

Analiza ponude čvrstih biogoriva na tržištu Grada Zagreba

Rajković, Suzana

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:408685>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-12**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE

ŠUMARSKI ODSJEK

**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ ŠUMARSTVO
SMJER: TEHNIKA, TEHNOLOGIJA I MANAGEMENT U ŠUMARSTVU**

SUZANA RAJKOVIĆ

**ANALIZA PONUDE ČVRSTIH BIOGORIVA NA
TRŽIŠTU GRADA ZAGREBA**

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, RUJAN, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK

**ANALIZA PONUDE ČVRSTIH BIOGORIVA
NA TRŽIŠTU GRADA ZAGREBA**

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij Šumarstvo – Smjer: Tehnika, tehnologija i management u šumarstvu

Predmet: Šumski proizvodi

Ispitno povjerenstvo: izv. prof. dr. sc. Dinko Vusić

prof. dr. sc. Željko Zečić

izv. prof. dr. sc. Andreja Pirc Barčić

Student: Suzana Rajković

JMBAG: 0068234158

Datum odobrenja teme: 05. 05. 2023.

Datum predaje rada: 20. 09. 2023.

Datum obrane rada: 27. 09. 2023.

Zagreb, rujan, 2023.

	IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI	OB FŠDT 05 07
		Revizija: 2
		Datum: 29.04.2021.

„Izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristila drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

U Zagrebu, 20. 09. 2023.

vlastoručni potpis

ZAHVALA

Prije svega želim se zahvaliti svojem mentoru izv. prof. dr. sc. Dinku Vusiću koji mi je pomagao i usmjeravao me prilikom izrade mogeg diplomskog rada.

Posebno se zahvaljujem svojim roditeljima i obitelji koji su mi bili velika podrška te samo studiranje bez njih ne bi bilo moguće.

Velika zahvala mojim prijateljima koji su uvijek bili uz mene za vrijeme mogega studiranja.

Dokumentacijska kartica

Naslov	Analiza ponude čvrstih biogoriva na tržištu Grada Zagreba
Title	Analysis of the supply of solid biofuels on the City of Zagreb market
Autor	Suzana Rajković
Adresa autora	Svetoga Vida 19, Brinje 53260
Rad izrađen	Fakultet šumarstva i drvene tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	izv. prof. dr. sc. Dinko Vusić
Izradu rada pomogao	Branko Ursić, mag. ing. šum.
Godina objave	2023.
Obujam	32 stranice; 20 tablica; 14 slika; 28 navoda literature
Ključne riječi	ogrjevno drvo, drvni pelet, drvni briket, briketirani i nebriketirani drvni ugljen, prosječna jedinična cijena, tržište
Keywords	firewood, wood pellet, wood briquettes, briquetted and non-briquetted charcoal, average unit price
Sažetak	Istraživanje ponude čvrstih biogoriva na tržištu Grada Zagreba provedeno je u 47 prodavaonica. U ponudi su čvrsta biogoriva imale 23 prodavaonice. Ukupno su zabilježena 84 uzorka čvrstog biogoriva, a od toga 50 uzoraka drvnog ugljena, 15 uzoraka drvnog peleta, 18 uzoraka ogrjevnog drva te jedan uzorak drvnog briketa. Navedenim čvrstim biogorivima evidentiran je trgovački naziv, zemlja porijekla, cijena, masa, deklarirana kakvoća te ostali opisni podaci. Drvni pelet klasificiran je sukladno ENplus standardu, a u trgovačkim lancima bila su dostupna dva razreda kakvoće (A1 i A2). U kategoriji ogrjevnog drva u ponudi je bilo dostupno kratko rezano i cijepano ogrjevno drvo, drvo vinove loze i drvo za potpalu. U ponudi je pronađen samo jedan uzorak drvnih briketa koji nije statistički obrađen. Drvni ugljen bio je u ponudi kao briketirani i nebriketirani drvni ugljen. Od evidentiranih podataka kreirana je baza podataka te je provedena njihova analiza u računalnom programu Statistica. Prema rezultatima analize jedinične cijene pojedine vrste ogrjevnog drva statistički se razlikuju. Jedinična cijena drvnog peleta klase kakvoće A1 i A2 prema ENplus standardu ne razlikuje se statistički značajno. Također ne postoje statistički značajne razlike između jedinične cijene briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena. Jedinična cijena briketiranog drvnog ugljena porijeklom iz ostalih zemalja EU statistički je značajno različita (viša) u odnosu na drvni ugljen porijeklom iz Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Jedinična cijena nebriketiranog drvnog ugljena porijeklom iz Bosne i Hercegovine niža je od jedinične cijene nebriketiranog drvnog ugljena porijeklom iz Republike Hrvatske i ostalih zemalja EU. Analizom jediničnih cijena promatranih tipova čvrstih biogoriva utvrđena je statistički značajna razlika između jedinične cijene drvnog ugljena i ostalih istraživanih čvrstih biogoriva.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. PROBLEMATIKA.....	2
2.1. Biomasa.....	2
2.2 Tržište.....	4
3. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA	6
3.1. Mjesto istraživanja	6
3.2. Obuhvaćene prodavaonice i proizvodi istraživanjem	7
3.3. Vrste istraživanih čvrstih biogoriva	10
3.3.1 Kratko rezano i cijepano ogrjevno drvo	10
3.3.2 Drvni pelet	15
3.3.3. Drvni briket.....	18
3.3.4. Drvni ugljen	20
3.4. Način prikupljanja i obrade podataka	23
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	24
4.1. Ogrjevno drvo	24
4.2. Drvni pelet.....	26
4.3. Drvni briket	26
4.4. Drvni ugljen	27
4.5. Analiza cijena između čvrstih biogoriva	31
5. ZAKLJUČAK	32
6. LITERATURA	33

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz parametara ogrjevnog drva prema normi HRN EN ISO 17225-1:2020	12
Tablica 2. Prikaz parametara prema EN plus standardu po kojima su drveni peleti svrstani u pojedinu klasu kakvoće	16
Tablica 3. Prikaz parametara drvnog briketa prema normi EN ISO 17225-1:2020	19
Tablica 4. Parametri drvnog ugljena prema normi EN ISO 17225-1:2020	21
Tablica 5. Tablični prikaz jediničnih cijena pojedine vrste ogrjevnog drva	25
Tablica 6. Analiza varijance jediničnih cijena pojedine vrste ogrjevnog drva	25
Tablica 7. LSD test jediničnih cijena pojedine vrste ogrjevnog drva	25
Tablica 8. Tablični prikaz deskriptivne statistike jediničnih cijena drvnog peleta na temelju klasifikacije prema EN plus standardu	26
Tablica 9. Analiza varijance jediničnih cijena drvnog peleta na temelju klasifikacije prema EN plus standardu	26
Tablica 10. Tablični prikaz deskriptivne statistike jediničnih cijena briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena	27
Tablica 11. Analiza varijance jediničnih cijena briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena	27
Tablica 12. Tablični prikaz deskriptivne statistike jediničnih cijena briketiranog drvnog ugljena s obzirom na porijeklo	28
Tablica 13. Analiza varijance jediničnih cijena briketiranog drvnog ugljena s obzirom na porijeklo	28
Tablica 14. LSD test jediničnih cijena briketiranog drvnog ugljena s obzirom na porijeklo	28
Tablica 15. Tablični prikaz deskriptivne statistike jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena s obzirom na porijeklo	29
Tablica 16. Analiza varijance jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena s obzirom na porijeklo	29
Tablica 17. LSD test jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena s obzirom na porijeklo	29
Tablica 18. Tablični prikaz deskriptivne statistike jediničnih cijena čvrstih biogoriva ..	31
Tablica 19. Analiza varijance jediničnih cijena čvrstih biogoriva	31
Tablica 20. LSD test jediničnih cijena čvrstih biogoriva	31

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz stanovništva Grada Zagreba po gradskim četvrtima, popis 2021	6
Slika 2. Kartografski prikaz prodavaonica u Gradu Zagrebu u kojima su pronađena čvrsta biogoriva (https://geoportal.zagreb.hr)	9
Slika 3. Kartografski prikaz prodavaonica u Gradu Zagrebu u kojima nisu pronađena čvrsta biogoriva (https://geoportal.zagreb.hr)	9
Slika 4. Drvo pakirano u vrećama	13
Slika 5. Drvo za potpalu	13
Slika 6. Drvo vinove loze	14
Slika 7. Prikaz ambalaže drvnih peleta	17
Slika 8. Prikaz certifikata na ambalaži	17
Slika 9. Prikaz ambalaže drvnog ugljena	22
Slika 10. Prikaz raspona jediničnih cijena pojedine vrste ogrjevnog drva kutijastim dijagramom	25
Slika 11. Prikaz raspona jediničnih cijena briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena	27
Slika 12. Prikaz raspona jediničnih cijena briketiranog drvnog ugljena kutijastim dijagramom	28
Slika 13. Prikaz raspona jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena kutijastim dijagramom	30
Slika 14. Prikaz raspona jediničnih cijena čvrstih biogoriva kutijastim dijagramom ...	31

1.UVOD

Trenutni problem s kojim se susrećemo u svijetu je globalno zatopljenje prouzrokovano stakleničkim plinovima čiji se negativni učinci na globalnoj razini nastoje što je više moguće ublažiti upotrebom obnovljivih izvora energije. Važno je napomenuti kako se čovjek sve više okreće uporabi obnovljivih izvora energije, uključujući i uporabu čvrstih biogoriva proizvedenih iz drvene biomase. Upotrebom drvene biomase za proizvodnju čvrstih biogoriva značajno se povećava CO₂ neutralnost te se tako sprječava globalno zatopljenje (Lipovski 2017).

Prema podacima iz 2002. godine primarnom energijom iz biomase se zadovoljavalo približno od 10 do 15 % svjetskih potreba za energijom, a situacija u Republici Hrvatskoj odvijala se na sličan način (Domac i dr. 2015). Upotreba drva kao izvora energije oduvijek je bila važna. Unatoč tomu, u posljednjem desetljeću 20. stoljeća došlo do promjene tog trenda, a korištenje drva za energiju u razvijenim zemljama doživjelo je pad ispod 5 % (Domac i dr. 2015).

Od velike je važnosti pronaći one vrste goriva koje će moći pružiti razinu energije na način da se zadovolje iste potrebe koje su omogućene uporabom fosilnih goriva. Osim toga, na odabir vrste biomase koja će biti korištena veliki utjecaj ima proces proizvodnje odnosno pretvorba pojedinog oblika energije u drugi (McKendry 2002).

Šumska biomasa predstavlja važan izvor energije za proizvodnju električne, toplinske i rashladne energije. Korištenje energije proizvedene iz šumske biomase pruža znatne mogućnosti u pogledu otvaranja novih radnih mjesta te tako ima pozitivan utjecaj na nacionalno i globalno gospodarstvo (Domac i dr. 2015).

Povećana potražnja za šumskom drvnom biomasom moći se namiriti tako da se poveća realizacija raspoloživog etata, povećanjem iskorištenja nadzemnog obujma stabla te povećanjem površina energetske nasade drvenastih vrsta (Vusić 2013).

2. PROBLEMATIKA

2.1. Biomasa

Pod pojmom biomasa podrazumijeva se sav organski materijal koji je biljnog porijekla (McKendry 2002). Biomasa predstavlja jedan od najsloženijih oblika energije. Proizvodnja biomase ovisi o kemijskom procesu fotosintezi, koji se zahvaljujući sunčevoj svjetlosti odvija u biljkama. Biljke korištenjem ugljičnog dioksida iz atmosfere i vode stvaraju organske spojeve uz oslobađanje kisika u atmosferu (Krhen 2012).

Biomasa kao obnovljiv izvor energije može se koristiti za proizvodnju biogoriva u čvrstom, tekućem i plinovitom stanju (HRN EN 17725-1) uz pomoć kojih je na različite načine moguće proizvesti električnu ili toplinsku energiju ili ga utrošiti kao gorivo za transport (Šegon i dr. 2014).

Sukladno normi HRN EN 17725-1 izvor i porijeklo biogoriva može biti: drvena biomasa, zeljasta biomasa, biomasa plodova, vodena biomasa te smjese i mješavine. Drvena biomasa može se proizvoditi u šumi, šumskim plantažama i kulturama, nastati kao nusproizvod u drvnoj industriji ili oporabom korištenog drva.

Šumska se biomasa u različitim oblicima čvrstih biogoriva (ogrjevno drvo, drvena sječka drvni briket i drvni pelet) najčešće koristi u sustavima za grijanje, dok se drvena biomasa nastala kao nusproizvod u drvnoj industriji (piljevina i ostali drvni ostaci) može direktno koristiti kao gorivo u kotlovima ili za proizvodnju nekog oblika čvrstog biogoriva (drvni briket, drvni pelet i sl.). Drvni ostatak iz drvne industrije uglavnom je veće kvalitete od šumske biomase jer sadrži manji udio vode, a s ekonomskog stajališta manji su operativni troškovi. Na šumskim plantažama i kulturama moguća je proizvodnja biomase namijenjene za proizvodnju energije čiji potencijal uglavnom ovisi o kvaliteti tla (Šegon i dr. 2014).

Prema kemijskom sastavu biljna biomasa uglavnom se sastoji se ugljika, kisika i vode. Ugljik predstavlja krutu komponentu samoga goriva uz čiju se oksidaciju otpušta energija goriva. Nadalje ostatak energije se oslobađa iz vodika u procesu oksidacije koji zajedno sa energijom oslobođenom izgaranjem ugljika daje neto ogrjevnju vrijednost goriva. Kisik je zaslužan za održavanje progresije u procesu izgaranja. Udio vode može varirati od 15 do 60 % ovisno o trajanju prosušivanja.

Ogrjevana vrijednost pojedinog goriva izražava količinu energije koja se oslobađa tijekom izgaranja jedinice mase goriva. Prilikom procesa izgaranja dio energije (oko 2,44 MJ/kg) troši se za isparavanje vode (Francescato i dr. 2008). Stoga je ogrjevna vrijednost biogoriva negativno povezana s trenutnim sadržajem vode, a s obzirom na način izražavanja vode razlikujemo:

- Neto ogrjevnju vrijednost gdje se otpuštena voda tretira kao vodena para, odnosno izdvaja se toplinska energija koja je potrebna da bi došlo do isparavanja vode.
- Bruto ogrjevnju vrijednost gdje se voda u proizvodima izgaranja tretira kao tekućina.

Ogrjevna vrijednost suhoga drva se po vrstama drva razlikuje unutar uskoga intervala od 18,5 do 19 MJ/kg (Francescato i dr. 2008). Kod četinjača je oko 2 % veća u odnosu na listače, a glavni uzrok je u udjelu lignina, smole, voska i ulja.

U kontekstu trgovanja na tržištu čvrstim biogorivima od velike važnosti su mjerne jedinice kojima se izražava količina proizvoda koji se stavlja u prodaju. Tako razlikujemo tri osnovna načina iskaza količine proizvoda: 1. kubnim metrom izražava se volumen koji potpuno ispunjava drvo i uglavnom se koristi za oblovinu (npr. višemetarsko prostorno drvo), 2. prostornim metrom se izražava volumen složenih cijepanica i oblica u prostoru i 3. nasipnim metrom kubnim se može se iskazati obujam za kratko rezano i cijepano drvo, ali se najčešće koristi za drvenu sječku.

Za razliku od tehničke oblovine gdje se trgovina odvija na temelju obujma i kakvoće, trgovina čvrstim biogorivima uglavnom se odvija na temelju mase (suhe tvari ili s poznatim udjelom vode) i kakvoće. Kao dodatna informacija navodi se i nasipna gustoća u kg/prostorni m^3 za kratko rezano i cijepano drvo, odnosno u kg/nasipni m^3 za drvenu sječku i drveni pelet (Francescato i dr. 2008). Prilikom transporta šumske biomase u različitim pojavnim oblicima važna je njezina (nasipna) gustoća koja je znatno manja u odnosu na fosilna goriva, a to podrazumijeva i veće troškove transporta. Stoga bi udaljenost transporta treba biti što manja, a nasipna gustoća što veća kako bi troškovi bili manji.

Osim za transport, o nasipnoj gustoći čvrstog biogoriva ovisi skladištenje čvrstog biogoriva za kojeg je potrebno osigurati dovoljno prostora u kojem ne bi došlo do značajnijih promjena u njegovoj kakvoći. Postupak skladištenja podrazumijeva skladištenje biomase na određeno vrijeme ukoliko postoji vremenska razlika između njegove proizvodnje, isporuke i primjene kao goriva u ložištu. Kako bi se smanjili troškovi najčešće se skladišti u blizini mjesta korištenja, a s obzirom na malu gustoću drvene biomase od velike je važnosti oblik i način skladištenja kako bi troškovi bili unutar prihvatljivih granica (Krhen 2012).

Sukladno podacima o proizvodnji energije u Republici Hrvatskoj u 2021. godini drvnog peleta proizvedeno je u količini od 344 750 t, drvnog briketa u količini od 56 539, drvnog ugljena u količini od 14 227, drvene sječke u količini od 424 891 t (Vuk i dr. 2022) i ogrjevnog drva u količini od 2 365 544 m^3 (Sitaš i dr. 2022)

2.2 Tržište

Od velike važnosti je utvrditi stanje tržišta koje ima veliki utjecaj na ponudu, uvoz i izvoz čvrstih biogoriva. Prema podacima Državnog zavoda za statistiku prosječna neto mjesečna plaća po zaposlenome u pravnim osobama Republike Hrvatske za siječanj 2023. godine iznosila je 1 094 €. Najveća prosječna mjesečna neto plaća isplaćena je pravnim osobama u Republici Hrvatskoj djelatnost Zračni promet, a iznosila je 1 685 €, a najniža isplaćena je u djelatnostima proizvodnje kože i srodnih proizvoda u iznosu od 748 €. Prema podacima državnog zavoda za statistiku najviša prosječna mjesečna neto plaća po zaposlenome u pravnim osobama 2023. godine isplaćena je u Gradu Zagrebu, a iznosila je 1 322 € (<https://dzs.gov.hr/>).

Prema podacima Državnog zavoda za statistiku, odnosno njihovoj interpretaciji (Kupinić 2022) u razdoblju od 2010. godine do 2016. godine evidentiran je nagli rast izvoza ogrjevnog drva, a najveća masa izvezenog ogrjevnog drva evidentirana je 2016. godine te je iznosila 752 943 tone. Sve do 2020. godine masa izvezenog ogrjevnog drva pada te nakon toga izvoz ponovno ima rastući trend do danas. Uvoz ogrjevnog drva također u promatranom razdoblju ima rastući trend, a najveća masa uvezenog ogrjevnog drva evidentirana je 2021. godine te je iznosila 108 173 tone. Republika Hrvatska izvozi znatno više ogrjevnog drva, nego što ga uvozi. Podaci Državnog zavoda za statistiku govore da je Republika Hrvatska od 2010. godine do danas najviše izvozila ogrjevnog drva u Austriju, Italiju, Mađarsku, Njemačku i Sloveniju. Najveća masa izvezenog ogrjevnog drva evidentirana je za Italiju 2016. godine te je iznosila 537 244 tone. Ogrjevno drvo u Republiku Hrvatsku uvozi se iz Bosne i Hercegovine, Italije i Slovenije, a najveća masa uveznog ogrjevnog drva evidentirana je 2021. godine iz Bosne i Hercegovine te je iznosila 70 104 tone.

Isti autor (Kupinić 2022) za razdoblje od 2010. godine do 2021. godine navodi rast izvoza drvnog peleta, uz najveću masa izvezenog drvnog peleta evidentiranu u 2021. godini u iznosu 359 954 tona. Kod uvoza očit je blagi rast u promatranom periodu, a najveća masa uvezenog drvnog peleta evidentirana je 2020. godine te je iznosila 42 502 tone. Nakon 2020. godine uvoz drvnog peleta ima padajući trend. Republika Hrvatska najviše izvozi drveni pelet u Austriju, Italiju, Bosnu i Hercegovinu, Sloveniju i Srbiju, a najveća masa izvezenog drvnog peleta evidentirana je 2021. godine u Italiju te je iznosila 280 369 tona. Kada se promatra uvoz drvnog peleta izdvojene su Bosna i Hercegovina, Italija, Njemačka i Slovenija. Republika Hrvatska izvozi znatno više drvnog peleta, nego što ga uvozi.

Republika Hrvatska izvozi znatno više drvnog briketa, nego što ga uvozi. Od 2010. godine do danas evidentirane su brojne oscilacije u rastu i padu uvoza i izvoza drvnog briketa. Najveća masa izvezenog drvnog briketa evidentirana je 2010. godine te je iznosila 102 659 tona, a najmanja masa evidentirana je 2011. godine te je iznosila 28 511 tona uz najveći pad izvoza 2014. godine kada masa izvezenog drvnog briketa iznosi 775,12 tona (Kupinić 2022). Drveni briketi izvoze se u Austriju, Italiju, Mađarsku, Njemačku i Sloveniju. Kao zemlje sa kojima je ostvarena najveća masa uvezenog drvnog briketa izdvajaju se Slovenija i Bosna i Hercegovina.

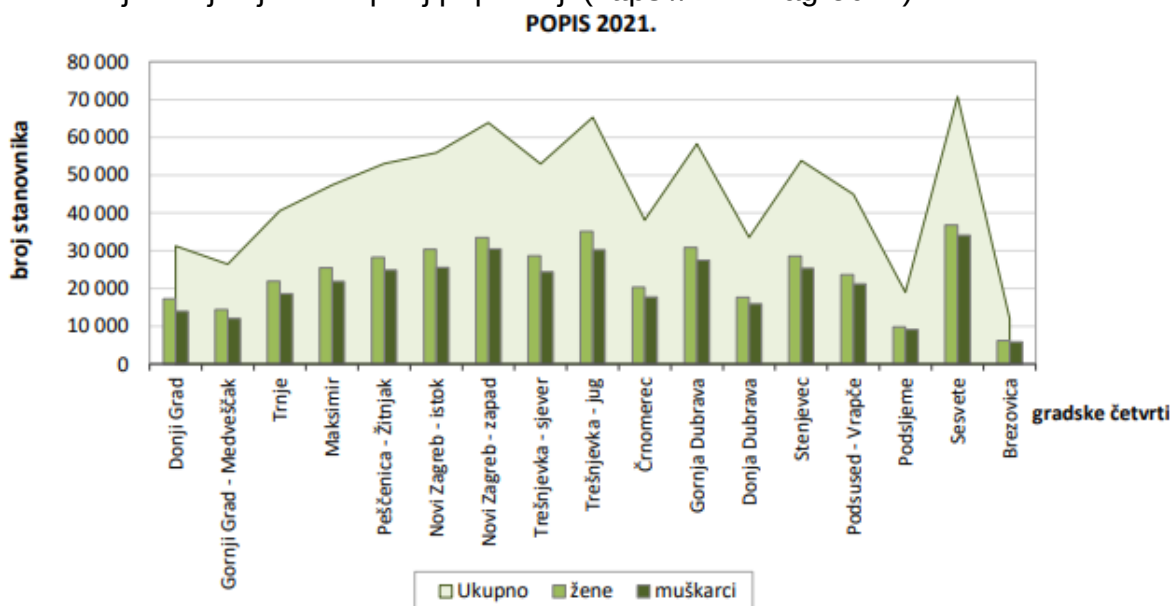
Uvoz i izvoz drvnog ugljena raste od 2010. godine do 2021. godine. Najveća masa izvezenog drvnog ugljena evidentirana je 2021. godine te je iznosila 17 310 tona, a najmanja 2010. godine te je iznosila 1 517 tona, dok je najveća masa uvezenog drvnog ugljena evidentirana 2020. godine te je iznosila 14 602 tone, a najmanja 2012. godine te je iznosila 2 285,7 tona (Kupinić 2022). U periodu od 2010. godine do 2021. najviše je izvezeno drvnog ugljena u Bosnu i Hercegovinu, Italiju i Sloveniju, dok su najveće količine uvoza ostvarene sa Bosnom i Hercegovinom, Njemačkom, Poljskom i Srbijom.

3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

3.1. Mjesto istraživanja

Prikupljanje podataka obavljeno je sredinom travnja 2023. godine na području Grada Zagreba. Odabir vremena i lokacija istraživanja pratio je prethodno provedeno slično istraživanje predmetne problematike (Kurtović 2016).

Površina Grada Zagreba iznosi 641 km², a ukupan broj stanovnika prema zadnjem popisu iznosi 769 944 čime sudjeluje u ukupnom stanovništvu Republike Hrvatske s 19,8 %. Gradska četvrt s najvećim brojem stanovnika su Sesvete sa 70 009 stanovnika. Gradska četvrt s najmanjim brojem stanovnika je Brezovica s 12 030 stanovnika. Pad broja stanovnika doživjele su gradske četvrti Gornji Grad, Donji Grad, a porast gradske četvrti Novi Zagreb-zapad, Stenjevec, Sesvete i Brezovica. Prema spolu zastupljenija je populacija žena s 53,3 % (410 127), a muškarci čine 46,7 % (359 817) stanovništva Grada Zagreba. Prema dobi većina stanovništva pripada srednjedobnoj populaciji, a stariji i mladi svojom brojnošću nešto manje sudjeluju u ukupnoj populaciji (<https://www.zagreb.hr>).



Slika 1. Prikaz stanovništva Grada Zagreba po gradskim četvrtima, popis 2021

(<https://www.zagreb.hr>)

3.2. Obuhvaćene prodavaonice i proizvodi istraživanjem

Prikupljanje podataka bilo je organizirano na način da je u prodavaonicama uzorka terenskim obilaskom evidentirano slijedeće: podaci o nazivu i adresi prodajnog mjesta, tip čvrstog biogoriva (drvni ugljen, ogrjevno drvo, drvni briketi, drvni pelet), zemlja porijekla, masa ambalaže u kg, cijena proizvoda, deklarirana kakvoća te ostali opisni podaci.

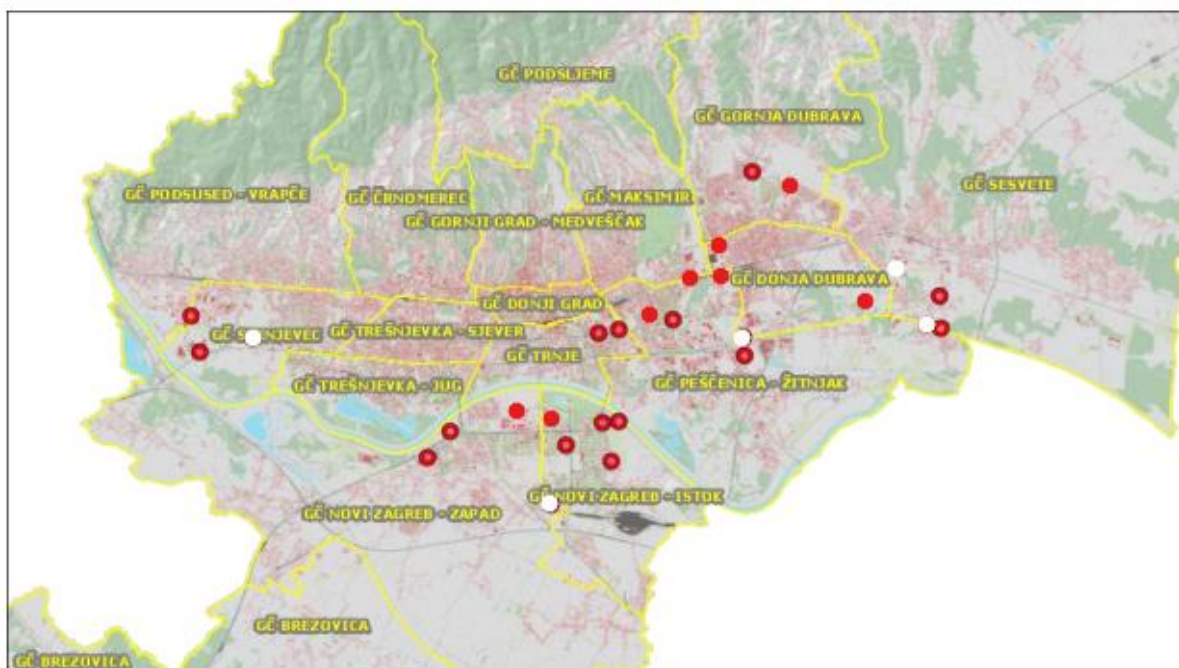
Istraživanjem je obuhvaćena ponuda slijedećih prodavaonica: »Pe vex«, »Bauhaus«, »Eurospin«, »Konzum«, »Plodine«, »Lidl«, »Interspar«, »INA«, »Petrok«, »Lukoil«, »Crodux«, »Kaufland«, »Metro«. Sveukupno obavljen je obilazak 47 prodavaonica. Ponudu čvrstih biogoriva utvrđena je u 23 prodavaonice, a 24 prodavaonice nisu imale u ponudi čvrsta biogoriva. Prodavaonice koje nisu imale u ponudi čvrsta biogoriva su: »INA« (Ul. Grada Vukovara 45, Avenija Dubrovnik 25, Planinska ul.11, Selska cesta 131), »LIDL« (Ul. Ive Robića 4, Ilica 201, Oreškoviće va 3c, Dubrava 33, Risnjačka ul. 1, Donje Svetice 46), »Konzum« (Avenija Dubrovnik 16, Ilica 288, Rudeška cesta 169a, Zagrebačka avenija 94, Dankovečka ul. 95), »Interspar« (Savska cesta 58, Slavonska avenija 11d, Vlaška ul. 44), »Crodux« (Zagrebačka avenija 9) i »Lukoil« (Remetinečka cesta, Zagrebačka avenija 11).

Prodavaonice u kojima su pronađena čvrsta biogoriva nalazile su se na slijedećim adresama: »Pe vex« (Ul. Grada Gospića 1, Sajmišna cesta 4, Savska cesta 84, Ul. Velimira Škorpika 9), »Bauhaus« (Ul. Gordana Lederera 1, Ul. Velimira Škorpika 27), »Konzum« (Ul. Grada Vukovara 275, Radnička cesta 49, Sarajevska cesta 6, Turina ul. 11, Dubrava 241), »Plodine« (Ul. Vice Vukova 2, Ul. Karla Metikoša 4, Štefanovečki zavoj 10), »Eurospin« (Štefanovečki zavoj 12), »Kaufland« (Jaruščica 6, Ul. Julija Knifera 1, Ul. Kneza Branimira 119), »Interspar« (Ul. Vice Vukova 6, Dankovečka ul. 4, Ul. Kneza Branimira 181), »Metro« (Jankomir 31, Slavonska avenija 71).

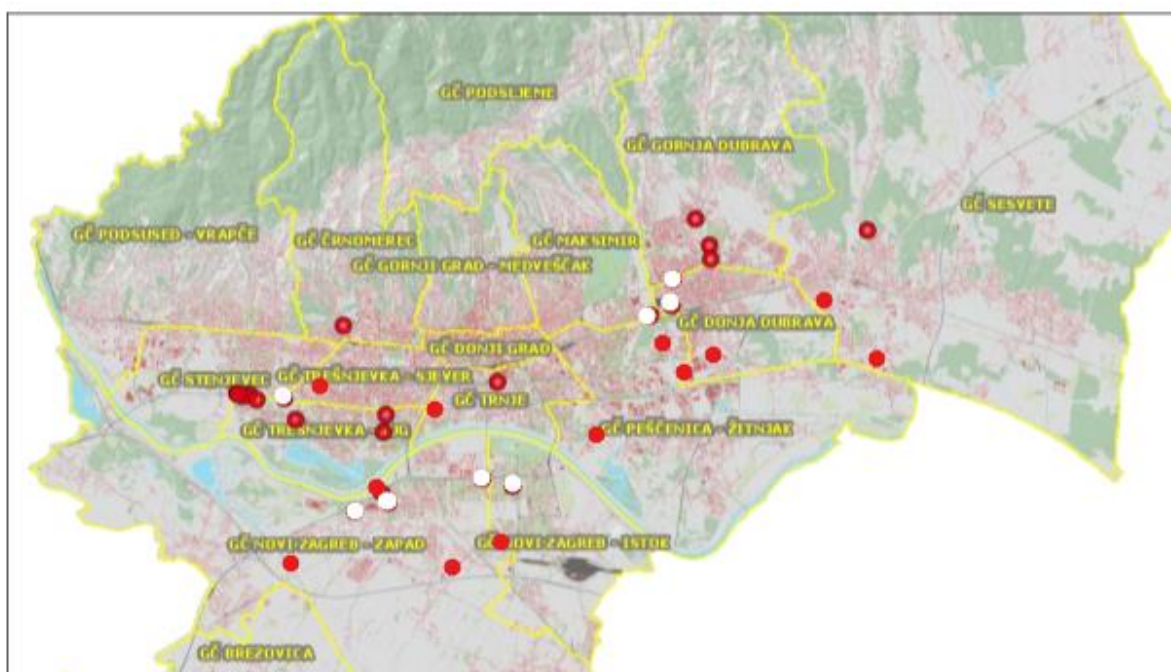
Prodavaonice koje su imale u ponudi čvrsta biogoriva uglavnom se radilo o drvnom peletu, drvnom briketu, drvnom ugljenu i ogrjevnom drvu. Najzastupljeniji tip čvrstog biogorivo utvrđen u prodavaonicama koje su činile uzorak istraživanja na tržištu Grada Zagreba bio je drvni ugljen za roštilj. Na tržištu je pronađen briketirani i nebriketirani drvni ugljen. Najmanje su bili zastupljeni drvni briketi i to samo u jednoj prodavaonici. Drvni peleti i ogrjevno drvo pronađeni su u »Pe vexu«, »Bauhausu« i »Kauflandu« (Jaruščica 6). Drvo za potpalu pronađeno je u »Pe vexovim« i »Bauhausovim« prodavaonicama, a drvo vinove loze koje se koristi za roštilje pronađeno je u »Pe vexu« i »Bauhausu« te »Intersparu«.

U gradskoj četvrti Žitnjak-Peščenica prikupljeni su podaci u 3 prodavaonice gdje je bila ponuda uglavnom svih čvrstih biogoriva u »Pevexu« i »Bauhausu«, a u »Konzumu« samo drveni ugljen. Na području Trnja prikupljeni su podaci iz tri prodavaonice koje su u ponudi imale samo drveni ugljen za roštilje. Na potezu od Dubrave do Sesveta obavljen je obilazak šest trgovina u kojima je bila ponuda asortimana čvrstih biogoriva. U manjim prodavaonicama »Konzuma« nije bilo pronađeno niti jedno čvrsto biogorivo.

Na slikama 2 i 3, na karti Grada Zagreba prikazan je položaj prodavaonica koje su imale, odnosno nisu imale u ponudi čvrsta biogoriva.



Slika 2. Kartografski prikaz prodavaonica u Gradu Zagrebu u kojima su pronađena čvrsta biogoriva (<https://geoportal.zagreb.hr>)



Slika 3. Kartografski prikaz prodavaonica u Gradu Zagrebu u kojima nisu pronađena čvrsta biogoriva (<https://geoportal.zagreb.hr>)

3.3. Vrste istraživanih čvrstih biogoriva

3.3.1 Kratko rezano i cijepano ogrjevno drvo

Ogrjevno drvo je bilo glavni energent u kućanstvima Hrvatske sve do sredine dvadesetog stoljeća. Nakon 2000-ih godina uporaba cijepanog drva u kućanstvima svela se na oko 5 % (Ogrjevno drvo, Hrvatska tehnička enciklopedija). Ogrjevno drvo koje se koristi za grijanje uglavnom je izrađeno od dijelova stabala zajedno sa korom smanjene tehničke i ekonomske vrijednosti.

Ogrjevno se drvo prije uporabe u standardnim ložištima najčešće mora izraditi u prikladne dimenzije. Tako se u štednjacima i pećima koristi kratko rezano i cijepano ogrjevno drvo duljine 25 cm, a za peći i kamine duljine 33 cm te za otvorene kamine duljine 50 cm. Razlikuje se ogrjevno drvo tvrdih i mekih listača te četinjača (Šegon i dr. 2014). Od drva tvrdih listača najčešće se upotrebljava drvo bukve, graba, jasena, brijesta, hrasta, javora, kestena, drvo voćaka i drvo klena. Kao ogrjev od drva mekih listača prisutno je drvo breze, topole, vrbe, johe i lipe. Također od mekog drva za ogrjev se koristi i drvo pojedinih četinjača, bora, smreke i jele (Janković 1987). Potrošači u urbanim sredinama uglavnom koriste kratko rezano i cijepano drvo pakirano u paletama spremno za uporabu bez naknadne obrade (Ogrjevno drvo, Hrvatska tehnička enciklopedija), a proizvodnja se uglavnom odvija u manjim proizvodnim pogonima pomoću ručnih hidrauličnih cjepača ili automatiziranim procesorima.

Procesor za izradu ogrjevnog drva može biti djelomično ili potpuno automatizirani stroj, a konstruiran je za preradu višemetarskog prostornog drva. Djelomično automatizirani procesori zahtijevaju asistenciju radnika u pogledu upravljanja procesorom na kontrolnoj jedinici, a kod potpuno automatiziranih procesora se sve radnje obavljaju automatski (Ratila 2010).

Ogrjevno drvo se prema dimenzijama i obliku dijeli na (JUS D.B5.023 1984):

1. Cjepanice - duljine 1 m, a dozvoljeno odstupanje je ± 5 cm. Postupak izrade obuhvaća cijepanje oblog drva promjera od 15 cm, pa na više. Cjepanice karakterizira tetiva luka od 10 do 25 cm.
2. Oblice - duljine 1 m, a promjera od 7 do 25 cm. Izrađene su od oblog drva, koje je na oba kraja prepiljeno pilom.
3. Sječenica - duljine 0,9-1,2 m, promjera 3-7 cm nastali sječenjem ili rezanjem oblog drva
4. Gule - komadi koji nisu rascijepani i kvrgavi su te im je debljina do 40 cm, a duljina od 0,50 do 1,20 m.
5. Panjevina - nastaje cijepanjem panjeva debljine od 15 do 40 cm.
6. Otpaci - nastaju kao ostatak prilikom sječe, cijepanja, rezanja, tesanja i koranja. Debljina komada drva je od 0,50 do 25 cm, širina od 2 do 25 cm te duljina od 15 do 120 cm.

Ogrjevno drvo prema vlažnosti podijeljeno je na suho i sirovo drvo. Suho drvo od sječe je odležalo najmanje šest mjeseci, a sirovo manje od 4 mjeseca. Dodatna kategorija je prosušeno drvo kojeg karakterizira udio vlage od 8-22 %, te zračno suho koje se prirodno prosušivalo u sječini jednu do dvije godine nakon sječe (Janković 1987).

Prema kvaliteti ogrjevno drvo se dijeli na (JUS D.B5.023 1984):

- Ogrjevno drvo I. klase - oblice i cjepanice. U ovoj klasi dopušteno je prisustvo kvrga svih oblika i veličina. Natrulost je dozvoljena do 10 % mase koja se isporučuje. Dozvoljeno je 30 % prozuklih komada od isporučene količine. Visina luka može biti do 15 cm, a za usukanost nema ograničenja.
- Ogrjevno drvo II. klase - cjepanice i oblice koje se ne mogu uvrstiti u prvu klasu, te gule čija duljina iznosi od 0,5 do 1,2 m i debljina od 25 do 40 cm. Zakrivljenost je dopuštena, a usukanost neograničena. Dozvoljeno je 20 % trulih komada i 50 % prozuklih komada od ukupne isporučene mase. Kvrge su dozvoljene u svim oblicima i veličinama. Također dozvoljeni su komadi u obliku kratica koji čine 10% isporučene količine.

Europski normativni sustav prilikom trgovine kratko rezanim i cijepanim ogrjevnim drvom propisuje obavezno navođenje razreda duljine, promjera, tehničkog masenog udjela vode i obujma proizvoda kojega se stavlja na tržište. Kao informativne parametre dodatno se može navesti standardni maseni udio vode, energetska gustoća, udio cijepanog drva, finoća reza, prisutnost truleži i pljesni te način prosušivanja (HRN EN ISO 17225-1:2020). Tablica 1 prikazuje osnovne parametre ogrjevnog drva prema HRN EN ISO.

Tablica 1. Prikaz parametara ogrjevnog drva prema normi HRN EN ISO 17225-1:2020

Normativni parametri	Duljina L (cm)	
	L 20 – L20 L25 L30 L33 L40 L50 L100 L100+	< 20 cm 20 cm ± 2 cm 25 cm ± 2 cm 30 cm ± 2 cm 33 cm ± 2 cm 40 cm ± 2 cm 50 cm ± 4 cm 100 cm ± 5 cm > 100 cm (navesti max. vrijednost)
	Promjer D (cm)	
	D2- D5 D10 D15 D20 D25 D35 D35+	< 2 cm drvo za potpalu 2 cm ≤ D ≤ 5 cm 5 cm ≤ D ≤ 10 cm 10 cm ≤ D ≤ 15 cm 10 cm ≤ D ≤ 20 cm 10 cm ≤ D ≤ 25 cm 20 cm ≤ D ≤ 35 cm > 35 cm (navesti max. vrijednost)
	Udio vode M (%) -na mokroj bazi	
Informativni parametri	M10 M15 M20 M25 M30 M35 M40 M45 M55 M55+	≤ 10 % ≤ 15 % ≤ 20 % ≤ 25 % ≤ 30 % ≤ 35 % ≤ 40 % ≤ 45 % ≤ 55 % > 55 % (navesti max. vrijednost)
	Volumen, m ³	
	Udio vode U (%) -na suhoj bazi	
	U10 U11 U15 U20 U25 U30 U50 U100 U100+	≤ 10 % ≤ 11 % ≤ 15 % ≤ 20 % ≤ 25 % ≤ 30 % ≤ 50 % ≤ 100 % >100 % (navesti max. vrijednost)
	Energetska gustoća E (MJ/m ³ ili kWh/m ³) i Neto kalorična vrijednost Q (MJ/kg ili kWh/kg) ISO 18125	
	Udio rascijepljenog obujma (%)	bez cijepanja (uglavnom oblo drvo) ≥ 90 % ≥ 50 %
	Površina reza	Navodi se ako je rezna površina cjepanice ravna i glatka ili su krajevi cjepanice neravni
	Raspadanje i plijesan	Bez vidljivog raspadanja ≤ 5 % komada (ako postoji plijesan na više od 10 % komada to je potrebno ukloniti)
	Sušenje	Zrakom ili umjetno vrućim zrakom

Prilikom terenskog prikupljanja podataka ogrjevno drvo bilo je u većini slučaja složeno na palete ili pakirano u vrećama. Uglavnom ponudu ogrjevnog drva u asortimanu imale su veće prodavaonice kao što je »Bauhaus« i »Pe vex«. Duljina komada kratko rezanog i cijepanog ogrjevnog drva bila je 25 ili 33 cm. Masa kratko rezanog i cijepanog ogrjevnog drva na paletama procijenjena je na 500 kg za palete dimenzija 1x1x0,8 m, odnosno na 1 200 kg za palete dimenzija 1x1x1,8 m, a uglavnom je bila riječ o tvrdom drvu bukve i hrasta. Ogrjevno drvo pakirano u vrećama (slika 4) uz hrast sadržavalo je i tvrdo drvo jasena, a komadi su bili također duljine 25 ili 33 cm. Tijekom terenskog istraživanja pronađeno je i drvo vinove loze pakirano u vrećama (slika 6). Navedeno je uglavnom pogodno za roštilj odnosno ne primjenjuje se kao ogrjevno drvo. Isto tako pronađeno je i drvo za potpalu (slika 5) mase od 3 kg do 6 kg.



Slika 4. Drvo pakirano u vrećama



Slika 5. Drvo za potpalu



Slika 6. Drvo vinove loze

3.3.2 Drvni pelet

Drvni pelet je proizvod valjkastog oblika malenih dimenzija, a prema sastavu su proizvod od sušenog i prešanog usitnjenog drva ili piljevine. Proizvodnjom peleta u potpunosti se iskorištava drvena sirovina odnosno njihovom proizvodnjom ostvaruje se dodatna vrijednost iskorištavanjem industrijskih ostataka drva u drvoprerađivačkoj industriji. Pod procesom peletiranja podrazumijeva se zbijanje piljevine, strugotina i ostalih drvnih ostataka bez upotrebe veziva ili kemijskih dodataka. Da bi se proizveo jedan m³ drvnih peleta potrebno je okvirno 6–8 m³ sirovine koju je potrebno osušiti jer udio vlage u drvnom peletu ne smije biti veći od 8 %. U proizvodnom procesu drvnog peleta kako bi se postiglo bolje vezanje i prešanje, a iz zbog energetske značajki dodaje se često kukuruzni škrob u iznosu najviše 2 % (Krhen 2012). Nasipna gustoća drvnog peleta obično iznosi oko 650 kg/m³ (Krhen 2012). Energetska vrijednost peleta ovisi o udjelu vode. Energija koja se dobije izgaranjem oko 2 kg drvnog peleta udjela vode manjeg od 10 % otprilike je jednaka jednoj litri lož ulja (Šegon i dr. 2014).

Udio vode u drvnom peletu je uglavnom manji od 10 % što im i daje veliku energetska vrijednost. U kućanstvima i manjim pogonskim sustavima koriste se peleti cilindričnog oblika i promjera od 6 mm do 8 mm. U većim sustavima primjenjuju se peleti promjera od 10 do 12 mm. Prvenstveno zbog svog oblika i malih dimenzija lako se transportiraju na veće udaljenosti i jednostavno je punjene ložišta kotlova.

Kvaliteta drvnih peleta ne ovisi samo o sirovini i proizvodnom procesu već na nju utjecaj ima transport i način skladištenja, a i sama isporuka peleta u silose ili u skladište kupca. Ukoliko se utovar peleta vrši mehanički može doći do povećanja udjela frakcije sitnih/finih čestica. Kako bi se osigurao nesmetan rad postrojenja za grijanje potrebno je ispravno projektirati opskrbne cijevi od silosa ili skladišta drvnih peleta. Ukoliko je udio sitnih čestica prevelik može doći do kvara pužnog transporta te negativno utjecati na proces izgaranja i oslobađanje topline (Šegon i dr. 2014).

Glavni pokazatelji kvalitete su čvrstoća i otpornost koji su ovisni o unutarnjim silama koje povezuju čestice drva. Na čvrstoću i otpornost prešanih proizvoda drvene biomase utječe: sadržaj sirovine, udio vode, veličina čestica, parenje ili zagrijavanje, dodavanje veziva, smjesa, preša, postupak grijanja i hlađenja nakon prešanja te uvjeti skladištenja (Šafran 2015).

Prema Risoviću i dr. (2008) proizvodni proces peleta obuhvaća slijedeće korake:

- Skupljanje drvnih ostataka: obično su različite veličine pa ih je potrebno sortirati i pripremiti za daljni proces proizvodnje peleta.
- Usitnjavanje/mljevenje velike biomase: najpovoljnija veličina usitnjene biomase je do 4 mm.
- Sušenje je ovisno o udjelu vode. Sušenje se može vršiti svim vrstama sušara, sušionom na paru, sušilicom na vrući zrak. Kod primjene umjetnog sušenja vrijednost utrošene energije ide do 15 % cijene peleta.
- Kompresija/peletiranje: peleti se oblikuju od 4 do 20 mm u promjeru i do 100 mm duljine.
- Hlađenje: temperatura peleta nakon kompresije je prilično visoka, oko 90°C, tako da je hlađenje važan dio procesa.
- Prosijavanje: drvena prašina nastala u proizvodnji peleta odvaja se strujanjem zraka.
- Pakiranje i skladištenje: peleti se automatski pakiraju u vreće (slika 7) od 15 do 20 kg.

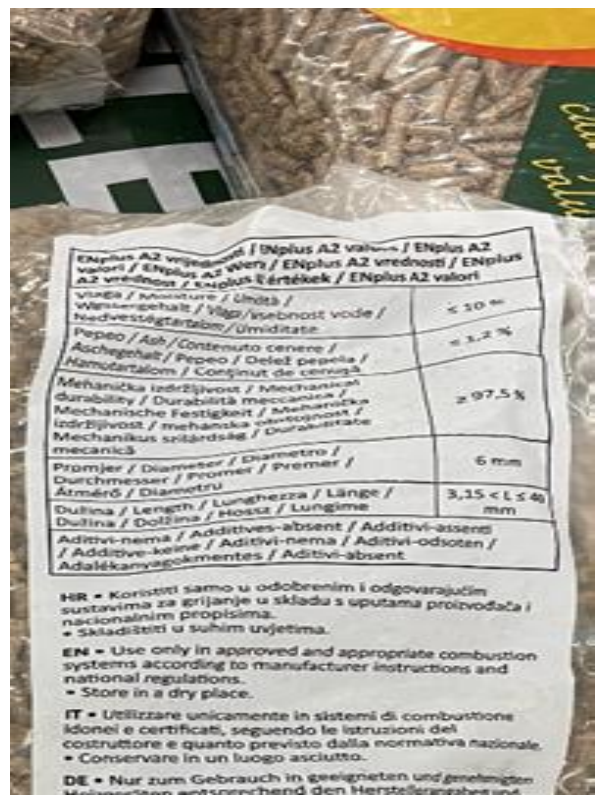
Važno je spomenuti da u postupku certificiranja (slika 8) peleta postoji ENplus program koji svrstava pelete u tri klase prema kavoči, a te klase su: EnplusA1, EnplusA2, EnplusB te odgovaraju klasama norme EN ISO 17225-2. Parametri koje drveni peleti moraju zadovoljiti kako bi se svrstali u pojedinu klasu prikazani su u tablici 2. Finalni proizvod, osim zadovoljavanja zahtjeva kupca, mora ispuniti normama propisane standarde i pravila koja nameću zakoni (Šafran 2015).

Tablica 2. Prikaz parametara prema EN plus standardu po kojima su drveni peleti svrstani u pojedinu klasu kakvoće

Parametar	A1	A2	B
Promjer, mm	6 ili 8		
Duljina, mm	$3,5 \leq L \leq 40$		
Udio vlage, %	≤ 10		
Udio pepela, %	$\leq 0,7$	$\leq 1,5$	$\leq 3,0$
Mehanička otpornost, %	$\geq 97,5$		$\geq 96,5$
Količina finih čestica, %	$\leq 1,0$		
Ogrjevna vrijednost, MJ/kg	$16,5 \leq Q \leq 19$	$16,3 \leq Q \leq 19$	$16,0 \leq Q \leq 19$
Nasipna gustoća, kg/m ³	≥ 600		
Sadržaj dušika, %	$\leq 0,3$	$\leq 0,5$	$\leq 1,0$
Sadržaj sumpora, %	$\leq 0,03$		$\leq 0,04$
Sadržaj klor, %	$\leq 0,02$		$\leq 0,03$
Temperatura talj. pepela, °C	Samo informativno		



Slika 7. Prikaz ambalaže drvnih peleta



Slika 8. Prikaz certifikata na ambalaži

3.3.3. Drvni briket

Pod drvnim briketom podrazumijeva se čvrsto biogorivo koje se uglavnom koristi u manjim pećima sa ručnim punjenjem. Uglavnom se za proizvodnju koriste drvni ostaci iz drvne industrije, piljevina koja se mora prosušiti prije daljnje prerade te drvna strugotina koja se može izravno prešati.

Proizvodnja briketa obavlja se pomoću briketira, a kako bi briket bio čvrst potrebna je točno određena količina vlage od 12 do 14 %. Tlak mora bit nepromjenjiv u briketiru te mora postojati odgovarajuće hlađenje (Krhen 2012). Materija se pri tome sabija u kružnom cilindru promjera 20-120 mm i duljine do 400 mm. Proizvodnja briketa moguća je jedino od čistog drva ili kore, odnosno nije dopušteno da sadrže ljepila ili umjetne materijale, lakove i druga kemijska sredstva (Šegon i dr. 2014).

Oblik im je pravilan geometrijski odnosno valjkasti. S obzirom na dimenzije i način uporabe imaju podosta sličnosti sa kratko rezanim i cijepanim drvom, ali su većeg energetskog potencijala i moći izgaranja. Proizvedeni briketi mogu biti različitih promjera i debljina ovisno o opremi i kalupu. Duljine briketa uglavnom iznose od 15 do 60 mm, a promjeri od 50 do 100 mm. Udio vode ne smije biti veći od 10 % (Krhen 2012).

U tablici 3 prikazane su parametri kojima se definira kakvoća proizvedenog drvnog briketa, a to su: dimenzije briketa (promjer i duljina), udio vode, udio pepela, gustoća čestica, neto kalorična vrijednost, mehanička izdržljivost, udio dušika, sumpora, klora prema normi EN ISO 17225-1:2020.

Tablica 3. Prikaz parametara drvnog briketa prema normi EN ISO 17225-1:2020

Parametar	oznaka	A1	A2	B
Promjer, širina duljina	mm	Navesti vrijednost		
Udio vode M (%)	M (%)	≤ 10 %	≤ 12 %	≤ 15 %
Udio pepela (%)	A (%)	A1,0 ≤ 1,0	A1,5 ≤ 1,5	A3,0 ≤ 3,0
Gustoća čestica (%)	DE0.8 DE0.9 DE1.0 DE1.1 DE1.2+	≥ 0,8 g/cm ³ ≥ 0,9 g/cm ³ ≥ 1,0 g/cm ³ ≥ 1,1 g/cm ³ >1,2 g/cm ³ (navesti minimalnu vrijednost)		
Neto kalorična vrijednost	Q(MJ/kg ili kwh/kg)	≥ 18 MJ/kg		
Mehanička izdržljivost (%)	DU (%)	≥ 95,0 %	≥ 90,0 %	< 90 %
Udio dušika (%)	N0.2 N0.3 N0.5 N0.7 N1.0 N1.5 N2.0 N3.0 N3.0+	≤ 0,2 % ≤ 0,3 % ≤ 0,5 % ≤ 0,7 % ≤ 1,0 % ≤ 1,5 % ≤ 2,0 % ≤ 3,0 % > 3 % (navesti maksimalnu vrijednost)		
Udio sumpora (%)	S0.02 S0.03 S0.04 S0.05 S0.08 S0.10 S0.20 S0.20+	≤ 0,02 % ≤ 0,03 % ≤ 0,04 % ≤ 0,05 % ≤ 0,08 % ≤ 0,10 % ≤ 0,20 % > 0,20 % (navesti maksimalnu vrijednost)		
Udio klora (%)	Cl0.01 Cl0.02 Cl0.03 Cl0.05 Cl0.07 Cl0.10 Cl0.20 Cl0.30 Cl0.30+	≤ 0,01 % ≤ 0,02 % ≤ 0,03 % ≤ 0,05 % ≤ 0,07 % ≤ 0,10 % ≤ 0,20 % ≤ 0,30 % > 0,30 % (navesti maksimalnu vrijednost)		

3.3.4. Drvni ugljen

Drvni ugljen je gorivo koje je u uporabi širom svijeta, a najčešće se koristi u domaćinstvu za pripremu hrane. Drvni ugljen u razvijenim zemljama ima primjenu u metalurgiji i kao gorivo za roštilje. Prema FAO (Domac i dr. 2008) procjenjuje se potrošnja oko 40,5 milijuna tona godišnje, a od toga u Africi 19,8 milijuna tona. Razlikujemo drvni i fosilni ugljen. Za drvni ugljen je karakteristična proizvodnja umjetnim putem, a fosilni ugljen nastaje prirodno. Ogrjevna vrijednost fosilnog ugljena je u rasponu od 15 do 27 MJ/kg, a drvnog ugljena u rasponu od 29 do 33 MJ/kg. Fosilni ugljen nastaje preobrazbom biljne mase. Iz drveta bakterijskom razgradnjom nakon dugog niza godina i u anaerobnim uvjetima nastaje treset, a nakon dugog vremena iz treseta pod utjecajem visokog tlaka i temperature nastaje ugljen (Gujić 2015).

Proizvodnja ugljena potječe još iz brončanog doba što je bilo ključno za razvoj metalurgije sve dok nije počela uporaba fosilnih ugljena u 18. stoljeću. Pod proizvodnjom drvenog ugljena podrazumijeva se termička razgradnja drveta, a može se odvijati u pećima, retorama i otvorenim jamama. Tradicionalni način proizvodnje odvija se u pretežno kontroliranim uvjetima uz dovoljno zraka, a pri tom procesu toplina se oslobađa izgaranjem drva. Takav način proizvodnje smatra se neučinkovitim i karakterističan je za ruralna područja. Učinkovitost prilikom pretvorbe iznosi od 10 do 15 % odnosno da bi se proizveo 1 kg drvnoga ugljena potrebno je oko 10 kg drveta. Proizvodnja drvnog ugljena u retorama odvija se u anaerobnim uvjetima, a toplinu je potrebno dovesti iz nekog drugog izvora. Učinkovitost pretvorbe je visoka, a može iznositi do 30 % čime se smanjuje emisija štetnih tvari (Domac i dr. 2008).

Provedenim ispitivanjem tržišta 2002. godine u Hrvatskoj je utvrđena godišnja proizvodnja ugljena od oko 5 600 tona, a od toga 1 100 tona otpada na briketirani drvni ugljen (Domac i dr. 2008). Jedini veliki proizvođač drvnog ugljena u Republici Hrvatskoj nalazi se u Belišću. Također ima oko deset srednje velikih proizvođača koji u proizvodnom procesu koriste manje moderne tehnike. Malih proizvođača u Republici Hrvatskoj ima okvirno oko 400 te oni čine polovicu domaće proizvodnje, a prilikom proizvodnje koriste se tehnikama za koje je karakteristična mala produktivnost. Zastarjela tehnika pri proizvodnji i niska učinkovitost pretvorbe dovode do smanjenja tržišne konkurentnosti malih proizvođača. Smanjena tržišna konkurencija posljedica je porasta cijene sirovine, ali i istovremenog pada cijena proizvoda na nacionalnom i internacionalnom tržištu (Domac i dr. 2008).

Od prirodnih sirovina obično se za proizvodnju drvnog ugljena koristi tvrdo i srednje tvrdo drvo (bukva, breza, javor). Za proizvodnju drvnog ugljena nije pogodno neposredno posječeno drvo jer ima visoki udio vode čime se produljuje sam proces karbonizacije. Upravo zbog toga drvo se suši prirodnim ili umjetnim putem, a ako se koriste sušare temperatura ne smije prelaziti 170 °C jer u protivnom dolazi do samozapaljenja (Gujić 2015).

Tablica 4 prikazuje parametre drvnog ugljena koja se prilikom klasifikacije uzimaju u obzir: dimenzije, postotni udio vode, udio pepela, vezani ugljik, nasipna gustoća i neto kalorična vrijednost (EN ISO 17225-1:2020).

Tablica 4. Parametri drvnog ugljena prema normi EN ISO 17225-1:2020

Dimenzije (mm)			
	Glavna frakcija (minimalno 75 % masenog udjela)	Fina frakcija (< 10 mm), maseni udio (%)	Gruba frakcija maseni udio (%) najveća duljina čestice, mm
P150	$16 \leq P \leq 150$ mm	≤ 7 %	≤ 10 % > 100 mm i sve < 150 mm
Udio vode M (%)			
M8	≤ 8 %		
M10	≤ 10 %		
Udio pepela A (%)			
A5.0	$\leq 5,0$ %		
A8.0	$\leq 8,0$ %		
A8.0+	$> 8,0$ % (navesti maksimalnu vrijednost)		
Vezani ugljik (%)			
C60	≥ 60		
C75	≥ 75		
Gustoća, BD (kg/m3)			
BD130	≥ 130		
BD150	≥ 150		
Neto kalorična vrijednost, Q (MJ/kg ili kWh/kg) ISO 18123		Navesti minimalnu vrijednost	



Slika 9. Prikaz ambalaže drvnog ugljena

3.4. Način prikupljanja i obrade podataka

Na području Grada Zagreba evidentirani su podaci o značajkama čvrstih biogoriva te su evidentirani trgovački lanci u kojima su ista pronađena. Potom su evidentirani podaci uneseni u računalni program *MS Excell*, odnosno kreirana je baza podataka, a potom je provedena obrada podataka uz izračun jediničnih vrijednosti. Podaci čvrstih biogoriva u navedenom programu raspoređeni su prema trgovačkom lancu, opisu biogoriva u četiri kategorije, zemlji porijekla, masi, prodajnoj cijeni i kakvoći. Također u program su upisivane značajke i prisustvo certifikata čvrstih biogoriva te ostale opisne značajke.

Statistička obrada podataka provedena je u računalnom programu *Statistica*. Za pojedina čvrsta biogoriva (ogrjevno drvo, drveni pelet i drveni ugljen) izračunate su prosječne jedinične cijene, njihova standardna devijacija te najmanje i najveće vrijednosti. S obzirom na samo jedan uzorak drvnog briketa isti nije korišten u daljnim statističkim analizama. Analizom varijance istraženo je postojanje statistički značajne razlike u jediničnoj cijenu promatranih čvrstih biogoriva, a LSD test korišten je za detektiranje razlike između pojedinih promatranih kategorija. Dodatno je kutijastim dijagramima prikazan raspon jediničnih cijena pojedinog čvrstog biogoriva. Isti je princip statističke obrade primijenjen na podkategorije pojedinih kategorija čvrstih biogoriva. Za ogrjevno drvo promatrane su razlike jediničnih cijena između podkategorija drvo za potpalu, kratko rezano i cijepano drvo te drvo vinove loze. Za drvi pelet razlike su promatrane s obzirom na deklarirani razred kakvoće, a drvni je ugljen analiziran s obzirom na briketiranost te zemlju porijekla.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1. Ogrjevno drvo

Obilaskom prodavaonica pronađeno je ukupno 18 uzoraka različitih vrsta ogrjevnog drva. Drva za potpalu pronađeno je ukupno 7 uzoraka, kratkog rezanog i cijepanog drva 7 uzoraka i drva vinove loze 4 uzorka. Ogrjevno drvo bilo je u ponudi na pet lokacija u prodavaonicama »Bauhaus-a« i »Pevex-a«, a bilo je pakirano u paletama i vrećama. Hrastovo ogrjevno drvo bilo je pakirano u palete dimenzija 1x1x1,8 m procijenjene mase 1 200 kg, te jedinične cijene 0,107 €/kg. Masa bukovog drva pakiranog u palete je procijenjena na 500 kg prema dimenzijama palete (1x1x0,8) te je jedinična cijena iznosila 0,238 €/kg. Masa drva za ogrjev pakiranog u vrećama bila je 15 kg, a u ponudi su bile cijepanice jasena i hrasta standardne dužine 33 cm i 25 cm slovenskog porijekla. Jedinična cijena ogrjevnog drva u vrećama iznosila je 0,352 €/kg. Sredstvo za potpalu lamelice proizvođača »Bjelin Spačva d.o.o.« pronađeno je u prodavaonicama »Pevex-a« na sve četiri lokacije, a čija je masa bila 5 kg te jedinična cijena iznosila 0,688 €/kg. Drvo vinove loze proizvođača »Condio d.o.o.« pronađeno je u »Bauhausu« na dvije lokacije, a jedinična cijena je iznosila 1,404 €/kg za masu pakiranja 5 kg. Isti proizvod pronađen je u prodavaonici »Interspar« (Vice Vukova 6) gdje je jedinična cijena iznosila 1,856 €/kg i u prodavaonici »Spar« (Ul. Kneza Branimira 181) gdje je jedinična cijena iznosila 1,798 €/kg. Trijeske za potpalu pronađene su u trgovini »Bauhaus« (Ul. Velimira Škorpika 27) slovenskog porijekla čija je masa bila 6 kg, a jedinična cijena 0,773 €/kg i mase 4 kg čija je jedinična cijena iznosila 0,922 €/kg. U istoj prodavaonici pronađene su trijeske za potpalu austrijskog porijekla mase 4 kg te jedinične cijene 1,057 €/kg. U prodavaonici »Metro« (Slavonska avenija 71) pronađena je drvena vunica namijenjena za potpalu mase 0,5 kg, a jedinične cijene 10,98 €/kg. To je jedini primjerak drvene vunice koji je pronađen te stoga nije statistički obrađen i uspoređen s ostalim uzorcima.

Prosječne jedinične cijene pojedine vrste ogrjevnog drva prikazane su u tablici 5 i iznosile su za drvo za potpalu 0,789 €/kg, za kratko rezano i cijepano drvo 0,241 €/kg i za drvo vinove loze 1,616 €/kg.

Analizom varijance (tablica 6) utvrđena je statistički značajna razlika između jediničnih cijena promatranih vrsta ogrjevnog drva ($p < 0,0000001$). LSD testom (tablica 7) utvrđena je statistički značajna razlika jedinične cijene između svih vrsta ogrjevnog drva. Prosječna jedinična cijena drva vinove loze prema dobivenim podacima značajno je veća od prosječne jedinične cijene kratkog rezanog i cijepanog drva i prosječne jedinične cijene drva za potpalu. Također prema dobivenim podacima utvrđena je statistički značajna razlika između jedinične cijene drva za potpalu i kratkog rezanog i cijepanog drva.

Tablica 5. Tablični prikaz jediničnih cijena pojedine vrste ogrjevnog drva

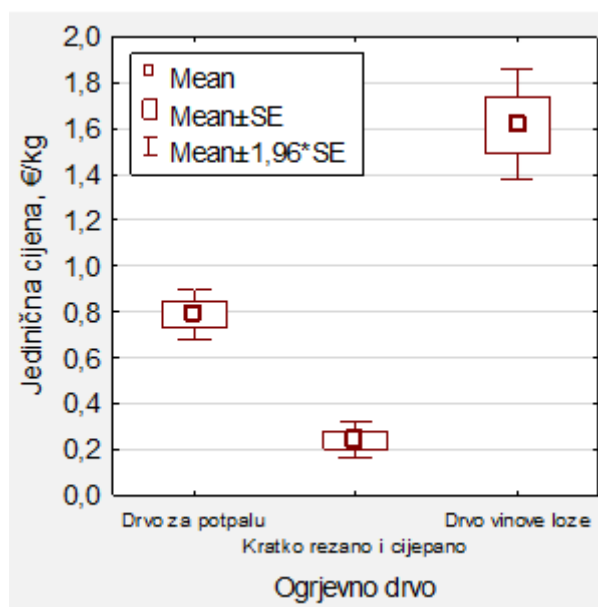
Ogrjevno drvo	€/kg (prosječna)	€/kg N	€/kg Std.Dev.	€/kg MIN.	€/kg MAX.
Drvo za potpalu	0,789333	7	0,147612	0,688000	1,057500
Kratko rezano i cijepano	0,240643	7	0,102502	0,107500	0,352667
Drvo vinove loze	1,615500	4	0,245364	1,404000	1,856000
All Grps	0,759546	18	0,552856	0,107500	1,856000

Tablica 6. Analiza varijance jediničnih cijena pojedine vrste ogrjevnog drva

Varijabla	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	P
€/kg	4,821663	2	2,410832	0,374387	15R	0,024959	96,59107	<0,0000001

Tablica 7. LSD test jediničnih cijena pojedine vrste ogrjevnog drva

Ogrjevno drvo	(1) M=0,78933	(2) M=0,24064	(3) M=1,6155
Drvo za potpalu (1)		0,000010	0,000001
Kratko rezano i cijepano (2)	0,000010		0,0000001
Drvo vinove loze (3)	0,000001	0,0000001	



Slika 10. Prikaz raspona jediničnih cijena pojedine vrste ogrjevnog drva kutijastim dijagramom

4.2. Drvni pelet

Drvni pelet hrvatskog porijekla pronađen je u četiri obične prodavaonice »Pevex-a« te u jednoj prodavaonici »Kauflanda« (Jarušćica 6), a proizvođači su slijedeći: »Bjelin Spačva d.o.o.« (hrast, jasen, bukva), »Mundus viridis d.o.o.« (bukva i jelovina), »Energy pellets d.o.o.« (jela i bukva), »Šišarka d.o.o.« (bukva), »Pelet grupa d.o.o.«, »Cropellets« (hrast i jasen), »RST Pellet d.o.o.« (bukva s primjesom smreke). U prodavaonici »Bauhaus« (Ul. Velimira Škorpika 27) pronađen je jedan uzorak drvnog peleta njemačkog porijekla. Masa drvnih peleta bila je 15 kg pakirana u vrećama.

Ukupno je analizirano 15 uzoraka drvnog peleta razvrstanog u razrede kakvoće A1 (7 uzoraka) i A2 (8 uzoraka) prema EN plus standardu. Rezultati deskriptivne statistike prosječne jedinične cijene drvnog peleta prema pojedinom razredu kakvoće prikazani su u tablici 8. Prosječne jedinična cijena drvnog peleta A1 razreda kakvoće bila je za 0,044 €/kg veća nego li za drvni pelet A2 razreda kakvoće. Analizom varijance jediničnih cijena drvnog peleta utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika u cijeni drvnog peleta između pojedinog razreda kakvoće, a parametri provedenog statističkog testa prikazani su u tablici 9.

Tablica 8. Tablični prikaz deskriptivne statistike jediničnih cijena drvnog peleta na temelju klasifikacije prema EN plus standardu

EN plus	€/kg (prosječno)	€/kg N	€/kg Stan. Dev	€/kg MIN.	€/kg MAX.
A2	0,399333	7	0,000000	0,399333	0,399333
A1	0,443500	8	0,044783	0,332667	0,459333
All Grps	0,422889	15	0,039025	0,332667	0,459333

Tablica 9. Analiza varijance jediničnih cijena drvnog peleta na temelju klasifikacije prema EN plus standardu

Varijabla	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	P
€/kg	0,007283	1	0,007283	0,014039	13	0,001080	6,743675	<0,022138

4.3. Drvni briket

Drvni briket bio je u ponudi samo na jednoj lokaciji »Pevex« (Ul. Velimira Škorpika 9), i to hrvatskog proizvođača Wood, pakiran u kartonskoj ambalaži, mase 10 kg, a jedinična cijena iznosila je 0,357 €/kg.

4.4. Drvni ugljen

Na tržištu Grada Zagreba u ponudi je pronađeno 25 uzoraka briketiranog i 25 uzoraka nebriketiranog drvnog ugljena. Jedan je od najvećih proizvođača tvrtka »Fochista d.o.o.« u Belišću čiji je briketirani ugljen bio u ponudi u tri prodavaonice »Pevex-a« i u tri prodavaonice »Kaufland-a« i to kao nebriketirani i briketirani drvni ugljen za roštilj. Nebriketirani drvni ugljen proizvođača »Euro ugljen j.d.o.o.« u ponudi je bio na tri lokacije. Drvni ugljen njemačkog proizvođača »Weber« pronađen je na dvije lokacije, na jednoj briketirani, a na drugoj nebriketirani. Nebriketirani drvni ugljen proizvođača »Insako d.o.o.« pronađen je na dvije lokacije.

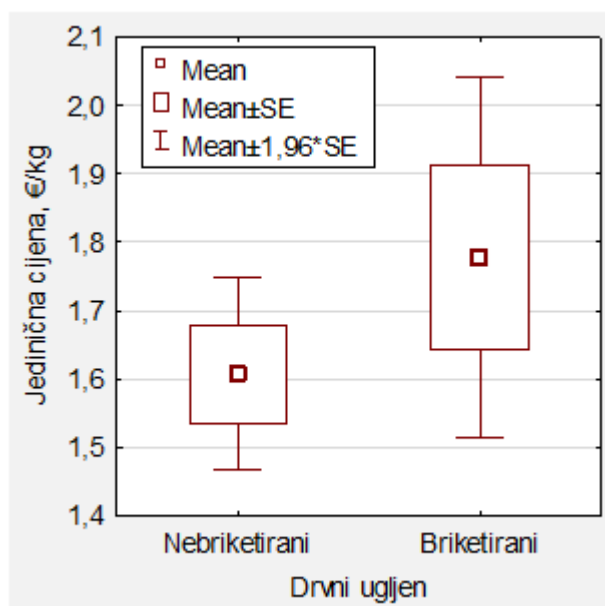
Prosječna jedinična cijena briketiranog drvnog ugljena bila je 0,17 €/kg veća u odnosu na nebriketirani drvni ugljen (tablica 10). Analizom varijance utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika u jediničnoj cijeni između briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena (tablica 11).

Tablica 10. Tablični prikaz deskriptivne statistike jediničnih cijena briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena

VRSTA	€/kg (prosječna)	€/kg N	€/kg Std.Dev	€/kg MIN.	€/kg MAX.
Nebriketirani	1,606840	25	0,358508	1,106667	2,599000
Briketirani	1,777860	25	0,675863	1,156000	3,318000
All Grps	1,692350	50	0,542354	1,106667	3,318000

Tablica 11. Analiza varijance jediničnih cijena briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena

Varijabla	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	P
€/kg	0,365598	1	0,365598	14,04767	48	0,292660	1,249226	0,269264



Slika 11. Prikaz raspona jediničnih cijena briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena

Nadalje provedena je analiza jediničnih cijena briketiranog drvnog ugljena s obzirom na porijeklo (tablica 12). U tablici 13 prikazani su statistički parametri analize varijance jedinične cijene briketiranog drvnog ugljena te je utvrđena statistički značajna razlika. Naknadno provedenim LSD testom jedinična cijena briketiranog drvnog ugljena porijeklom iz EU statistički se značajno razlikuje u odnosu na ostale zemlje. Prosječna jedinična cijena briketiranog ugljena porijeklom iz EU veća je za 0,76 €/kg u odnosu na ugljen porijeklom iz Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine.

Tablica 12. Tablični prikaz deskriptivne statistike jediničnih cijena briketiranog drvnog ugljena s obzirom na porijeklo

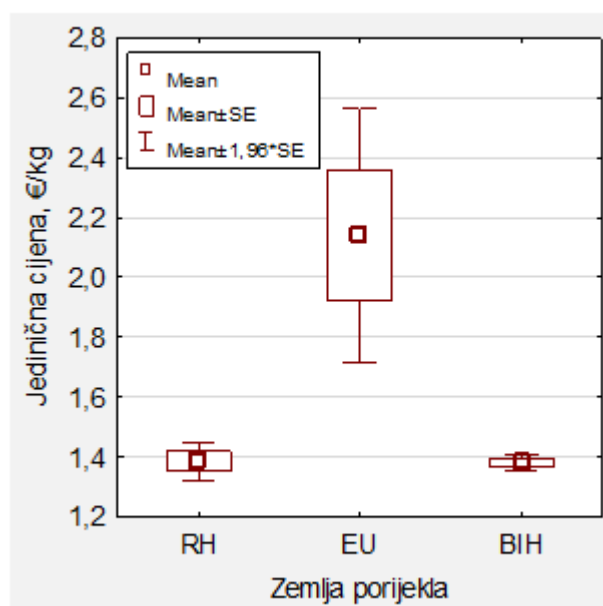
Zemlja porijekla	€/kg (prosječno)	€/kg N	€/kg Std. Dev.	€/kg MIN.	€/kg MAX.
RH	1,386667	9	0,097139	1,316000	1,516000
EU	2,139885	13	0,781921	1,156000	3,318000
BiH	1,382667	3	0,023094	1,356000	1,396000
All Grps	1,777860	25	0,675863	1,156000	3,318000

Tablica 13. Analiza varijance jediničnih cijena briketiranog drvnog ugljena s obzirom na porijeklo

Varijabla	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	Df Error	MS Error	F	P
€/kg	3,549627	2	1,774814	7,413366	22	0,336971	5,266960	0,013519

Tablica 14. LSD test jediničnih cijena briketiranog drvnog ugljena s obzirom na porijeklo

Zemlja porijekla	(1) M=1,3867	(2) M=2,1399	(3) M=1,3827
RH (1)		0,006713	0,991846
EU (2)	0,006713		0,053907
BiH (3)	0,991846	0,053907	



Slika 12. Prikaz raspona jediničnih cijena briketiranog drvnog ugljena kutijastim dijagramom

Na tržištu Grada Zagreba prevladava nebriketirani drveni ugljen hrvatskog porijekla (tablica 15). Prosječne jedinične cijene za nebriketirani ugljen prema porijeklu iznose: za Hrvatsku 1,669 €/kg, ostale zemlje EU 1,832 €/kg, a za BiH 1,283 €/kg. U tablici 16 prikazani su statistički parametri analize varijance jedinične cijene nebriketiranog drvnog ugljena te je utvrđena statistički značajna razlika. Naknadno provedenim LSD testom utvrđeno je da se jedinična cijena nebriketiranog drvnog ugljena porijeklom iz BiH statistički značajno razlikuje u odnosu na ostale zemlje. Prosječna jedinična cijena nebriketiranog ugljena porijeklom iz BiH niža je za 0,39 €/kg u odnosu na ugljen porijeklom iz Republike Hrvatske i za 0,56 €/kg u odnosu na onaj porijeklom iz EU.

Tablica 15. Tablični prikaz deskriptivne statistike jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena s obzirom na porijeklo

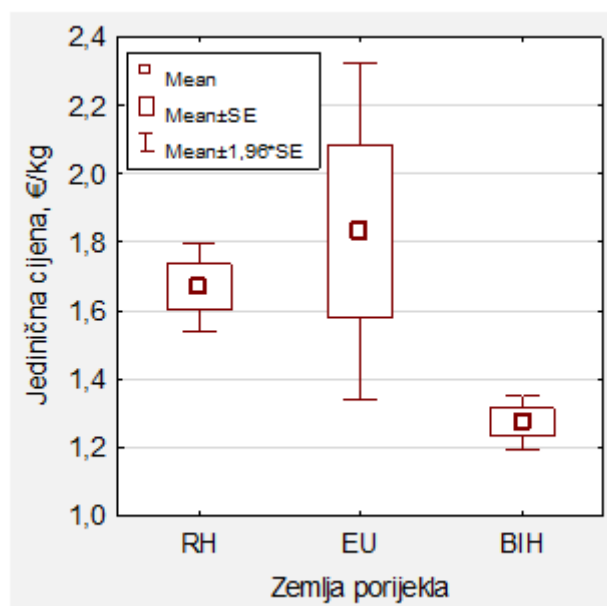
Zemlja porijekla	€/kg (prosječno)	€/kg N	€/kg Std. Dev.	€/kg MIN.	€/kg MAX.
RH	1,669238	14	0,247447	1,396000	2,124000
EU	1,832333	5	0,562220	1,106667	2,599000
BiH	1,273333	6	0,098197	1,196000	1,396000
All Grps	1,606840	25	0,358508	1,106667	2,599000

Tablica 16. Analiza varijance jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena s obzirom na porijeklo

Varijabla	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	P
€/kg	0,976106	2	0,488053	2,108568	22	0,095844	5,092158	<0,015225

Tablica 17. LSD test jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena s obzirom na porijeklo

Zemlja porijekla	(1) M=1,6692	(2) M=1,8323	(3) M=1,2733
RH (1)		0,322920	0,015609
EU (2)	0,322920		0,006877
BiH (3)	0,015609	0,006877	



Slika 13. Prikaz raspona jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena kutijastim dijagramom

4.5. Analiza cijena između čvrstih biogoriva

Prosječna jedinična cijena pojedinog oblika čvrstog biogoriva prikazana je u tablici 18. Najučestalije i najskuplje čvrsto biogorivo bio je drveni ugljen, a zatim ogrjevno drvo i drveni pelet. Analizom varijance utvrđeno je da se jedinična cijena između pojedinog oblika čvrstog biogoriva statistički značajno razlikuje (tablica 19), a naknadnim LSD testom je utvrđeno kako se jedinična cijena drvnog ugljena statistički značajno razlikuje u odnosu na ostale oblike čvrstog biogoriva (tablica 20).

Tablica 18. Tablični prikaz deskriptivne statistike jediničnih cijena čvrstih biogoriva

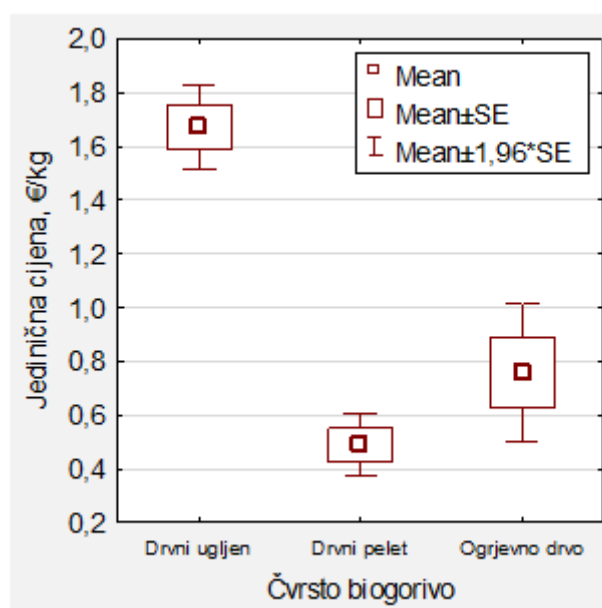
Čvrsto biogorivo	€/kg (prosječno)	€/kg N	€/kg Std.Dev.	€/kg MIN.	€/kg MAX.
Drveni ugljen	1,672443	50	0,573380	0,332667	3,318000
Drveni pelet	0,489244	15	0,233966	0,399333	1,328000
Ogrjevno drvo	0,759546	18	0,552856	0,107500	1,856000
All Grps	1,260635	83	0,732490	0,107500	3,318000

Tablica 19. Analiza varijance jediničnih cijena čvrstih biogoriva

Varijabla	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	Df Error	MS Error	F	P
€/kg	21,92457	2	10,96229	22,07185	80	0,275898	39,73310	<0,0000001

Tablica 20. LSD test jediničnih cijena čvrstih biogoriva

Čvrsto biogorivo	(1) M=1,6724	(2) M=0,48924	(3) M=0,75955
Drveni ugljen (1)		0,000000	0,000000
Drveni pelet (2)	0,000000		0,144952
Ogrjevno drvo (3)	0,000000	0,144952	



Slika 14. Prikaz raspona jediničnih cijena čvrstih biogoriva kutijastim dijagramom

5. ZAKLJUČAK

Istraživanjem tržišta čvrstih biogoriva Grada Zagreba obuhvaćeno je 47 različitih prodavaonica, a u 49 % prodavaonica je bio prisutan neki od oblika čvrstih biogoriva. Istraživanjem su ukupno obuhvaćena 84 uzorka različitih oblika čvrstog biogoriva. Najzastupljenije čvrsto biogorivo na istraživanom tržištu je drveni ugljen namijenjen za roštiljanje (59,5 %), zatim ogrjevno drvo (21,4 %), drveni pelet (17,9 %) i drveni briket (1,2 %).

Razlika u jediničnoj cijeni između pojedinog tipa ogrjevnog drva je statistički značajna, što je vrlo vjerojatno uzrokovano specifičnom namjenom pojedinog oblika istraživanog ogrjevnog drva i masom pakiranja. Naime, drvo vinove loze namijenjeno je za pripremu hrane (roštiljanje), a vrlo vjerojatno se proizvodi u značajno manjim količinama u odnosu na drvo za potpalu koje također ima specifičnu namjenu, odnosno u neznatnim količinama u usporedbi s kratko cijepanim i rezanim drvom koje je generalno namijenjeno za proizvodnju topline u kućanstvima. Stoga široka primjena, a samim time i ponuda odredile su nisku cijenu kratko rezanog i cijepanog drva u odnosu na ostale oblike istraživanog ogrjevnog drva.

Prema rezultatima analize utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika između jediničnih cijena drvnog peleta s obzirom na razred kakvoće (A1 i A2) prema klasifikaciji ENplus standarda (uz napomenu izostanka varijabilnosti jedinične cijene sedam pronađenih uzoraka A2 peleta). Prosječna jedinična cijena drvnog peleta razreda kakvoće A1 veća je za 0,044 €/kg od prosječne jedinične cijene drvnog peleta razreda kakvoće A2.

Statističkim testovima nije utvrđena značajna razlika u jediničnoj cijeni između briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena. S obzirom na porijeklo drvnog ugljena, jedinična se cijena briketiranog drvnog ugljena porijeklom iz EU statistički značajno razlikuje u odnosu na druge zemlje porijekla, a jedinična se cijena nebriketiranog drvnog ugljena porijeklom iz Bosne i Hercegovine statistički značajno razlikuje u odnosu na ostale istraživane zemlje.

Jedinična se cijena drvnog ugljena statistički značajno razlikuje u odnosu na ostale oblike čvrstog biogoriva, što je djelomično posljedica namjene drvnog ugljena, a potom i načina iskaza jedinične cijene s obzirom na masu proizvoda koja se uslijed specifičnog proizvodnog procesa smanjuje uz istovremeno povećavanje energijske gustoće.

6. LITERATURA

1. Domac, J., Benković Z., Starčić, T., 2008: Razvitak održive industrije drvenog ugljena. Šumarski list, 132(11–12): 555–561.
2. Domac, J., Risović, S., Šegon, V., Pentek, T., Šafran, B., Papa2, I., 2015: Može li biomasa pokrenuti energijsku tranziciju u Hrvatskoj i jugoistočnoj Europi. Šumarski list, 139(11-12): 561-569.
3. Državni zavod za statistiku. <https://dzs.gov.hr/> (pristupljeno: 15.7.2023.)
4. Francescato, V., Antonini, E., Zuccoli Bergomi, L., 2008: Priručnik o gorivima iz drvne biomase. Regionalna energetska agencija Sjeverozapadne Hrvatske. (ur.) V. Šegon, Zagreb, Hrvatska, 84 str.
5. Gujić, A., 2015: Svrha proizvodnje i korištenja drvenog ugljena. Završni rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1–27.
6. HRN EN 14961-5:2011 Solidbiofuels – Fuel specifications and classes – Part 5: Firewood for non-industrial use. Hrvatski zavod za norme, Zagreb.
7. HRN EN ISO 16559:2020 Čvrsta biogoriva – Nazivlje, definicije i opisi. Hrvatski zavod za norme, Zagreb.
8. HRN EN ISO 17225-1:2020 Čvrsta biogoriva – Specifikacije goriva i razredi 7. dio: Opći zahtjevi. Hrvatski zavod za norme, Zagreb.
9. Hrvatska tehnička enciklopedija. <https://tehnika.lzmk.hr/ogrjevno-drvo/> (pristupljeno 30.8.2023.).
10. <http://www.propellets.at/en/pellet-price/international-prices-and-indexes/>
11. https://geoportal.zagreb.hr/Temp/9.7.2016._Ispis_GeoportalZG_hS1jjjUOFEGX5uZKvun-Nw.jpeg
12. https://geoportal.zagreb.hr/Temp/9.7.2016._Ispis_GeoportalZG_KUdkCoNvsU2H3DtA4--QHQ.jpeg
13. https://www1.zagreb.hr/zgstat/documents/POPIS%202011/GZ_stanovnistvo_kucanstva_stanovi/Popis2011_GZ_StanovniciKucanstvaStanovi.pdf
14. Janković, B., 1987: Ogrjevno drvo. Šumarska enciklopedija, (ur.) Z. Potočić, JLZ, Zagreb, 542–543.
15. Krhen, P., 2012: Energetsko iskorištavanje šumske biomase u Hrvatskoj. Diplomski rad, Rudarsko–geološko–naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–53.
16. Kupinić, P., 2022: Analiza podataka o uvozu i izvozu drvnih šumskih proizvoda. Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije u Zagrebu, Zagreb, 1-88.
17. Kurtović D., 2016: Analiza tržišta čvrstih biogoriva na području Grada Zagreba. Diplomski rad, Šumarski fakultet u Zagrebu, Zagreb, 1-57.
18. Lipovski M., 2017: Čvrsta biogoriva kao obnovljivi izvor energije, Završni rad, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 1-54.
19. McKendry, P., 2002: Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. Bioresource Technology 83(1): 37–46.

20. Napravi sam. <http://www.napravi-sam.com/clanci/proizvodnja-drvenog-ugljena/> (pristupljeno 30.8.2023.)
21. Popis stanovništva, kućanstva i stanova 2021. – konačni rezultati Grad Zagreb https://www.zagreb.hr/userdocsimages/arhiva/statistika/popis%202021%20kona%C4%8Dni%20rezultati/Popis%202021._kona%C4%8Dni%20rezultati_Grad%20Zagreb_web.pdf (pristupljeno: 15.7.2023.)
22. Raitila, J., 2010: Benefits of producing woodfuel
23. Risović, S., Đukić, I., Vučković, K., 2008: Energy analysis of pellets made of wood residues. Croatian journal of forest engineering, 29(1): 95–108.
24. Sitaš, B., Milković, I., Žagar, K., Juričić Musa, A., Stankić, M., Kratofil, L., Devčić, I., Stojić, M., Vrebčević, M., Vargović, L., Vincenc, G., 2022: Godišnje izvješće 2021. Hrvatske šume d.o.o.: 1–48.
25. Šafran, B., 2015: Ovisnost mehaničkih svojstava peleta o ulaznim veličinama drvne sirovine. Doktorski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–144.
26. Šegon, V., Šimek, T., Oradini, A., Marchetti, M., 2014: Priručnik za učinkovito korištenje biomase. Hrvatska, 1-26.
27. Vuk, B., Ban, M., Kos Grabar Robina, V., Fabek, R., Golja, D., Milešević, B., Matijašević, N., Maras, N., Čop, T., Lončarević, Š., Živković, S., Borković, T., Krstulović, V., Židov, B., Jurić, Ž., Šimić, Z., 2022: Energija u Hrvatskoj. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja Republike Hrvatske: 1–260.
28. Vusić, D., 2013: Pogodnost sustava pridobivanja drvne biomase u smrekovoj šumskoj kulturi. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1–174.