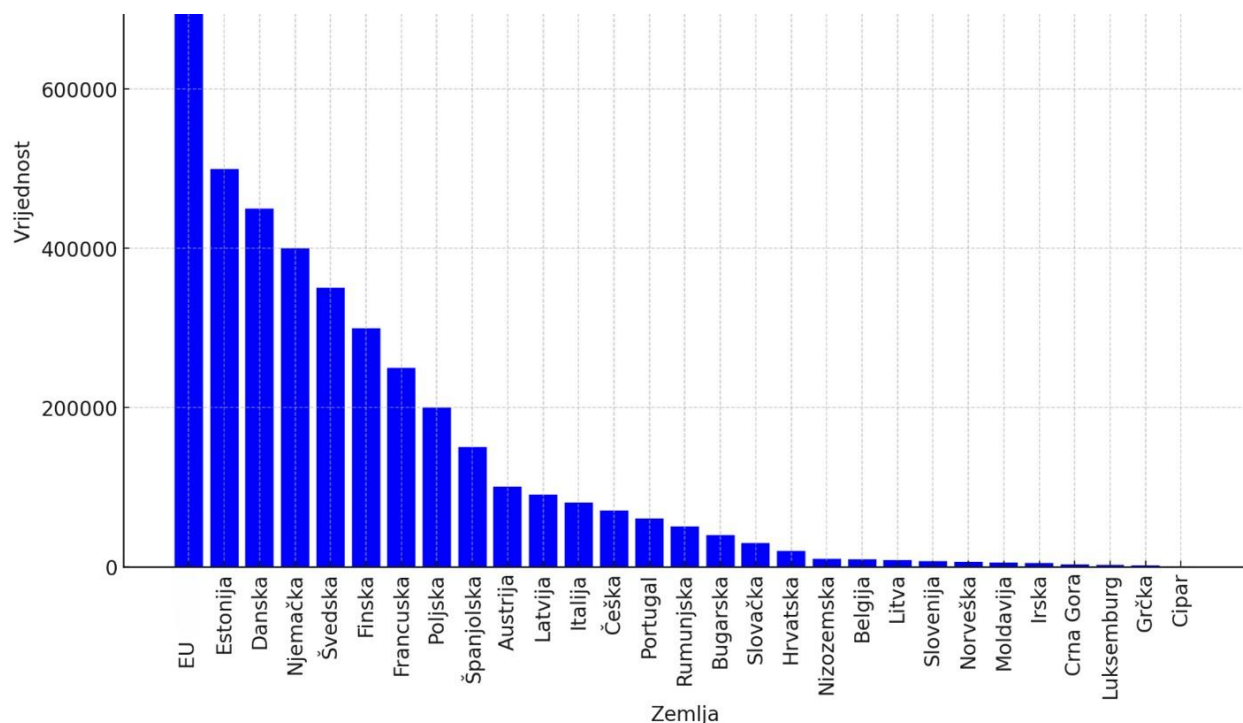


Izvor : Biljana Kulišić, 2024. Dostupno na ; <https://eizg.hr/userdocsimages//publikacije/serijske-publikacije/sektorske-analize/SA-Energetika-2024-2.pdf>

Prema podacima Europskog vijeća za pelete (EPC) objavljenim u izvješću udruge Bioenergy Europe, u 2018. godini većina članica Europske unije ostvarila je više od polovice svojih kapaciteta za proizvodnju peleta. Također, prema istom izvješću, Hrvatska od 2010. godine bilježi stalan porast proizvodnje peleta, pri čemu su svi tržišni uvjeti postali povoljni za razvoj proizvodnje (dostupnost sirovina i inozemna potražnja), a taj uzlazni trend je očekuje se nastavak. Kapacitet uspravne proizvodnje na razini EU u 2018. iznosio je 23,4 milijuna tona, a proizvedeno

je 16,9 milijuna tona peleta. Iako je najveći broj pogona za proizvodnju peleta bio u Španjolskoj, najveći kapacitet i ostvarenu proizvodnju ostvarila je Njemačka. Hrvatska je u 2018. godini ostvarila 82% moguće proizvodnje peleta, s obzirom na to da je naš proizvodni kapacitet bio 370.000 tona, a proizvedeno je 305.000 tona peleta. (Helena Biljuš, 2021)

Grafikon 6 Opskrba i dostupnost biomase unutar država članica EU u 2021.godini, u tisućama kubnih metara



Izvor : Statistics Eurostat. (n.d.). Dostupno na ; [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg\\_cb\\_bm/default/bar?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_cb_bm/default/bar?lang=en)

Što se tiče opskrbe i dostupnosti biomase, na vrhu ljestvice nalaze se Estonija, Danska i Njemačka s najvećom dostupnošću biomase, izraženu u kubnim metrima. To ukazuje na razvijenu infrastrukturu i značajna ulaganja u sektoru biomase u tim zemljama. Visoka dostupnost biomase u ovim zemljama omogućava ne samo zadovoljenje domaćih potreba, već i izvoz biomase, što dodatno doprinosi njihovim gospodarstvima. Hrvatska, s dostupnošću biomase od približno 20 000 kubnih metara, nalazi se u donjoj polovici ljestvice što ukazuje na određena ograničenja u količini raspoložive biomase. Iako je Hrvatska ostvarila europske ciljeve za potrebnih 20 % udjela proizvodnje iz obnovljivih izvora do 2020., provedenom analizom

hrvatskog tržišta biomase može se zaključiti da je udio biomase u proizvodnji iz OIE-ova još uvijek premalen. Hrvatska ima značajan potencijal za rast u sektoru biomase, posebno kroz razvoj industrije prerade biomase u drvene pelete.

### **5.3. Diskusija rezultata istraživanja**

Primjenom kvantitativnih pokazatelja i usporedba strategija dobila se detaljna analiza tržišta biomase u Europskoj Uniji i Hrvatskoj. Korištenjem podataka iz različitih baza podataka identificirani su potencijali i ograničenja biomase kao obnovljivog izvora energije. Slikom svjetske karte ukupne potrošnje biogoriva se istaknulo koje zemlje prevladavaju na globalnom tržištu biogoriva te se definirao pojam biogoriva. Tehnološke inovacije i učinkovitost korištenja biomase su pokazane kroz tehnologije pretvorbe biomase. Ekonomski učinci dani su na primjeru država koje koriste razne mjere ekonomskih poticaja kako bi promovirale razvoj energetike bazirane na biomasi. Održivost u proizvodnji biomase se analizirala kroz tri ekonomska stupa ; ekonomski, društveni i ekološki. Uloga biomase u smanjenju stakleničkih plinova se primjenom dijagrama svjetskih emisija ugljikovog dioksida povezalo s zemljama koje se manje oslanjaju na fosilna goriva. Pregled upotrebe biomase na globalnoj razini dan je grafikonom ukupne opskrbe primarnom energijom iz obnovljivih izvora na globalnoj razini te se ukazuje na činjenicu da bioenergija čini čak 67%. Socioekonomska održivost biomase temelji se na analizi brojnih pokazatelja kao što su socijalna, kulturološka i ekološka pitanja. Konkurentnost biomase se odredilo pomoću usporedbe s ostalim oblicima obnovljive energije te se daje pažnja na visoke troškove i oscilacije na tržištu energije. Na primjeru najvećeg proizvođača drvenih peleta za biomasu se dao naglasak na ekološki utjecaj korištenja biomase. Istraživanje Envive (najvećeg proizvođača drvenih peleta) je dovelo u pitanje koliko je biomasa važna kao rješenje za klimatske promjene te ispravnost politika koje potiču korištenje biomase i potrebu za traženjem alternativnih izvora energije. Analizom upotrebe biomase u Hrvatskoj se temeljito pregledala Hrvatska energetska politika te svi bitni prijedlozi i strategije. Zakonom koji se donio 2018. godine se potiče razvoj zemljišta kao resursa za iskorištavanje i proizvodnju energije što eventualno dovodi do uređenja obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj. Kroz komparativnu analizu Hrvatskog tržišta biomase s tržištem Europske Unije se razmatralo ; udio energije iz obnovljivih izvora energije u bruto finalnoj potrošnji od 2005. do 2022.godine, proizvodnja

krutih biogoriva u 2022.godini u tonama te opskrbu i dostupnost biomase unutar država članica EU. Iz komparativne analize utvrđen je veliki potencijal Hrvatske na tržištu biomase unutar Europske Unije, unatoč preprekama i nerazvijenosti infrastrukture. Biomasa kao obnovljiv izvor energije je veoma složen jer se mora razmatrati svaki pozitivan i negativan aspekt te sve pokazatelje i primjere da se dođe do zaključka o učinkovitosti biomase

## 6. ZAKLJUČAK

Biomasa, kao obnovljivi izvor energije, predstavlja značajan potencijal za smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima i ublažavanje klimatskih promjena. Njena energetska svojstva, poput visoke ogrjevne vrijednosti i niske emisije štetnih plinova, čine je ključnom u globalnom energetsom sektoru. Biomasa se može koristiti na različite načine, uključujući grijanje, proizvodnju električne energije, biogoriva te kao sirovina u industrijskoj proizvodnji. Upravo ta svestranost omogućava široku primjenu, od lokalnih sustava grijanja do velikih termoelektrana, što doprinosi energetske sigurnosti i smanjenju troškova energije.

Što se tiče Hrvatske, energetska politika se usklađuje s europskim direktivama te omogućuje integraciju i razvoj biomase u nacionalnom energetsom pogledu. Komparativna analiza tržišta Hrvatske i tržišta Europske unije je pokazala da Hrvatska ima dobre temelje za daljnji razvoj energetskega sektora, pogotovo biomase. Međutim, za maksimalno ostvarenje planova potrebno je uložiti u infrastrukturu i tehnologije kako bi se iskoristio puni potencijal.

Konačno, biomasa se kao dostupan obnovljivi izvor energije pokazala kao bitan element u održivosti energetskega razvoja, s ekonomskim, ekološkim i društvenim prednostima. Raznovrsnost upotrebe biomase i potencijal za smanjenje emisija stakleničkih plinova je središnja točka u strategijama koje se usvajaju diljem svijeta. Njena uspješna provedba leži u pažljivom planiranju kako bi se izbjegli štetni učinci, te težnji prema održivosti. Budućnost biomase ovisi o spremnosti ljudi da prihvate i prilagode inovacije te da se uravnoteže poslovni interesi s ekološkim potrebama. Jedino takvo odgovorno i dobro održivo gospodarenje može osigurati da biomasa postane trajan i pouzdan izvor energije za buduće generacije, doprinoseći boljoj i održivoj budućnosti.

## LITERATURA

1. \*Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, 2019a: Nacrt prijedloga Strategije energetskeg razvoja Republike Biljuš, Basarac Sertić: Potencijal i uloga biomase u hrvatskoj i europskoj energetskeg... .. 318 DRVNA INDUSTRIJA 72 (3) 309-318 (2021) Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu [online]. Zagreb, Ured za zakonodavstvo Vlade Republike Hrvatske. Dostupno na : <https://esavjetovanja.gov.hr/Econ/MainScreen? EntityId=10936>
2. Biomass resources and biorenewable resources. (n.d.). Alternative Energy Tutorials. Dostupno na poveznici : <https://www.alternative-energy-tutorials.com/biomass/biomass-resources.html>
3. Burkhardt, T., Stepanova, D., Ratkin, L., Ismailov, I., Lavrushin, O., Sokolinskaya, N., Danish, M. S. S., Senjyu, T., Yuksel, S., & Dincer, H. (2021). Introduction of biofuels as a way of solving ecological problems. Dostupno na poveznici : <https://econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/10686>
4. M. Briševac.(2017.) Energetska upotreba biomase
5. European Environment Agency. (2019). Renewable energy in Europe 2019 – Recent growth and knock-on effects.
6. F. Tomic, T. Krcka: Available agricultural areas and the use of forests for biofuel production in Croatia, Šumarski List, 132 (7/8), 323 (2008).
7. F. Tomic, T. Kriska, S. Matic, I. Simunic, N. Voca, D. Petosic, (2013). Potentials for biofuel production in Croatia, with respect to the provisions set out by the European Union, Journal of Environmental Protection and Ecology 12 (3), 1121-1131
8. Guo, M.; Song, W.; Buhain, J. Bioenergy and biofuels: History, status and perspective. Renew. Sustain. Energy Rev. 2015, 42, 712–725.
9. Hamelinck, C., Faaij, A., & Junginger, H. (2005). A review of biomass and waste in a Dutch context: Biomass resource potential. Biomass and Bioenergy, 29(3), 115-133.
10. How the Biomass Industry Sent “Sustainability” Up in Smoke. (2024, June 18). Dostupno online:<https://www.nrdc.org/bio/sasha-stashwick/how-biomass-industry-sent-sustainability-smoke>.
11. Ince, P. J., Stupak, I., & De Jong, W. (2012). A literature review of the socio-economic impacts of forest biomass utilization for energy: A case study from rural Portugal. Forest Policy and Economics, 21, 1-15.
12. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2020). Bioenergy: An Essential Part of a Low-Carbon Future.



13. Islam, A.K.M. Sadrul & Ahiduzzaman, M.. (2012). Biomass Energy: Sustainable Solution for Greenhouse Gas Emission. AIP Conference Proceedings. 1440(1). 23-32. 10.1063/1.4704200.
14. Khan, M. a. H., Bonifacio, S., Clowes, J., Foulds, A., Holland, R., Matthews, J. C., Percival, C. J., & Shallcross, D. E. (2021). Investigation of biofuel as a potential renewable energy source. Atmosphere, 12(10), 1289. Dostupno online : <https://doi.org/10.3390/atmos12101289>
15. Lamers, P., Roni, M. S., Tumuluru, J. S., & Hess, J. R. (2018). Recent developments in biomass pelletization – A review. Bioresource Technology.
16. Lee, R.A.; Lavoie, J.-M. From first- to third-generation biofuels: Challenges of producing a commodity from a biomass of increasing complexity. Anim. Front. 2013, 3, 6–11.
17. Lester, T. W., Little, M., & Jolley, G. J. (2015). Assessing the economic impact of alternative biomass uses: Biofuels, wood pellets, and energy production. ResearchGate. Dostupno online : <https://www.researchgate.net/publication/282923232>
18. Lider. (2021, November 26). Biomasa - skriveni dragulj zelene tranzicije. Dostupno online : <https://lidermedia.hr/poslovna-scena/hrvatska/biomasa-skriveni-dragulj-zelene-tranzicije-139883>
19. Mizik, T.; Gyarmati, G. Economic and sustainability of biodiesel production- A systematic literature review. Clean Technol. 2021, 3, 19–36.
20. *OECD share of total energy supply by source, 2020 – Charts – Data & Statistics - IEA.* (n.d.). IEA. Dostupno online : <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/oecd-share-of-total-energy-supply-by-source-2020>
21. Oliveira, L. P., Ribeiro, R. A., & Batalha, M. O. (2019). Economic analysis of biomass power generation in Brazil: Challenges and opportunities. Biomass and Bioenergy, 129, 105353.
22. Owusu, P.A.; Asumadu-Sarkodie, S. A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. Cogent Eng. 2016, 3, 1167990.
23. Sertolli, A., Gabnai, Z., Lengyel, P., & Bai, A. (2022). Biomass Potential and Utilization in Worldwide Research Trends—A Bibliometric Analysis. Sustainability, 14(9), 5515. Dostupno na poveznici : <https://doi.org/10.3390/su14095515>
24. Silva, A. A., Costa, M., & Barbosa, L. D. (2019). Economic and environmental assessment of biomass power plants.
25. Southern Environmental Law Center. (2022). New study confirms harmful impacts of biomass industry - Southern Environmental Law Center. Dostupno na poveznici : <https://www.southernenvironment.org/news/new-study-confirms-harmful-impacts-of-biomass/>
26. Tshikovhi, A., & Motaung, T. E. (2023). Technologies and Innovations for biomass energy production. Sustainability. Dostupno online : <https://doi.org/10.3390/su151612121>
27. USEIA. Monthly Energy Review; U.S. Energy Information Administration: Washington, DC, USA, 2020. Dostupno online : <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/mer>
28. Wikimedije,D.P.(2023,). Biogoriva. Dostupno na : <https://hr.wikipedia.org/wiki/Biogoriva>

29. Wikipedia contributors. (2024). Biomass. Wikipedia. Dostupno na poveznici :  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Biomass>
30. Zhang, L., Xu, C., & Champagne, P. (2010). Overview of recent advances in thermo chemical conversion of biomass. *Energy Conversion and Management*. Dostupno online :  
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.11.038>

## POPIS SLIKA

Slika 1 Svjetska karta ukupne potrošnje biogoriva u tisućama barela dnevno (Prilagođeno prema USEIA).	8
Slika 2 prikaz lokacije 4 envivine tvornice pelete	24

## POPIS TABLICA

Tablica 1 . Sažetak tehnologija pretvorbe biomase	11
Tablica 2 Svjetske emisije ugljikovog dioksida povezanog s energijom po regijama, 2010-2050	15

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1 Ukupna opskrba primarnom energijom iz obnovljivih izvora na globalnoj razini	17
Grafikon 2 . Procijenjeni broj izravnih i neizravnih poslova povezanih s energijom čvrste biomase u svijetu u 2021./2022. godini, po regijama.	20
Grafikon 3 OECD Udio u ukupnoj opskrbi energijom	21
Grafikon 4. Udio energije iz OI u ukupnoj bruto finalnoj potrošnji energije u odnosu na početnu godinu i ostvareni udio u 2022. godini, u postocima po zemljama članicama Europske unije	29
Grafikon 5 Proizvodnja krutih biogoriva u 2022.godini u tonama, bez ogrjevnog drva	31
Grafikon 6 Opskrba i dostupnost biomase unutar država članica EU u 2021.godini, u tisućama kubnih metara	32

**Jure Bunčuga**



Datum rođenja: 22. srpnja 2001.  
Adresa: Listopadska 9, 10 000 Zagreb  
Kontakt telefon: 0953163173  
E-mail adresa: jurebuncuga095@gmail.com

### CILJEVI

Učenje kroz poslovne izazove  
Rad u dinamičnoj radnoj atmosferi  
Profesionalni razvoj

### OBRAZOVANJE

Prijediplomski stručni studij „Poslovna ekonomija“,  
program „Trgovinsko poslovanje“  
09/2020-06/2024

### ISKUSTVO

Stručna praksa | Medika d.d.  
05/2023. – 06/2023.  
Pregledavanje finansijskih izvješća (račun dobitka i gubitka, izvještaj tokova i bilance stanja).  
Pregledavanje digitalnih rješenja za novonastalu web stranicu poduzeća.  
Sudjelovanje u intervjuima zapošljavanja – filtriranje i procjena ljudi.  
Sastanci s potencijalnim kupcima/klijentima.  
Upisivanje podataka u sustav za javnu nabavu.  
Pisanje proforma fakture.

Konobar | Me & Mrs Jones  
07/2023. – 10/2023.

Konobar | Pizzeria Pape  
Sezonski od 2018. do 2022.

### VJEŠTINE

Excel – prosječno stanje  
 SAP – osnovno znanje