Analiza tržišta čvrstih biogoriva na području Grada Zagreba

Kurtović, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:930885

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

TEHNIKE, TEHNOLOGIJE I MENADŽMENT U ŠUMARSTVU

DOMAGOJ KURTOVIĆ

ANALIZA TRŽIŠTA ČVRSTIH BIOGORIVA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2016.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

ANALIZA TRŽIŠTA ČVRSTIH BIOGORIVA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu

Predmet: Šumski proizvodi

Ispitno povjerenstvo: izv. prof. dr. sc. Željko Zečić

prof. dr. sc. Ivan Martinić

dr. sc. Dinko Vusić

Student: Domagoj Kurtović

JMBAG: 0068212708

Broj indeksa: 570/2014

Datum odobrenja teme: 11. 04. 2016.

Datum predaje rada: 16. 09. 2016.

Datum obrane rada: 23. 09. 2016.

Zagreb, rujan, 2016.

Dokumentacijska kartica

Naslov	Analiza tržišta čvrstih biogoriva na području Grada Zagreba
Title	*Analysis of solid biofuels market in the area of The City of Zagreb*
Autor	Domagoj Kurtović
Adresa autora	Dragutina Žanića Karle 119, 32100 Vinkovci
Rad izrađen	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Izv. prof. dr. sc. Željko Zečić
Izradu rada pomogao	Dr. sc. Dinko Vusić
Godina objave	2016.
Obujam	50 stranica; 19 tablica;18 slika;60 navoda literature
Ključne riječi	Ogrjevno drvo, drvni pelet, drvni briket, drvni ugljen, jedinične cijene
Keywords	Firewood, wood pellet, wood briquettes, wooden charcoal, unit price
Sažetak	Provedbom istraživanja evidentirana su prodajna mjesta, vrste čvrstih biogoriva, trgovački nazivi proizvoda, količina proizvoda u pakiranju, cijena proizvoda, proizvođač, osnovne značajke proizvoda te postojanje deklaracije (certifikata) proizvoda na području Grada Zagreba. Cilj provedenog istraživanja bio je utvrditi ovisnost jedinične cijene proizvoda o vrsti proizvoda, kakvoći proizvoda i postojanju deklaracije (certifikata) proizvoda. U prvom dijelu rada opisan je pojam biomase i prednosti njezinog korištenja u ekološkom i socio-ekonomskom smislu te su opisana čvrsta biogoriva pronađena na prodajnim mjestima koja su obuhvaćena istraživanjem (ogrjevno drvo, drvni peleti, drvni briketi i drvni ugljen). Istraživanjem je obuhvaćeno ukupno 75 uzoraka čvrstih biogoriva na 42 prodajna mjesta,a na23 lokacije nisu pronađena čvrsta biogoriva. Među 75 uzoraka čvrstih biogoriva bilo je 7 uzoraka drvnih briketa, 14 uzoraka ogrjevnog drva, 15 uzoraka drvnih peleta i 39 uzoraka drvnog ugljena. Prodajne cijene pojedinog čvrstog biogoriva, preračunate su u kn/kg (jedinične cijene). Analizom prikupljenih podataka utvrđeno je statistički značajno odstupanje prosječne jedinične cijene drvnog ugljena od prosječnih jediničnih cijena drvnih briketa, drvnih peleta i ogrjevnog drva. Statistički značajna razlika utvrđena je i prilikom usporedbe prosječne jedinične cijene briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena prema porijeklu gdje je dokazano statistički značajno odstupanje prosječne jedinične cijene nebriketiranog drvnog ugljena iz Bosne i Hercegovine u odnosu na onaj iz Republike Hrvatske i ostalih zemalja. Statistički značajna razlika između prosječnih jediničnih cijena briketiranog drvnog ugljena obzirom na porijeklo nije utvrđena. Također, nije utvrđena niti statistički značajna razlika u prosječnim jediničnim cijenama drvnih peleta obzirom na postojanje ili nepostojanje certifikata, kao ni u prosječnim jediničnim cijenama drvnih peleta ovisno o tome jesu li svrstani u A1 ili A2 klasu kakvoće prema ENplus standardu. Među uzorcima drvnih briketa, samo je jedan proizvođač imao proizvod klasificiran prema ENplus standardu. Analizom podataka vezanih za ogrjevno drvo utvrđeno je da najvišu prosječnu jediničnu cijenu ima drvo za potpalu te da kratkom rezanom i cijepanom ogrjevnom drvu jedinična cijena raste smanjenjem mase pakiranja.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. PROBLEMATIKA 2
2. 1 Biomasa 2
2. 2 Opis drvnih biogoriva pronađenih na tržištu 9
2. 2. 1 Kratko rezano i cijepano ogrjevno drvo 9
2. 2. 2 Drvni pelet 16
2. 2. 3 Drvni briket 19
2. 2. 4 Drvni ugljen 21
2. 3 Tržište 26
3. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA 29
3. 1 Područje na kojem je provedeno istraživanje 29
3. 2 Prodavaonice i proizvodi obuhvaćeni istraživanjem 31
3. 3 Postupak prikupljanja i obrade podataka 34
4. REZULTATI 35
5. ZAKLJUČAK 44
6. LITERATURA 46

POPIS TABLICA

Tablica 1. Dimenzije i tehnički maseni udio vode u ogrjevnom drvu prema normi EN ISO 17225-1:2014; str. 12.

Tablica 2. Kriteriji za ocjenjivanje kakvoće ogrjevnog drva prema normi EN ISO 17225-5:2014; str. 12.

Tablica 3.Kriteriji po kojima se ocjenjuje kvaliteta peleta prema ENplus; str. 18.

Tablica 4.Kriteriji za razvrstavanje briketa prema normi EN ISO 17225-3; str. 21.

Tablica 5.Klasifikacija drvnog ugljena po normi EN ISO 17225-1; str. 25.

Tablica 6.Deskriptivna statistika prosječne jedinične cijene drvnog peleta na osnovu klasificiranosti prema ENplus propisu; str. 37.

Tablica 7.Analiza varijance jediničnih cijana drvnih peleta na osnovu klasificiranosti prema ENplus propisu; str. 37.

Tablica 8.Deskriptivna statistika prosječne jedinične cijene drvnog peleta na osnovu pripadnosti A1 ili A2 klasi prema ENplus standardu; str. 38.

Tablica 9.Analiza varijance jediničnih cijena drvnih peleta obzirom na pripadnost A1 ili A2 klasi; str. 38.

Tablica 10.Deskriptivna statistika prosječne jedinične cijene briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena; str. 39.

Tablica 11.Analiza varijance jediničnih cijena za briketirani i nebriketirani drvni ugljen; str. 39.

Tablica 12.Deskriptivna statistika prosječne jedinične cijene briketiranog drvnog ugljena s obzirom na porijeklo; str. 40.

Tablica 13.Analiza varijance jediničnih cijena briketiranog drvnog ugljena prema porijeklu; str. 40.

Tablica 14.Deskriptivna statistika prosječne jedinične cijene nebriketiranog drvnog ugljena prema porijeklu; str. 41.

Tablica 15.Analiza varijance jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena prema porijeklu; str. 41.

Tablica 16.LSD test prosječnih jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena prema porijeklu; str. 41.

Tablica 17.Deskriptivna statistika prosječnih jediničnih cijena čvrstih biogoriva; str. 43.

Tablica 18.Analiza varijance jediničnih cijena čvrstih biogoriva; str. 43.

Tablica 19. LSD test prosječnih jediničnih cijena čvrstih biogoriva; str. 43.

POPIS SLIKA

Slika 1.Kratko rezano i cjepano drvo složeno u vreće na paleti; str. 15.

Slika 2.Kratko rezano i cjepano drvo na paleti 1x1x1,8 m; str. 15.

Slika 3.Drvo vinove loze za roštilj; str. 16.

Slika 4. Drvo za potpalu; str. 16.

Slika 5.Drvni peleti u ambalaži; str. 19.

Slika 6. Certifikat na ambalaži drvnih peleta; str. 19.

Slika 7.Drvni briketi za roštilj; str. 21.

Slika 8. Drvni briketi za ogrjev; str. 21.

Slika 9.Ugljenica; str. 25.

Slika 10. Briket drvnog ugljena za roštilj; str. 25.

Slika 11. Struktura stanovništva Grada Zagreba prema naseljima, popis 2011.; str. 30.

Slika 12.Gradske četvrti Grada Zagreba – stanovništvo, popis 2011.; str. 31.

Slika 13.Prikaz prodavaonica u kojima su pronađena kruta biogoriva; str. 33.

Slika 14.Prikaz prodavaonica u kojima nisu pronađena kruta biogoriva; str. 33.

Slika 15.Kutijasti dijagram jediničnih cijena briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena; str. 39.

Slika 16. Kutijasti dijagram jediničnih cijena briketiranog drvnog ugljena prema porijeklu; str. 39.

Slika 17. Kutijasti dijagram jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena prema porijeklu; str. 42.

Slika 18. Kutijasti dijagram jediničnih cijena čvrstih biogoriva; str. 43.

1. UVOD

U suvremenom društvu, koje sve više naglašava važnost brige za okolioš, korištenje obnovljivih izvora energije dobiva na sve većoj važnosti. Njihova najznačajnija prednost pred fosilnim gorivima je CO_2neutralnost, važna za smanjenje globalnog zatopljenja i mogućnost postizanja energetske neovisnosti manjih prostornih cjelina, ovisno o dostupnosti pojedinog izvora energije. Zahvaljujući tome otvara se put gospodarskom razvoju i većem zapošljavanju u lokalnim zajednicama.

Iako nafta, njezini derivati i zemni plin još uvijek imaju primat u svjetskoj ekonomiji, zahvaljujući razvoju svijesti i različitim poticajima, zamjenjuju ih energija vode, vjetra, sunca, biomasa i geotermalna energija.U skladu s jedinstvenom energetskom politikom Europske unije, Republika Hrvatska se obvezala postići da do 2020. godine energija proizvedena iz obnovljivih izvora energije sudjeluje s 20% u bruto neposrednoj potrošnji nergije. Strategijom energetskog razvoja Republike Hrvatske predviđa se zadržati udio proizvodnje električne energije iz velikih hidroelektrana i obnovljivih izvora na 35% u ukupnoj potrošnji električne energije do 2020. godine. Također, u istoj godini cilj je upotrebljavati oko 26 PJ energije proizvedene iz biomase. Prema tome, predviđena je pretvorba biomase u toplinsku i/ili električnu energiju kao i prerada biomase u komercijalno pogodnije oblike energije (drvni pelet, drvni briket, drvna sječka i drvni ugljen) (Vusić 2013). Povećani zahtjevi za šumskom drvnom biomasom moći će se namiriti prvenstveno povećanom realizacijom raspoloživog etata, povećanjem iskorištenja nadzemnog obujma stabala (Vusić 2013) i povećanjem površina pod energetskim nasadima drvenastih vrsta.

Najveći izazov još uvijek je pronalaženje vrsta koje će biti izvorom dovoljne količine energije i na osnovu toga moći parirati fosilnim gorivima. Proces proizvodnje energije i njezine pretvorbe iz jednog oblika u drugi, također uvelike određuju vrstu biomase koja će se upotrijebiti (McKendry 2001).

Ovaj rad ima zadaću predstaviti dostupnost i analizirati cijene čvrstih biogoriva na području grada Zagreba, proizvedenih iz šumske drvne biomase.

2. PROBLEMATIKA

2. 1 Biomasa

Pojam biomasa odnosi se na tvar biljnog ili životinjskog porijekla isključujući fosilne ostatke. Biomasa može biti organska tvar vodenih biljaka (akvakultura), drveća ili biljaka i životinja u poljoprivrednoj proizvodnji. Unatoč velikoj brojnosti izvora biomase, drvna ima najširu primjenu. Onaj dio drvne biomase koji će poslužiti kao energent, izravno ili uz prethodnu preradu, dolazi u obliku ogrjevnog drva, šumskog ostatkai ostataka iz drvne industrije. Na taj način i ono što je nekada bilo otpad, sada postaje ostatak čijim se iskorištavanjem rješava problem njegova zbrinjavanja, smanjuje se uvoz energenata, razvijaju se do sada manje razvijena ruralna područja.

Biomasa je kroz čitavu povijest čovječanstva bila jedan od glavnih izvora energije. U današnje vrijeme iz nje se zadovoljava 10–14% svjetskih energetskih potreba, a taj će postotak u budućnosti zasigurno rasti. Prvi u nizu razloga za to je tehnološki napredak koji je omogućio niže cijene i veću energetsku učinkovitost. Drugi je taj što su se države sjeverne Europe i Sjedinjenih Američkih Država susrele saviškovima u proizvodnji hrane. Stoga se njihovi poljoprivrednici potiču na sadnju energetskih nasada u zamjenu za poljoprivredne kulture. Predviđa se da će to dovesti do daljnjeg pada cijena biomase (McKendry 2001). Uz navedeno, javlja se strah od klimatskih promjena i globalnog zatopljenja.

U ovom će radu biti obrađena problematika šumske drvne biomase. Njezin nastanak uvjetovan je odvijanjem procesa fotosinteze tijekom kojega se iz ugljičnog dioksida te mineralnih tvari otopljenih u vodi, posredstvom sunčevog zračenja, dobiva kisik i ugljikohidrati. Oni će biti potrebni živim stanicama za produkciju nove drvne tvari i rast. Na taj se način sunčeva energija pretvara u kemijsku, pohranjenu u kemijskim vezama organskih spojeva. Njihovim kidanjem u procesu izgaranja oslobađa se toplinska, a usporedno s njom moguće je dobiti i električnu energiju. U takvim procesima, kojima se oslobađa energija iz biomase, kao produkti nastaju ugljični dioksid i voda. Na taj način oslobođeni CO_2, ponovno će se koristiti za izgradnju novih organskih molekula živih organizama. Zato možemo reći da je taj proces ponavljajućeg karaktera, a biomasa kao energent CO_2 neutralna, jer izgaranjem otpušta onoliko ugljičnog dioksida koliko ga je za života akumulirala. Time

biogoriva dodatno dobivaju na značenju jer usporavaju trend globalnog zagrijavanja. Važno je pritom voditi računa o razlici između količine ugljičnog dioksida otpuštenog u atmosferu prilikom izgaranja fosilnih goriva i količine CO_2 koju biljke mogu pohraniti u istom vremenskom razdoblju (McKendry 2001).

Osim gore navedenih, brojne su druge prednosti proizvodnje drvnih biogoriva. Razvija se tržište zahvaljujući praćenju zahtjeva za prilagodbom proizvoda krajnjem korisniku. Oblo drvo malih promjera, cijela stabla, ostaci iz pridobivanja i drugi oblici nepovoljni za prodaju prerađuju se u tržišno prihvatljiv oblik. Prorjedama se postiže potrajnost prihoda, dobro zdravstveno stanje šume i povećavanje vrijednosti drvnog obujma koji ostaje u šumi do kraja ophodnje. S druge strane dobili smo prethodni prihod čiji će dio poslužiti za proizvodnju drvnih energenata. Sustavnim i potrajnim gospodarenjem povećava se bioraznolikost šuma te se olakšava prirodna obnova. Višestruke su koristi i za lokalno stanovništvo. Ono se može uključiti u gospodarske aktivnosti kroz sudjelovanje u lancima dobave i osigurava mu se energetska neovisnost. Novac koji bi se trošio za uvoznu energiju ostaje na raspolaganju njihovim zajednicama za druge potrebe. Posebnu vrijednost imaju šume u blizini krajnjih korisnika. One pružaju mogućnost za dugotrajno obavljanje gospodarske djelatnosti (Raitila 2010).

Zahtjevi koji karakteriziraju idealan izvor energije su: visok prinos suhe tvari po jedinici površine, mala ulaganja i troškovi u proizvodnom procesu te mogućnost proizvodnje s minimalnom upotrebom pesticida i malim zahtjevima za prihranom. Osim toga, glavne osobine energenta na koje treba obratiti pažnju pri proizvodnji energije su: udio vode, energijska vrijednost, vezani ugljik i hlapljive tvari, pepeo, udio alkalijskih metala, odnos udjela celuloze i lignina, volumen i gustoća. Za postupke energetske pretvorbe u kojima se koristi suha biomasa važno je prvih pet nabrojanih svojstava, dok su u procesima energetske pretvorbe biomase s većim udjelom vodevažni udio vode te odnos udjela lignina i celuloze(McKendry 2001).

Zbog anatomske građe i kemijskog sastava drva, u njemu razlikujemo dvije vrste vode. Slobodnu i vezanu. Prva ispunjava šupljine provodnih elemenata i parenhimsko staničje, a druga zasićuje mikrošupljine među nitima celuloze, hemiceluloze i lignina. Godišnje doba i vremenske prilike u vrijeme pridobivanja utječu isključivo na sadržaj slobodne vode. Voda iz drva počinje isparavati odmah po

obaranju. Od vanjskih slojeva trupca prema srži. Protokom vremena sva će slobodna voda ispariti, a u drvu će ostati vezana voda čija će količina varirati u ovisnosti o atmosferskim prilikama. Generalno možemo reći da će biti prisutna u postotku manjem od 20%. Udio vode u sirovini, među ostalim, definira i najbolji način njegove pretvorbe u energent. Udio vode u drvu varira u rasponu od 15–60%. Drvo i bilje s malim udjelom vode pogodni su za proizvodnju metanola. U slučaju biomase većeg udjela vode, kakva je šećerna trska, proizvodit će se etanol postupkom fermentacije ili metan anaerobnom razgradnjom (McKendry 2001).

Ovisno o udjelu vode u drvu dolazi do smanjenja ili povećanja njegova volumena. Tijekom postupka pridobivanja drva i proizvodnje drvne sječke od svježeg drva, nema njegova skupljanja. Ono se događa tek kad udio vodepadne ispod 23%. Do te je vrijednosti drvo izgubilo samo slobodnu vodu. Dakle, nastavi li se proces sušenja, isparavat će i vezana voda. Pritom će se volumen smanjiti za oko 13%, ovisno o vrsti drva. U suprotnom, ponovnim povećanjem sadržaja vezane vode drvo će bubriti.Točka zasićenja drvnih vlakanaca je sadržaj vode oko 30%. Važno je poznavati udio vode u gorivu zbog izračuna masene i energetske gustoće, ali i obračuna volumena tovara i troškova transporta (Francescato dr. 2008).

Ogrjevna vrijednost je izraz za sadržaj energije ili topline koja se oslobađa gorenjem nekog materijala na zraku. Najčešće se izražava kao količina energije po jedinici mase ili volumena goriva. Iz toga proizlazi MJ/kg za čvrsta, MJ/l za tekuća i MJ/m^3 (m^3 pri temperaturi od 0°C i tlaku od 1atm) za plinovita goriva(McKendry 2001).Ogrjevna vrijednost je u međuodnosu sa udjelom vode u gorivu jer se energija oslobođena njegovim izgaranjem prvo troši na prevođenje vode iz tekućeg u plinovito agregatno stanje. Za taj proces utroši se 2,44MJ energije po kilogramu vode. Preostala se toplina može korisno upotrijebiti. Zbog toga razlikujemo bruto i neto ogrjevnu vrijednost. Prilikom izražavanja neto ogrjevne vrijednosti otpuštena se voda tretira kao vodena para, drugim riječima ne uračunava se onaj dio energije koji je potreban za pevođenje vode iz tekućeg u plinovito agregatno stanje. Bruto ogrjevna vrijednost vodu u gorivu tretira kao tekućinu pa je u bruto ogrjevnu vrijednost uračunat i onaj dio energije koji će se potrošiti na isparavnje vode. U slučaju da na proizvodu prilikom izražavanja ogrjevne vrijednosti nije istaknuto izražava li se bruto ili neto, navedena je neto ogrjevnu vrijednost. Uz to postoji i ogrjevna vrijednost suhog drva(oven-dry calorific value (NCV_0)) koja se kreće u rasponu od 18,5 do 19

MJ/kg za različite vrste drva.Ogrjevna vrijednost lignina kreće se od 26 do 27 MJ/kg, celuloze 17,2 do 17,5 MJ/kg, a hemiceluloza ima vrijednost 16 MJ/kg. Udio lignina veći je u četinjača pa je i njihova ogrjevna vrijednost suhog drva za 2 % veća, čemu doprinosi i veći sadržaj smole voska i ulja u njihovom drvu(Zečić 2014).

Ugljik je važna komponenta biogoriva čijom se oksidacijom oslobađa energija. Osim njega, u biomolekulama su prisutni vodik i kisik. Vodik doprinosi oslobađanju energije, a kisik samo potiče proces gorenja. Ugljik, osim pozitivnog učinka u oslobađanju enegrije ima i negativni učinak u slučaju kada se ne oksidira uz dovoljno kisika. Tada uz sumpor i dušik stvara spojeve štetne za okoliš. Govorimo li o dušiku, njegova koncentracija u drvnim biogorivima je izrazito mala, ali zato se javlja osobito u žitaricama. Prije svega u uljanoj repici. Izgaranjem biogoriva iz izvora bogatih dušikom, u atmosferu se osobađa sav dušik pohranjen u biomolekulama što znači da ga se neće pronaći u pepelu. Biogoriva poljoprivrednog porijekla sadrže više kalija u odnosu na drvna. Njegova prisutnost smanjuje točku tališta pepela čime se povećava stvaranje šljake u ložištu. Time nastaju problemi u procesu izgaranja. U ostatku po izgaranju, kalij je moguće pronaći u tragovima. Sumpora je u krutim biogorivima mnogo manje nego u fosilnim gorivima. Uglavnom se otpušta u obliku SO_2. Promatramo li sadržaj klora u drvnim biogorivima, uočavamo da ga je znatno manje nego u biogorivu proizvedenom iz žitarica illi šaševa. On se izgaranjem oslobađa u obliku klorovodika te dioksina i furana. Većina će klora biti vezana u česticama lebdećeg pepela (40 do 95%). Ostatak će tvoriti molekule HCl. SO_2, HCl i lebdeći pepeo će, u prisustvu vodene pare i ostalih elemenata i spojeva oslobođenih izgaranjem, uzrokovati korozivne procese na ložištu i dimnjacima(Francescato i dr. 2008).

Lebdeći pepeo i šljaka su kruti produkti u procesu izgaranja. Najviše lebdećeg pepela oslobađa se prilikom izgaranja ugljena kada će među sveukupnim produktima izgaranja njegov udio biti do 80 %. Boja mu je svijetlo siva, a oblik nepravilan. Čestice su mu vličine 0,2–90μm. Zbog toga se može prikupljati isključivo na elektrostatskim filterima jer lako prođe kroz pore ostalih alata za filtraciju. Primjenu nalazi kao sastavni dio aditiva za imobilizaciju industriskog otpada, koristi se i prilikom stabilizacije sitnozrnog tla u postupku izgradnje prometnica i nasipa, te za stabilizaciju u rudnicima. Primjenu nalazi u proizvodnji predmeta otpornih na vatru, različitih uređaja za filtraciju, karamičkih proizvoda i slično. Unatoč već postojećoj

širokoj primjeni te istraživanju novih načina uporabe, samo se manji dio lebdećeg pepela komercijalno upotrebljava. S druge strane, čestice šljake su većih dimenzija i tamno sive boje. To je posljedica toga što u sastavu šljake dominira neizgoreni ugljik, a zbog većih dimenzija čestica, uglavnom zaostaje u ložištu (Trkmić 2012).

Osim spomenutih lebdećeg pepela i šljake, pepeo je također kruti produkt izgaranja biogoriva na zraku (uz prisutnost kisika). Analiziranje svojstava pepela standardni je postupak prilikom utvrđivanja značajki određenog goriva. Razlog tome je nužnost njegova iznošenja iz ložišta i transporta.Ako je pepeo takvog kemijskog sastava koji ne ugrožava okoliš, može naći primjenu u poljodjelstvu. U suprotnom, treba ga zbrinuti na način kojim neće štetiti ekosustavu što proizvodi dodatne troškove. Drvo bez kore izgaranjem producira mali sadržaj pepela za razliku od poljoprivrednih kultura.Općenito govoreći, s povećanjem temperature u ložištu se događaju različite fizikalne i kemijske promjene. Tada dolazi do omekšavanja, a potom i fuzije (spajanja) čestica.U kontekstu toga, uočen je nedostatak goriva koja imaju nisku temperaturu fuzije jer se njihovim izgaranjem povećava mogućnost nastanka šljake.Takva su ona od zeljastih biljaka čija je temperatura fuzije pepela ispod 1000°C i žitarica ispod 750°C. Drvo i kora ne predstavljaju problem jer je njihova temperatura fuzije 1300 do 1400°C. Nastankom šljake, smanjuje se i mijenja protok zraka što negativno utječe na sam proces gorenja ili dovodi do pregrijavanja elemenata ložišta. To je uz već opisano poticanje korozivnih procesa još jedna njena negativnost. No, taj se problem može umanjiti uvođenjem sustava za hlađenje rešetke ložišta, olakšavanjem protoka dima ili postavljanjem sustava za automatsko čišćenje. U slučaju da se kao gorivo koriste žitarice, može ih setretirati aditivima na bazi kalcija.Osim spomenutog, na nastanak šljake utječe odnos nekih elemenata, primjerice: nantrija, kalija, magnezija, kalcija i fosfora sa silicijem. Njegov sadržaj u energentu može se znatno povećati u procesu pridobivanja prilikom dodira s tlom, što će se nagativno odraziti na proces izgaranja(Francescato i dr. 2008).

Olovo, cink i kadmij elementi su koje pronalazimo u česticama pepela, a spadaju među najštetnije za okoliš. Analizom pepela kore drveća, drvne sječke, drvne piljevine i slame utvrđeno je da se najviše olova nalazi u pepelu drvne piljevine, 35,6 mg/kg, a najmanje u pepelu slame gdje ga ima 7,7 mg/kg. Piljevina prednjači i po sadržaju cinka sa 1429,8 mg/kg, dok ga pepeo slame ima 234,6 mg/kg što je najmanja vrijednost unutar promatranih uzoraka. Cink je element kojega se u pepelu

nalazi najviše. Kadmij je jedan od elemenata s najmanjim udjelom u pepelu. I kod njega se uočava najveća prisutnost u piljevini sa 16,8 mg/kg i najmanja u pepelu slame, 0,7 mg/kg pepela (Francescato i dr. 2008).Utvrđene količine olova cinka i kadmija te njihova najveća prisutnost u pepelu piljevine, posljedica su upijanja ulja za podmazivanje lanca motorne pile u čestice piljevine. Navedeno se može potkrijepiti istraživanjem koje je proveo Skoupy (2004) gdje navodi da se 7 do 13 % maziva nanese na površinu uzduž reza prepiljenog drva, 12 do 16 % dospije u tlo, a čak 75 do 77% apsorbiraju čestice piljevine.

Molekule koje grade biljnu tvar su celuloza, hemiceluloza, lignin te ostali spojevi i elementi s manjim udjelom. Ovisno o biljnoj vrsti, pojavljuju se u promjenjivim omjerima. Zahvaljujući tome, različita su svojstva pojedinih biljaka i važno ih je poznavati u kontekstu njihove primjene kao biogoriva. Drvenaste biljke u svome sastavu imaju veći udio lignina čija je zadaća međusobno povezivanje lanaca celuloze. Time se dobiva veća čvrstoća za razliku od zeljastih biljaka. Relativni omjer celuloze, lignina i hemiceluloze jedan je od odlučujućih faktora u izboru vrste koja će se podići na energetskim usjevima. Celuloza je građevni element koji čini 40–50% ukupne težine biomase, dok lignin u njoj sudjeluje sa 20–40%. Sadržaju tih tvari prilagođavaju se procesi pretvorbe u oblik koji je najprihvatljiviji u proizvodnji energije. Tako će se biljke bogate celulozom obraditi postupkom enzimatske hidrolize iz kojega će kao produkt nastati glukoza potrebna za proizvodnju alkohola fermentacijom. Takav je postupak teško provesti s drvenastim biljkama pa će se energija iz njih češće dobivati izgaranjem (McKendry 2001).

Najveća zapreka u proizvodnji bioetanola iz drvnog ostatka je lignin koji u strukturi drva tvori svojevrstan zaštitni sloj oko lanaca celuloze i hemiceluloze dajući tako drvu otpornost na tlačna naprezanja istovremeno ih štiteći i od razgradnje pomoću enzima (Krishna i Chowdary 2000).

S druge strane, sirovine bogate jednostavnim šećerima i škrobom isplativije je koristiti u prehrani ljudi i stoke (Janušić 2008). Uz to, prednosti koje biogoriva imaju u odnosu na fosilna, uvjetovale su razvoj predtretmana lignoceluloznih ostataka iz poljoprivredne proizvodnje te šumarstva i drvne industrije u procesu proizvodnje bioetanola. Predtretmanima se poboljšava razgradnja sirovine, uklanjanje lignina,

djelomična ili potpuna hidroliza hemiceluloze i smanjenje udjela kristalnih frakcija celuloze (Cardona i Sanchez 2007).

Prednosti bioetanola u odnosu na fosilna goriva su izgaranje uz oslobađanje manjih količina štetnih plinova i veći oktanski broj (pokazuje koliku kompresiju podnosi gorivo prije samozapaljenja) za što je zaslužan veći udio kisika u bioetanolu. Kao nedostaci javljaju se velika sposobnost vezanja vode što vodi povećanom korodiranju motora i zahtjeva njihovu prilagodbu. Također bioetanol sadrži 30 % manje energije u odnosu na benzin (Car 2015).

Neovisno o tome koji se postupak primjeni u proizvodnji biodizela, bioetanola ili bioplina, biomasa koja je ušla u proces proizvodnje nikada se neće u potpunosti transformirati u novi oblik energenta. To dokazuje istraživanje koje je proveo Pavlečić (2012) uspoređujući različite tehnike proizvodnje bioetanola na svježem soku šećerne repe. Dobiveni rezultati pokazuju da je od jednog grama sirovine koja je ušla u proces proizvodnje, ovisno o primjenjenom postupku, dobiveno od 0,360 do 0,502 g/g bioetanola. Učinkovitost se kretala u rasponu od 66,91 do 93,40 %. Najviše bioetanola uz najveću učinkovitost proizvedeno je iz jedinice mase sirovine primjenom šaržnog procesa s pritokom supstrata (*Šarža (franc.) određena količina proizvoda koja je od iste sirovine, proizvedena istim strojem pod jednakim uvjetima i u jednom procesu proizvodnje*).

Po provedenoj fermentaciji potrebno je postupkom destilacije iz komine izdvojiti etanol čiji je udio u komini 12 do 15 % volumena. Količina dobivenog etanola, proporcionalna je količini šećera u sirovini korištenoj u proizvodnji (Grba 2010; Madson i Monccaux 2003).

Veći sadržaj ugljika u biljci znači i više energije koja će se osloboditi u procesima energetske pretvorbe. U procesu fotosinteze postoje dva različita puta, C_3 i C_4. Iako C_3 put koristi najveći broj biljaka, one koje koriste C_4 put akumuliraju znatno više ugljika. Primjer C_3 biljaka su topola, vrba, pšenica i ostale žitarice. Višegodišnje trave, šaševi, šećerna trska, kukuruz i artičoka koriste C_4 fotosintetski put (McKendry 2001).

Volumen i gustoća povezani su sa troškovima transporta i skladištenja. Zato se različitim postupcima u proizvodnom procesu goriva nastoji povećati masu goriva koja se može smjestiti u neki volumen. Tako primjerice 4,4 m_n^3 drvne sječke listača ili

5,2 do 5,6 m_n^3 drvne sječke četinjača teže jednu tonu. Unaprijeđeni proizvod, kao primjerice drvni pelet istu će masu postići sa manjom zapreminom, svega 1,6 do 1,8 m_n^3. Primjer iz područja poljoprivredne proizvodnje je baliranje (Francescato i dr. 2008).

Prilikom izražavanja volumena koristimo tri kategorije. To su puni, prostorni i nasipni kubni metar. Puni metar kubni (m^3) koristi se za izražavanje volumena prostora koji je u potpunosti ispunjen drvom. Tako je izražen primjerice volumen drvnih sortimenata po sječi i izradi. Prostorni metar kubni (prm) koristi se se izražavanje volumena složaja drva, primjerice jednometarskih cjepanica. Za izražavanje obujma nasutog kratkog cjepanog drva ili još češće drvne sječke, koristit ćemo nasipni metar kubični (m_n^3). Njihov međuodnos je slijedeći. Iz jednog kubičnog metra oblog drva moguće je dobit složaj od približno 1,4 prostorna metra jednometarskog cjepanog drva. Da se iz istog obujma izradi kratko cjepano drvo i naspe, zauzimalo bi oko dva nasipna kubna metra. Obujam nasute drvne sječke G50 dobivene iz 1 m^3 drva, bio bi približno jednak 3 m_n^3. Za izražavanje mase cjepanog drva, drvne sječke, peleta i briketa koriste se metričke tone (t) i kilogrami (kg). Mjerne jedinice koje stavljaju u odnos masu i gustoću su: specifična težina, masena gustoća i nasipna gustoća. Specifična težina je bezdimenzijska veličina koja oposuje odnos između mase i volumena vode (pri 4°C) obzirom na masu i volumen drvne tvari. To se odnosi na masu suhe drvne tvari koju tada najvećim dijelom čine lignin, celuloza i hemiceluloza. Specifična težina takve tvari je 1,5 i kao takva se primjenjuje na različite vrste. Masena gustoća izražava se u g/cm^3 ili kg/m^3. Govori nam o odnosu između mase i volumena drvne tvari koji ovise o njegovoj unutarnjoj građi. Drugim riječima o veličini i građi provodnih elemenata te njihovoj ispunjenosti zrakom ili vodom. Nasipna gustoća koristi se za hrpe cjepanica ili drvne sječke unutar kojih se nalaze veće ili manje šupljine između pojedinog komada, a njihova veličina ovisi o veličini i obliku pojedinog komada. Izražava se u kg/prm ili kg/m_n^3 ovisno o tome je li hrpa složena ili nasuta (Francescato i dr. 2008).

2. 2 Opis drvnih biogoriva pronađenih na tržištu

2. 2. 1 Kratko rezano i cijepano ogrjevno drvo

Osnovna namjena kratko rezanog i cjepanog drva je proizvodnja toplinske energije. Dobiva se iz ogrjevnog drva postupcima rezanja i cijepanja. Najviše se

upotrebljava u domaćinstvima, pogotovo smještenima u područijima izvan plinske mreže ili bez toplanaza zagrijavanje prostorija direktno (izgaranjem u jednom ili više ložišta razmještenih u prostoru) ili indirektno (sustavom centralnog grijanja u kojem služi za zagrijavanje vode koja potom kruži po prostoru grijući ga).Njegovi korisnici su i obrtnici, na primjer pekari koji ga u svojoj proizvodnji koriste zbog niže cijene u odnosu na zemni plin. Neki od tradicionalnih načina priprema hrane također podrazumijevaju uporabu ovog energenta. Za njegovu izradu mogu se koristiti sve vrste drveća (pri čemu su neke pogodnije ili manje pogodne). Izrađuje se s korom od onih dijelova stabla kojima se ne može pronaći povoljnija teknička primjena i nisu veće materijalne vrijednosti (Janković 1987). Vrsta, oblik, kvaliteta i udio vode propisani su normom JUS D.B5.023 1984 koja je i danas u operativnoj primjeni.

I. VRSTA DRVA
   - Drvo tvrdih listača (bukva, grab, cer, bagrem, javor, jasen, brijest, klen i voćkarice)
   - Drvo mekih listača (breza, joha, lipa, topola, vrba)
   - Drvo četinjača (bor, smreka, jela, ariš)

II. OBLIK
   - Cjepanice - komadi drva duljine 1 m, s dozvoljenim odstupanjem od ± 5 cm. Izrađuju se cijepanjem oblog drveta promjera 15 cm naviše koje je s oba kraja prerezano pilom. Tetiva luka cjepanice iznosi 10 do 25 cm.
   - Oblice - izrađuju se od oblog drva, koje je s oba kraja prepiljeno pilom. Oblice su duljine kao i cjepanice, a promjera 7 do 25 cm.
   - Sječenice - izrađuju se od oblog drva koje je na oba kraja presječeno sjekirom ili pilom. Promjera su 3 do 7 cm, a duljine su od 0,90 do 1,20 m.
   - Gule - kvrgavi komadi drva, teško cjepivi, debljine od 15 do 40 cm, a duljine od 0,50 do 1,20 m.
   - Panjevina - komadi drva dobiveni cijepanjem panja debljine 15 do 40 cm.
   - Otpadci - komadi drva koji otpadaju pri sječi, rezanju, cijepanju, tesanju i koranju u šumi, na pilani i CMS–u. Komadi drva su debljine 0,50 do 25 cm, širine 2 do 25 cm i duljine 15 do 120 cm.

III. KVALITETA

- I. klasa - cjepanice i oblice. Dopuštene su kvrge svih vrsta i veličina, natrulost do 10 % od isporučene količine, 30 % prozuklih komada od isporučene količine, visina luka do 15 cm, neograničena usukanost.
- II. klasa - cjepanice i oblice koje ne pripadaju I klasi te gule duljine 0,5 do 1,2 m i debljine 25 do 40 cm. Dopušta se zakrivljenost, usukanost je neograničena, 20 % trulih komada i 50 % prozuklih komada od isporučene količine, kvrge svih vrsta iveličina, komadi u obliku kratica koje zajedno čine duljinu i do 10 % od isporučene količine.
- Sječenice - dopuštene sve kvrge, prozukli i natruli komadi do 30 % isporučene količine. Panjevina – zdrava, očišćena od zemlje i kamenja. Dopušta se 30 % prozuklih i natrulih komada i nečistoće do 5 % obujma drva.
- Otpadci - dopušta se 30 % natrulih i prozuklih komada.

IV. UDIO VODE

- Sirovo - otprilike do 1 mjesec poslije sječe, s udjelom preko 40 % vode.
- Šumski suho - oko 6 mjeseci poslije sječe, s udjelom vode 22–40 %.
- Prosušeno - s udjelom vode od 8–22 %.
- Zračno suho - od 1 do 2 godine nakon sječe.

Spomenutom je normom omogućeno u promet staviti i komade oblog ogrjevnog drva čija je duljina 1 m ili više. Takvi se komadi u praksi nazivaju „Višemetarsko prostorno drvo“.HRN EN ISO norma naziva ih višemetarsko oblo energijsko drvo.

Norma EN ISO 17225-1:2014 (Tablica 1.) opisuje osnovne karakteristike kakvoće ogrjevnog drva, a detaljniji opis kvalitete i svrstavanje u razrede kakvoće propisuje norma EN ISO 17225-5:2014 (Tablica 2). Kupcima je tako razvoj normizacije omogućio uvid u kvalitetu proizvoda, a proizvođaćima pozicioniranje na tržištu i dokazivanje kvalitete svoga proizvoda (Kärhä i Jouhiano 2009).

Tablica 1. Dimenzije i tehnički maseni udio vode u ogrjevnom drvu prema normi EN ISO 17225-1:2014

Duljina (L) cm		Promjer (D) cm		Tehnički maseni udio vode (M) w - %	
L 20 -	< 20 cm	D 2 -	D < 2 cm drvo za potpalu	M 10	≤ 10 %
L 20	20 cm ± 2 cm	D 5	2 cm ≤ D ≤ 5 cm	M 15	≤ 15 %
L 25	25 cm ± 2 cm	D 10	5 cm ≤ D ≤ 10 cm	M 20	≤ 20 %
L 30	30 cm ± 2 cm	D 15	10 cm ≤ D ≤ 15 cm	M 25	≤ 25 %
L 33	33 cm ± 2 cm	D 20	10 cm ≤ D ≤ 20 cm	M 30	≤ 30 %
L 40	40 cm ± 2 cm	D 25	10 cm ≤ D ≤ 25 cm	M 35	≤ 35 %
L 50	50 cm ± 4 cm	D 35	20 cm ≤ D ≤ 35 cm	M 40	≤ 40 %
L 100	100 cm ± 5 cm	D 35 +	> 35 cm navesti maksim. vrijednost	M 45	≤ 45 %
L 100 +	> 100 cm navesti maksim. vrijednost			M 55	≤ 55 %
				M 55 +	> 55 %

Tablica 2. Kriteriji za ocjenjivanje kakvoće ogrjevnog drva prema normi EN ISO 17225-5:2014

Svojstva klase	Oznaka	A1	A2	B
Porijeklo i izvor		Obovina; Kemijski netretirani drvni ostaci	Cijela stabla bez korijenja; oblovina; ostaci od pridobivanja drva; Kemijski netretirani drvni ostaci	Cijela stabla bez korijenja; oblovina; ostaci od pridobivanja drva; Kemijski netretirani drvni ostaci
Vrsta drva		Potrebno navesti		Potrebno navesti
Promjer, D[a]	cm	D2 ≤ 2 D5 2 ≤ D ≤ 5 D10 5 ≤ D ≤ 10 D15 10 ≤ D ≤ 15 D15+ > 15 (navesti trenutnu vrijednost)		D15 < 15 D15+ > 15 (navesti trenutnu vrijednost)
Duljina, L[b]	cm	L20 ≤ 20 L25 ≤ 25 L33 ≤ 33 L50 ≤ 50 L100 ≤ 100		L33 ≤ 33 L50 ≤ 50 L100 ≤ 100
Udio vode, M	w-% na mokroj osnovi	M20 ≤ 20 M25 ≤ 25		M20 ≤ 20 M25 ≤ 25 M35 ≤ 35
Obujam ili masa	m^3 ili kg	Navesti volumen ili masu kod maloprodaje		
Udio rascijepljenog obujma	% od komada	≥ 90 %	≥ 50 %	Bez zahtjeva

a 85 % ogrjevnog drva treba biti navedenog promjera.
b Duljina može biti u granicama ± 2 cm. 15 % ogrjevnog drva može biti kraće od normom propisane duljine unutar granica klase.

Uzmemo li u razmatranje energetsku vrijednost, uočit ćemo da ona ovisi ponajprije o sadržaju vode, smole, lignina i o anatomskoj građi drva. U jednakom obujmu,obzirom na meke listače i četinjače, drvo tvrdih listača, koje je zbog svoje anatomije najgušće, imat će najveći sadržaj drvne tvari. Zato će po jedinici obujma gorenjem davati najveću količinu topline. To je i razlog veće potražnje za ogrjevnim drvom tvrdih listača. S druge strane, veći sadržaj smole i lignina u drvu četinjača, pridonijet će većoj ogrjevnoj vrijednosti u odnosu na listače pri istoj masi.Tako će se izgaranjem jednog kilograma lignina osloboditi 6000 kcal., a ista masa celuloze oslobodit će 4150 kcal. Veća poroznost mekih listača i četinjača doprinosi boljem strujanju zraka pa je njihovogorenje brzo, popraćeno velikim i vrućim plamenom. Drugim riječima kaže se da imaju veći pirometrijski efekt (Janković 1987).

Najveći prihvatljivi udio vode u kratko rezanom i cijepanom ogrjevnom drvu namijenjenom za korištenje u kućanstvima je 25 %. Razlog tome je već opisan proces gorenja u kojem se oslobođena energija prvo troši na isparavanje vode, a samo se dio energije koji po tom ostaje, može korisno upotrijebiti za zagrijavanje prostora. Osim toga, povećan udio vode uzrokovat će i veću pojavnost dima, ali i općenito lošije izgaranje zbog izgaranja na temperaturi nižoj od optimalne (Francescato i dr. 2008).

Zbog toga, kratko rezano i cijepano drvo je potrebno nakon izrade prosušiti. Poznato je da se prilikom skladištenja drvna biomasa zagrijava do 40°C. To je posljedica procesa disanja parenhimskog staničja koje nastavlja živjeti još neko vrijeme nakon sječe stabla. Tijekom odvijanja tog procesa temperatura ne premašuje spomenutu vrijednost. No, ona se može povećati na 60°C što je posljedica aktivnosti gljiva, nakon čega se akiviraju termofilne bakterije i podižu tu temperaturu na do 80°C. Doseg spomenutih vrijednosti temperature, odvija se samo u određenim uvjetima, kao i pojava dosezanja vrijednosti od 100°C koja još nije znanstveno objašnjena. Sve ovo uzrokuje početak sušenja drvne tvari, ali uvjeti povečane topline i vlage pogoduju mikrobiološkoj aktivnosti koja će za posljedicu imati pad kvalitete i truljenje drva. Zato spomenute procese ne treba pomagati nego drvo držati odignuto od tla u natkrivenim prostorima, koji su dobro prozračeni. Složaji drva trebaju biti međusobno razmaknuti 10-ak cm te od vanjskog ruba natkrivenog prostora 50-ak cm odmaknuti prema unutrašnjosti. Kratko rezano ili cijepano drvo može se pritom

tovariti u prozračne, metalne ili plastične kontejnere gdje će biti do kraja procesa sušenja koje može potrajati godinu do dvije dana ovisno o vrsti i odabranoj metodi sušenja(Francescato i dr. 2008).

Proces izrade kratkog rezanog i cijepanog ogrjevnog drva može biti ručni ili mehanizirani ovisno o alatima i strojevima korištenima u proizvodnji. Tako se mogu koristiti ručne i motorne pile, kružne i tračne pile, tračne pile postavljene na samohodne strojeve, sjekire, klinovi, hidraulički cjepači i ostalo. Postupci koji se pritom koriste su prepiljivanje, sječenje i cijepanje. Prepiljivanje je presjecanje drvnih vlakanaca okomito ili uzduž osi njihova protezanja, a vrši se najčešće tračnim i kružnim pilama. Drvo sječemo u slučaju da rastavljamo drvna vlakanca pod kutevima vrijednosti između 3° i 90°. U slučaju da je kut manji od 3° obavlja se njegovo tesanje. Kut kod cijepanja je 0° što znači da rastavljamo drvna vlakanca uzduž njihova protezanja, najčešće pomoću klina (Bašić Palković 2002).

Ogrijevno drvo može se izrađivati u šumi, na stovarištima ili u za to specijaliziranim pogonima. Za izradu u šumi ili na stovarištu potrebno je manje radnika i alata. Prostor na kojem se odvija proizvodnja je manji nego što je slučaj sa specijaliziranim proizvodnim pogonima. Koriste se mobilni cjepači s vlastitim pogonom ili su posredno pogonjeni traktorskim motorom. Osim njih u uporabi su još i sjekire, motorne pile ili mobilni procesori različitih proizvodnosti. Kupcu se, ovako izrađeno drvo, odmah isporučuje.

Specijalizirani pogoni podrazumjevaju veću površinu na kojoj se proizvodnja odvija, veći broj radnika te složenije strojeve veće proizvodnosti. Takvi pogoni obuhvaćaju stovarišta za sirovinu, prostor u kojem se odvija izrada ogrijeva i skladišni prostor za gotove proizvode. Strojevi koji se koriste u proizvodnji dijele se na procesore i cjepače. Cjepači su strojevi pokretani karadnskim vratilom traktora ili vlastitm elektromotorom čija je osnovna zadaća smanjiti fizičko opterećenje ranika i povećati proizvodnost rada. U pogonima za proizvodnju kratkog cijepanog drva koriste se kao pomoćni strojevi. Procesori su s druge strane, kompleksniji strojevi čija je svrha proizvodnja kratkog rezanog i cijepanog drva iz višemetarskog energijskog drva. Drvo se po izradi slaže na palete ili se prethodno slaže u prozračne (mrežaste) vreće, a zatim tako složeno na palete. Tako složen proizvod prevozi se u skladišni

prostor.Ovako organizirana proizvodnja doprinosi manjem fizičkom opterećenju radnika i većoj proizvodnosti rada(Friščić 2016).

Smanjena potražnja za drvnom sječkom uz društvene i ekonomske čimbenike uzrok su još uvijek znatne proizvodnje jednometarskog ogrjevnog drva u državnim šumama, pa ga je tako u u razdoblju od deset godina izrađeno u prosjeku $718\times10^3 m^3$neto/god (Vusić i Đuka 2015). U današnje vrijeme sve se veći broj poduzeća (u 2014. godini 113 poduzeća) počinje baviti proizvonjom kratkog rezanog i cijepanog ogrjevnog drva, pri čemu je većina proizvoda namijenjena izvozu. Tako je primjerice u 2014. godini planirana proizvodnja navedenih poduzeća iznosila do $530\times10^3 m^3$neto samo u državnim šumama (Kuric 2014).

Prilikom prerade oblog energijskog drva u kratko rezano i cijepano drvo, na učinkovitost proizvodnje utječu kvaliteta proizvoda i vrijeme koje se utroši za proizvodnju jedinice proizvoda. Da bi proizvedeno čvrsto biogorivo imalo najbolju moguću kakvoću s obzirom na sirovinu iz koje je proizvedeno, potrebno je provoditi sustavnu kontrolu kvalitete proizvodnje. Tako će se izbjeći da se od sirovine najveće kvalitete proizvede nekvalitetno biogorivo (Vusić i dr. 2014). Visine složaja kratkog cijepanog drva koje se isporučuje na paletama su 1 m, 1,4 m, 1,8 m i 2 m (Krpan i dr. 2015).



Slika 1. Kratko rezano i cjepano drvo složeno u vreće na paleti



Slika 2. Kratko rezano i cijepano drvo na paleti 1x1x0,8 m



Slika 3. Drvo vinove loze za roštilj



Slika 4. Drvo za potpalu

2. 2. 2 Drvni pelet

Drvne pelete možemo definirati kao oblik zgusnute biomase valjkastog oblika. Na tržištu se nalaze drvni peleti domaćih i stranih proizvođača. Namijenjeni su različitim potrošačima, od kućanstava do velikih industrijskih postrojenja. Njihovim izgaranjem može se proizvoditi toplinska energija ili istovremeno toplinska i električna energija u kogeneracijskim postrojenjima (Hansen i dr. 2009).

Peleti su najčešće drvni, ali mogu biti sačinjeni i od kombinacije biomase različitog biljnog porijekla. Postupak proizvodnje sastoji se od postupaka mljevenja, sušenja i prešanja. Svoju glavnu prednost pred ostalim proizvodima od biomase zahvaljuju upravo prešanju. Tako u određenoj jedinici volumena dobivamo veću masu i veću količinu pohranjene energije u odnosu na ostale proizvode. Važan čimbenik proizvodnje peleta je i standardizacija. Sve zajedno olakšava rukovanje te smanjuje cijenu koštanja transporta i skladištenja (Hansen i dr. 2009). Njihove dimenzije su 5 do 6 mm u promjeru i 10 do 25 mm duljine jednog komada čime je onogućena njihova upotreba u pećima s automatiziranim sustavima opskrbe ložišta (Risović i dr. 2008). Osim toga, moguć je i transport peleta crpkama čime dobivaju dodatnu prednost koja je do sada bila povlastica isključivo tekućih goriva kao što su loživo ulje ili ukapljeni plin. Također, zahvaljujući svojoj veličini i automatiziranoj oskrbi ložišta, moguće je u potpunosti kontrolirati proces izgaranja. Tako se smanjuje količina neizgorenog ostatka u peći i zagađivanje okoliša sitnijim česticama koje izlaze kroz dimnjak (Li i Liu 2000, Sokhansanj i dr. 2003).Peleti imaju energetsku vrijednost od oko 18 MJ/kg (5 kWh/kg), jedna čestica peleta ima gustoću koja se

kreće od 1000 – 1400 kg/m^3, a njihova nasipna gustoća je do 700 kg/m^3 (Stelte 2011).

Drvni peleti pojavili su se kao alternativa nafti tijekom naftne krize u periodu od 1973. do 1979. godine na području Europe i Sjedinjenih Američkih Država. Njihova kvaliteta i lakoća primjene bili su brzo prepoznati. No, unotoč tome, kada se cijena nafte na tržištu stabilizirala, naftni derivati su ponovno postali glavni izbor potrošača. Ponovnu ekspanziju na tržištu peleti su doživjeli u devedesetim godinama dvadesetog stoljeća. Takva pojava bila je posljedica porasta ekološke svijesti potrošača i različitih novčanih poticaja kojima su Vlade stimulirale njihovu upotrebu. U kotekstu brige za okoliš isticana je njihova CO_2neutralnost, a uz to peleti za razliku od naftnih derivata ne sadrže i u atmosferu ne ispuštaju toksične spojeve (http://www.faros-lumen.rs).

Proizvodnja peleta ili peletiranje je proces kojim se usitnjena drvna tvar modelira protiskivanjem kroz cilindrični kalup pri povišenoj temperaturi, uz djelovanje sile koju proizvode pojedini dijelovi stroja za peletiranje, oblikujući tako kompaktan pelet valjkastog oblika određenih dimenzija. Drvna tvar koja se koristi mora biti dovoljno usitnjena, imati potreban udio vode i biti zagrijana na određenu temperaturu kako bi se dobili peleti ujednačene i propisane kvalitete (Bissen 2009). Drugim riječima, to je postupak kojim se narušava stanična struktura materijala u svrhu povećanja njegove gustoće. Sličnim postupkom u današnje vrijeme se proizvode i neki farmaceutski proizvodi, stočna hrana, ali i peleti iz biomase poljoprivrednih kultura (Stelte 2011).

Prema Šafran (2015) proces proizvodnje peleta počinje prikupljanjem biomase nakon čega slijedi njezino sušenje.Potom se usitnjava, kondicionira, peletira, hladi i prosijava. Gotov proizvod se pakira i skladišti do isporuke kupcu. Zbog već spomenutih svojstava, peleti se mogu transportirati i u cisternama koje su slične onima za tekuća goriva. Sirovinu je u određenom slučaju prije početka procesa proizvodnje potrebno okorati ili izdvojiti nečistoće (kamenje, pijesak, blato i slično). Sušenje se provodi pomoću dimnih plinova, zraka ili pregrijane pare, ovisno o tipu sušionice. Usitnjava se u mlinovima koji se na osnovu radnog sredstva dijele na one u kojima je radno sredstvo čekić i na one s noževima. Postupak kondicioniranja provodi se neposredno prije peletiranja. Cilj je smanjiti trenje između čestica biomase

i metalnih dijelova stroja za peletiranje, ali i čestica biomase međusobno. Provodi se dodavanjem vodene pare ili vode usitnjenoj biomasi. Slijedi već opisano peletiranje. Lignin prirodno sadržan u drvu služi kao vezivo. Prosijavanje peleta se odvija na sitima koja propuštaju sve manje od 3,15 mm. Proizvedeni peleti se potom hlade, pakiraju i skladište.

U postupku certifikacije potrebno je spomenuti program ENplus koji dijeli pelete na tri klase na osnovu značajki biomase korištene u proizvodnom procesu i značajki konačnog proizvoda. Te klase su: ENplus–A1; ENplus–A2 i EN–B i odgovaraju klasama norme EN ISO 17225-2. Prikaz kriterija koji peleti moraju zadovoljiti za svrstavanje u pojedinu klasu prema ENplus programu certifikacije nalazi se u tablici 3. Gotov proizvod, osim zadovoljavanja zahtjeva potrošača, mora ispuniti normama propisan standard i zakonske odredbe (Šafran 2015).

Tablica 3. Kriteriji po kojima se ocjenjuje kvaliteta peleta prema ENplus

Parametar	A1	A2	B
Promjer, mm	6 ili 8		
Duljina, mm	3,15 ≤ L ≤ 40		
Udio vode, %	≤ 10		
Udio pepela, %	≤ 0,7	≤ 1,5	≤ 3,0
Mehanička otpornost, %	≥ 97,5		≥ 96,5
Količina finih čestica, %	≤ 1,0		
Ogrjevna vrijednost, MJ/kg	16,5≤Q≤19	16,3≤Q≤19	16,0≤Q≤19
Nasipna gustoća, kg/m^3	≥ 600		
Sadržaj dušika, %	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 1,0
Sadržaj sumpora, %	≤ 0,03		≤ 0,04
Sadržaj klora, %	≤ 0,02		≤ 0,03
Temp. taljenja pepela, °C	Informativno se može navesti		

Prema podacima uz 2009. godine, u Republici Hrvatskoj proizvedena je količina od 142 300 t drvnih peleta. Tada su proizvedenim količinama prednjačili Spačva sa 50 000 t, Energy pellets zauzeo je drugo mjesto sa 30 000 t, dok je na trećoj poziciji bio Viševica Komp sa proizvedenih 25 000 t. U 2013 godini proizvedeno je 190 000 t peleta, od čega je 170 000 t izvezeno. Za 2014. godinu proizvodnja je procjenjena na 230 000 t od čega je u prvih šest mjeseci te godine 80 000 t prodano u inozemstvo(Poslovni.hr). Današnja proizvodnja iznosi 260 000 t godišnje, a ostvaruje ju 13 poduzeća (GlasSlavonije.hr). Zanimljivo je spomenuti da

je cijena peleta u odnosu na cijenu sirove nafte do kolovoza 2008. godine bila niža za 60 %. Cijena peleta niža je i danas, ali razlika iznosi 40 % (http://www.drvnipelet.hr).



Slika 5.Drvni peleti u ambalaži



Slika 6. Certifikat na ambalaži drvnih peleta

2. 2. 3 Drvni briket

Drvni briketi su se na tržištu pojavili prije peleta, a zbog svojih svojstava kao što su povećana gustoća, smanjen udio vode, oslobađanje veće količine toplinske energije i polagano izgaranje, konkurirali su prvenstveno ugljenu. U odnosu na primjerice drvo, izgaraju ujednačenije, duže zadržavaju toplinu u ložištu i oslobađaju manje dima (www.spacva.hr). Osim toga, briketi oslobađaju i znatno veću količinu topline, pa tako izgaranjem jednog kilograma briketa dobivamo 16 do 18,5 MJ energije. Usporedimo li ih sa loživim uljem, dolazimo do spoznaje da se izgaranjem jedne litre loživog ulja oslobodi jednaka količina energije kao izgaranjem 2 kg briketa (Krhen 2012).Zbog ekološke prihvatljivosti, briketi su se u vrijeme svoje pojave prvenstveno koristili u razvijenijim zemljama koje su mogle ulagati u goriva iz obovljivih izvora, ali i istovremeno poticati svoje građane na kupovinu takvih energenata (www.spacva.hr). Koristiti ih možemo u svim vrstama ložišta za čvrsta biogoriva. Prilikom loženja, zbog visoke energetske vrijednosti, pažnju treba obratiti na količinu briketa kojom se puni ložište (Herak 1987).

Brikete možemo definirati kao geometrijski pravilne proizvode, oblika valjka ili prizme, nastale prešanjem usitnjenog drva, sa ili bez dodataka aditiva. Veličinom komada, načinom upotrebe pa i oblikom, sličniji su kratkom rezanom i cijepanom drvu (Šafran 2015).

Sam proces proizvodnje, briketiranje, sličan je peletiranju utoliko što je potrebno usitniti dopremljenu drvnu biomasu tako da maksimalni promjer čestice bude 3 mm te ju prešati pod određenim tlakom uz povišenu temperaturu. Temperatura pri kojoj se ovaj postupak izvodi je u rasponu od 70 do 90°C. Zahvaljujući tome, drvnoj tvari nije potrebno dodavati sredstva kojima bi ju se vezivalo. Pritiskom klipa za sabijanje treba proizvesti drvni pelet gustoće u rasponu od 800 do 1200 kg/m^3(Zubac 1996). Radi slikovitosti, može se reći da se volumen nasute piljevine prije briketiranja, tim postupkom smanjiza 7 do 12 puta (Brkić 2007). Na kraju proizvodnog procesa dobili smo briket promjera 25 do 90 mm, varijabilnih duljina (Zubac 1996).

Gotov briket karakterizira izrazita sposobnost vezanja vode. Tom je svojstvu važno prilagoditi ambalažu. Najčešće se pakira u plastične ili najlonske folije i vreće, a potom u kartonske kutije ili se slaže na palete. Zapremina ambalaže najčešće se izražava jedinicom mase i kreće se u rasponu od 10 do 40 kg(Brkić 2007).

Govorimo li o njihovoj kakvoći, tada trebamo slijediti propise norme EN ISO 17225-3: Solid biofuels — Fuel specifications and classes — Part 3: Graded wood briquettes. Prema njoj, brikete se svrstava u A1, A2 i B razred kakvoće. Kriteriji po kojima se briketi svrstavaju u pojedini razred kakvoće prikazani su u tablici 4. Briketi proizvedeni od drva iz prirodnih šuma kao i oni od kemijski netretiranih ostataka iz drvne industrije svrstani su u A1 i A2 razrede kakvoće. Pri tome A2 razred kakvoće ima blago povišenu razinu pepela i dušika u odnosu na A1 razred. U B razred se svrstavaju briketi izrađeni od korištenog ili kemijski tretiranog drva nakon primarne prerade. Drvo koje je u procesu primarne prerade onečišćeno teškim metalima i/ili halogenim spojevima, ne smije se koristiti za izradu briketa.

Tablica 4. Kriteriji za razvrstavanje briketa prema normiEN ISO 17225–3

Parametar	Oznaka	A1	A2	B
Promjer, duljina, širina, visina	mm	Navesti vrijednost		
Udio vode	M, %	M12 ≤ 12	M15 ≤ 15	M15 ≤ 15
Udio pepela	A, %	A1.0 ≤ 1,0	A1.5 ≤ 1,5	A3.0 ≤ 3,0

Ogrjevna vrijednost	Q, MJ/kg	Q15.5 ≥ 15,5	Q15.3 ≥ 15,3	Q14.9 ≥ 14,9
Gustoća	DE, g/cm^3	DE1.0 ≥ 1,0	DE1.0 ≥ 1,0	DE0.9 ≥ 0,9
Sadržaj dušika	N, %	N0.3 ≤ 0,3	N0.5 ≤ 0,5	N1.0 ≤ 1,0
Sadržaj sumpora	S, %	S0.03 ≤ 0,03		S0.04 ≤ 0,04
Sadržaj klora	Cl, %	Cl0.02 ≤ 0,02		Cl0.03 ≤ 0,03



Slika 7. Drvni briketi za roštilj



Slika 8. Drvni briketi za ogjev

2. 2. 4 Drvni ugljen

Drvni ugljen nastaje kao produkt termičke obrade drva u uvjetima kada se izgaranje odvija polagano, uz nedovoljno prisustvo kisika a postupak se naziva karbonizacija. Osim drvnog, postoji i ugljen proizveden iz različitih biljnih ali i životinjskih dijelova(Gujić 2015). Najviše drvnog ugljena proizvodi se od bukovog drva, ali najkvalitetniji se ugljen dobiva od crnog graba. Ugljen koji se proizvede od cera, lijeske, javora i brijesta ima manju kalorijsku vrijednost. Osim prodaje na domaćem tržištu, drvni ugljen se često izvozi i u Italiju (Pleše 2008).

U usporedbi sa fosilnim ugljenom, uočene su prednosti drvnog ugljena popitanju ogrjevne vrijednosti. No, drvni ugljen treba proizvesti, čime se generiraju dodatni troškovi u odnosu na eksploataciju fosilnog ugljena. Također, pojedini načini proizvodnje drvnog ugljena štetni su za okoliš, i to ponajprije zbog štetnih plinova među kojima dominiraju ugljikov monoksid i metan (Gujić 2015).

Prvi kontakt čovjek je s ugljenom imao kroz svojevrsnu umjetnost još prije 30000 godina kada je njime oslikavao svoja skloništa. Proizvodnja drvnog ugljena je

povezana sa začecima metalurgije u Brončano doba. Fosilni ugljen počeo se iskapati u drugoj polovici 18. stoljeća što je pratilo prvu industrijsku revoluciju i zamjenu ljudskog rada, radom parnih strojeva u čijim je ložištima najčešće izgarao upravo ugljen (Ugrenović 1957).

Drvni ugljen nema okusa niti mirisa, na njemu ne smiju biti uočljivi dijelovi nepougljenjelog drva smeđe boje. Na udarac, drvni ugljen daje jasan zvuk te je otporan na pritisak manjeg intenziteta. Drvni ugljen je lako je zapaljiv, a gori polagano tjekom čega se uočava plavičasti plamen. Prilikom izgaranja drvni ugljen se ne dimi. Važno je istaknutida drvni ugljen ima izraženo svojstvo upijanja, čija primjena posebno dolazi do izražaja u današnje vrijeme (Domac i dr. 2008). Tako drvni ugljen ovisno o vrsti drva od kojeg je proizveden, poroznosti, tvrdoći i težini može upiti 4 do 21 % svoje mase (Ugrenović 1957). Zbog svojih svojstava drvni ugljen ima vrlo široku primjenu.Drvni ugljen se koristi u industriji, osobito u metalurgiji gdje je važna njegova sposobnost produkcije visoke temperature. Proizvodnja crtaćeg i pisaćeg pribora također je jedna od industrijskih grana u kojoj drvni ugljen nalazi svoju primjenu. Uporabu u medicini drvni ugljen duguje svojstvu upijanja, pa se tako koristi za liječenje probavnih smetnji, posljedica trovanja, ali i u stomatologiji za izbjeljivanje zubi. Drvni ugljen čest je u domaćinstvima i kulinarstvu gdje se prilikom spravljanja jela cijeni njegovo polagano i ravnomjerno sadgorijevanje prilikom čega se ne dimi (www.agroklub.com).

Proizvodnja i potražnja za ugljenom u svijetu su i dalje u stalnom porastu, tako FAO procjenjuje da je godišnja svjetska potrošnja ugljena oko 40,5 milijuna tona. Od te količine na prostoru Afrike potroši ga se oko 49 % godišnje (Domac i dr. 2008).

U proizvodnji drvnog ugljena u mnogim se dijelovima svijeta još uvijek primjenjuju tradicionalne metode kao što su proizvodnja u zemljanim pećima i zemljanim ugljenicama. Nešto napredniji oblik, primjenjivan u maloserijskoj proizvodnji drvnog ugljena odvija se u zemljanim pećima s dimnjacima te čeličnim i zidanim pećima. Industrijska proizvodnja velikih količina drvnog ugljena podrazumijeva zidane i metalne peći u diskontinuiranoj te višestruke retorte u kontinuiranoj proizvodnji. Nabrojane metode razlikuju se po učinkovitosti, iskorištenosti energije uložene u proizvodnju, emisiji plinova u okoliš i kvaliteti proizvedenog drvnog ugljena (Domac i Trossero 2008).

Postupak proizvodnje drvnog ugljena u zemljanim jamama (kopama) započinje slaganjem komada drva promjera 6 do 15 cm i duljine 1,20 do 1,30 cm na koje se slažu grane promjera 2 do 3 cm u obliku paraboloida. Sredina kope se ne ispunjava jer će u njoj biti zapaljena vatra. Na vrh kope slažu se tanje oblice. Kopa se nakon paljenja vatre pokriva lišćem i zemljom u debljini od 15 cm, ali se ostavljaju otvori za dim koji omogućavaju kontrolirano tinjanje vatre i izlaženje dima čime se sprječavaju eksplozije. Proces pougljenjivanja u ovako načinjenim jamama traje tri dana tijekom kojih se kopa obilazi danju i noću prilikom čega se izvode eventualni popravci i kontrolira vatra. Proizvedeni drvni ugljen se vadi lopatama, lomi i rastresa po ugljeništu da se spriječi njegovo zapaljenje u prisustvu veće količine kisika.Postojeće kope mogu se koristiti više puta, a kod izrade nove kope potrebno je voditi računa o njenoj dubini, vrsti i strukturi tla u kontekstu propusnosti zraka i vode (Pleše 2008). Ovakav način proizvodnje karakterističan je za ruralna područja, a osnovni mu je nedostatak mala učinkovitost proizvodnje jer je za jedan kilogram drvnog ugljena potrebno 7–10 kg drva što bi u postotku značilo učinkovitost od 10–15%. Suvremeni sustavi proizvodnje drvnog ugljena u retortama imaju učinkovitost od oko 30 % (Domac i dr. 2008).

Ako se drvni ugljen proizvodi u ugljenicama, tada se prvo na pod zrakasto slažu oblice tako da se dodiruju u središtu. Promjer tih oblica treba biti 10 do 15 cm a duljina 1,5 do 2 m. Na tako složene oblice polaže se granjevina čiji promjer treba biti 10 cm. Granjevina se slaže na visinu od pola metra do 60 cm. Kod slaganja se vodi računa o tome da se sitnije drvo složi niže jer ono teže pougljeni, osim toga sitnije drvo i nepogljenjelo drvo iz prethodnog ciklusa proizvodnje treba slagati u središte, a krupnije komade uz zid ugljenice. Ugljenica je konstruirana tako da se na njenom vrhu nalazi otvor kroz koji se slože zadnji redovi drva. Na vrh, radi lakše potpale, dolazi sitnija granjevina. Donji otvor do vrha napunjene ugljenice se zatvara. Pjeskom se djelomično zatvaraju otvori uz poklopac kako bi se omogučilo izlaženje dima. Ovakav postupak proizvodnje drvnog ugljena traje 10 do 15 dana. To ovisi o udjelu vode u drvu te o vrsti drva. Kako se proces proizvodnje primiče kraju tako se povećava udio slobodnog prostora u ugljenici. Slobodan prostor je potrebno svakodnevno popunjavati drvom. Time će se osim bolje iskorištenosti prostora ugljenice povećati i količina proizvedenog ugljena u jednom turnusu. Kada

pougljenjivanje završi, ugljenica se hladi sedam do osam dana. Potom se drvni ugljen vadi kroz donji otvor pomoću transportera i pakira (Dubravac 2007).

Za razliku od ranije spomenutih načina, proizvodnja drvnog ugljena u retortama odvija se bez prisustva kisika pa je toplinu potrebno dovesti iz drugog izvora. Retortnu proizvodnju drvnog ugljena karakterizira učinkovitost pretvorbe do oko 30 % što je znatno više nego kod primjene klasičnih načina proizvodnje (Domac i dr. 2008). Retorta je čelični cilindar velikog volumena, čvrsto je zatvorena, ali je izlazak plinova omogućen. U drvom napunjenu i zatvorenu retortu počinje se dovoditi toplina. U trenutku kad počne proces karbonizacije, toplina će se oslobađati i iz drva unutar retorte pa će vanjska toplina od tada samo pomagati proces. Plinovi oslobođeni prilikom karbonizacije odvode se u kondenzator. Kondenzacijom nastaje sirovi drvni ocat u čijem je sastavu oko 20% raznovrsnih organskih spojeva, a ostatak čini voda. Iz tako dobivenog sirovog drvnog octa nekada se proizvodila octena kiselina, različiti alkoholi i drugi kemijski spojevi potrebni u industiji. U današnje vrijeme dobivanje tih spojeva iz retortnog kondenzata postalo je neekonomično, a nusprodukti retortne proizvodnje, koji se sada ispuštaju u atmosferu, počinju predstavljati opasnost za okoliš (Tomas i dr. 2008).

Bez obzira na to koji je postupak korišten u proizvodnji, uz drvni ugljen propisanih dimenzija komada, dobit će se i određena količina ugljene prašine te čestica drvnog ugljena dimenzija manjih od propisa. Takva pougljenjena tvar koja se ne može prodavati kao drvni ugljen poslužit će u proizvodnji briketa drvnog ugljena pri čemu se kao vezivo koriste prašina drvnog ugljena i biljni škrob (najčešće kukuruzni). Proizvodni proces briketa drvnog ugljena započinje mrvljenjem sitnijih čestica drvnog ugljena te njihovim mješanjem sa suhom i vlažnom ugljenom prašinom da se dobije homogena smjesa u koju će se dodati škrob. Udio škroba u briketu drvnog ugljena ne smije biti veći od 14 %. Briketi drvnog ugljena se oblikuju tlačenjem pri temperaturi od 400°C uz istovremeno sušenje. Gotovi briketi drvnog ugljena se hlade, pakiraju u ambalažu i distribuiraju (Gujić 2015).



Slika 9. Ugljenica (www.ekopoduzetnik.com)



Slika 10. Briket drvnog ugljena za roštilj

Prema normi EN ISO 17225-1 u svojstva drvnog ugljena koja se uzimaju u razmatranje spadaju dimenzije, udio vode, udio pepela, vezani ugljik, gustoća i neto kalorijska vrijednost. Detaljniji prikaz klasifikacije drvnog ugljena po normiEN ISO 17225-1 nalazi se u tablici 5.

Tablica 5. Klasifikacija drvnog ugljena po normi EN ISO 17225-1

Dimenzije (mm)			
	Glavna frakcija (min. 75 % masenog udjela)	Fina frakcija (< 10 mm), maseni udio (%)	Gruba frakcija, maseni udio (%) najveća duljina čestice, mm
P150	16 ≤ P ≤ 150 mm	≤ 7 %	≤ 10 % > 100 mm i sve < 150 mm
Udio vode, M (%)			
M8 M10	≤ 8 % ≤ 10 %		
Udio pepela, A (%)			
A5.0 A8.0 A8.0+	≤ 5,0 % ≤ 8,0 % > 8,0 % (navesti maksimalnu vrijednost)		
Vezani ugljik (%)			
C60 C75	≥ 60 ≥ 75		
Gustoća, BD (kg/m^3)			
BD130 BD150	≥ 130 ≥ 150		
Neto kalorična vrijednost, Q (MJ/kg ili kWh/kg)		Navesti minimalnu vrijednost	

Na drvnom ugljenu katkada se mogu uočiti neki elementi anatomije drva, ali ne i provodni elemenati koji se u procesu karbonizacije začepe. Komad drvnog ugljena katkada zadržava izgled komada drva od kojeg je dobiven. Boja drvnog ugljena opisuje se kao tamno siva do crna, akatkada se na pravilnim, čistim lomovima pojedinih komada uočava plavkasti odsjaj. Zbog gubitka vode, drvni ugljen je male mase (Ugrenović 1957).

JUS D. B9.020prema vrsti drva od kojeg je ugljen proizveden razlikuje:

- bukov ugljen (od čiste bukovine ili sa primjesom grabovine),
- hrastov ugljen (od čiste hrastovine ili sa primjesom cerovine ili nekog drugog tvrdog drva),
- ugljen mekih listača i
- jelov ili smrekov ugljen.

Retortni drvni ugljen i ugljen iz žežnica podijeljeni su prema krupnoći u tri kvalitete:

Kvaliteta I. - drvni ugljen krupnoće iznad 3 cm na dan utovara kod proizvodnog poduzeća s tolerancijom od 5 % krupnoće ispod 3 cm. Ovdje spada i drvni ugljen u šipkama (*cannella*) promjera od 2 cm do 8 cm, koji je proizveden od svježih bukovih ili grabovih grana i ne smije sadržavati sitni ugljen.

Kvaliteta II. – drvni ugljen krupnoće od 0,5 cm do 3 cm na dan utovara kod proizvodnog poduzeća s tolerancijom od 8 % krupnoće ispod 0,5 cm.

Kvaliteta III. – drvni ugljen u prašini, krupnoće zrna do 0,5 cm (Ugrenović 1957).

2. 3 Tržište

Za dobivanje kompletne slike, potrebno je prvo spomenuti neke gospodarske pokazatelje, važne za segment tržišta. Tako je prosječna neto plaća u Republici Hrvatskoj isplaćena zaposlenicima pravnih osoba u lipnju 2016. godine iznosila 5 686 kuna. U srpnju 2016. godine u odnosu na lipanj iste godine, prosječne cijene dobara i usluga korištenih za osobnu potrošnju niže su za 0,7%. Usporedimo li srpanj 2016. sa srpnjem prethodne godine, pad je u srpnju 2016. još izraženiji te u prosjeku iznosi

1,5 %. Stopa registrirane nezaposlenost je u srpnju 2016. iznosila 13,3 % (www.dzs.hr)

Prema podacima Državnog zavoda za statistiku, u Republici Hrvatskoj je u 2015. godini proizvedeno 62 546 m^3 ogrjevnog drva četinjača i 1 706 195 m^3 ogrjevnog drva listača (navedenim podacima obuhvaćena je i proizvedena količina prostornog drva za ostale namjene). Uz to, u 2015. godini u RH je proizvedeno 7 603 t drvnog ugljena, 212 653 t drvnih peleta i 32 989 t drvnih briketa.

Također prema podacima Državnog zavoda za statistiku u 2015. godini izvezeno je 689 120,52 t ogrjevnog drva, a uvezeno ga je 33 245,02 t. Pregled po zemljama pokazuje da je u Austriju izvezeno30780,75 t, dok uvoza nije bilo. U Belgiju je izvezeno 457,84 t ogrjevnog drva, ali uvoza nije bilo. S druge strane iz Bosne i Hercegovine ogrjevno je drvo isključivo uvoženo i to u količini od 30445,49 t. Iz Crne Gore drvo je također isključivo uvoženo i to u količini od 44 t. U istom razdoblju u Češku je izvezeno 191,31 t ogrjevnog drva, a u Francusku je isto tako ogrjevno drvo isključivo izvoženo i to u količini od 200,10 t. Robna razmjena ogrjevnog drva sa Italijom odvijala se na način da je izvezeno 447975,56 t, a u RH je uvezeno 0,22 t. Ogrjevno drvo u Mađarsku je u 2015. godini isključivo izvoženo u količini od 90043,29 t kao i na Maltu gdje je količina izvezenog drva bila 138,61 t. U Njemačku je izvezeno 8695,14 t, a uvezeno je 0,103 t ogrjevnog drva. U Rumunjsku je ogrjevno drvo samo izvoženo i to u količini od 236,03 t. Izvoz ogrjevnog drva u Slovačku iznosio je 93,96 t. U Sloveniju je izvezeno 110210,03 t, a uvezeno je 2755,21 t ogrjevnog drva. U Srbiju je izvezeno 62,50 t ogrjevnog drva, dok je u Švicarsku izvezeno 35,41 t. Novčana vrijednost robne razmjene ogrjevnog drva iznosila je u izvozu 317691962 kn, a uvezena je roba u vrijednosti 17254972 kn.

Iz Republike Hrvetske u 2015. godini je prema podacima Državnog zavoda za statistiku izvezeno7271,19 t drvnog ugljena, a uvezeno ga je 6000,69 t. Od navedenih količina u BiH je izvezeno 173,17 t, a uvezeno je 2805,69 t drvnog ugljena. Iz Bugarske je uvezeno 3,40 t, iz Češke je uvezeno 1,38 t, a iz Francuske je uvezeno 20,16 t drvnog ugljena. Izvoz drvnog ugljena u Italiju odvijao se u iznosu od 7093,27 t, a uvoz u iznosu od 26,63 t. Iz Katara je uvezeno 0,045 t drvnog ugljena, a iz Njemačke 215 t. Iz Poljske je uvezeno 269,09 t drvnog ugljena. U Sloveniju je izvezeno 1,56 t, a uvezeno je 23,77 t drvnog ugljena. Drvni ugljen je iz Srbije uvezen

u količini od 2425,48 t. 3,2 t drvnog ugljena izvezeno je u Švicarsku. Iz Ujedinjenog Kraljevstva uvezeno je 0,029 t drvnog ugljena, a iz Ukrajine je uvezeno 210 t. Ukupna novčana vrijednost izvezenog drvnog ugljena iz RH u 2015. godini iznosi 25985101 kn, a u RH je uvezeno drvnog ugljena u vrijednosti od 15551115 kn.

Prema podacima Državnog zavoda za statistiku u 2015. godini izvezeno je 200553,75 t drvnih peleta, a u istoj godini uvezeno je 6681,28 t drvnih peleta. U Austriju je izvezeno 5183,64 t drvnih peleta, a uvezeno je 5,40 t. Izvoz drvnih peleta u BiH iznosio je 19,89 t, a uvoz 5181,07 t. U Bugarsku je izvezeno 124,29 t, a uvezeno je 572,09 t drvnih peleta. Izvoz u Češku bio je u iznosu od 17,85 t, a uvoz drvnih peleta iznosio je 0,36 t. U Dansku je izvezeno 2485,74 t drvnih peleta. U Estoniju s drvni peleti također samo izvoženi i to u količini od 301,35 t. Izvoz drvnih peleta u Francusku bio je u količini od 3,15 t. U Italiju je izvezeno 176890 t, a uvezeno 14,04 t drvnih peleta. 5 t drvnih peleta izvezeno je u Izrael, a u Letoniju je izvezeno 219,25 t drvnih peleta. U Mađarsku je izvezeno 25,2 t drvnih peleta, a uvezeno je 1,22 t. Izvoz drvinih peleta u Makedoniju bio je u iznosu od 79,79 t, a na Maltu ih je izvezeno 51,22 t. Izvoz drvnih peleta u Nizozemsku iznosio je 2300,12 t. U njemačku je izvezeno 51,46 t drvnih peleta, a uvezeno ih je 100,14 t. Iz Poljske je uvezeno 0,44 t drvnih peleta. Drvni peleti u Rumunjsku su u 2015. godini isključivo izvoženi i to u iznosu od 492,19 t. U Slovačku je izvezeno 593,47 t, a u Sloveniju 11576,06 t drvnih peleta dok ih je iz Slovenije uvezeno 429,11 t. Količina drvnih peleta izvezanih u Srbiju bila je 86,1 t, a iz te zemlje uvezeno ih je 377,4 t. Drvni su peleti u Švicarsku izveženi u količini od 47,97 t. Ukupna novčana vrijednost izvoza drvnih peleta u 2015. godini bila je232597424 kn, a ukupna novčana vrijednost uvoza istog proizvoda 7742235 kn.

Podaci Državnog zavoda za statistiku pokazuju da je u 2015. godini izvezeno 31601,78 t drvnih briketa, a u istoj godini uvezeno ih je 1034,80 t. Izvoz drvnih briketa u Austriju iznosio je 5125,36 t, a uvoz 95,11 t. 1,96 t drvnih briketa izvezena je u Belgiju. U BiH izvezeno je 21,59 t, a uvezeno 541,98 t drvnih briketa. U Češku je izvezeno 70,45 t drvnih briketa. Izvoz drvnih briketa u Francusku iznosio je 235,21 t. 21,56 t drvnih briketa izvezeno je u Irsku. Robna razmjena drvnih briketa s Italijom iznosila je 5796,96 t izvezenih iz RH i 1,39 t uvezenih u RH. 1 t drvnih briketa izvezena je u Lihtenštajn. U Mađarsku je izvezeno 1142 t, a iz Mađarske uvezeno 41,18 t drvnih briketa. 64,6 t drvnih briketa izvezeno je u Makedoniju. U Njemačku je

izvezeno 4199,12 t, a uvezeno 5,34 t drvnih briketa. Iz Poljske je uvezeno 0,044 t drvnih briketa. 67,79 t drvnih briketa izvezeno je u SAD. U Slovačku je izvezeno 0,203 t, a uvezeno je 34,23 t drvnih briketa. U Sloveniju je izvezeno 14331,05 t, a uvezeno je 35,76 t drvnih briketa. 501,23 t drvnih briketa iznosio je izvoz u Srbiju, a uvoz iz te zemlje iznosio je 207,89 t. Iz Španjolske je uvezeno 71,88 t drvnih briketa, a u Švedsku ih je izvezeno 21,71 t. Novčana vrijednost izvezenih drvnih briketa iznosila je u 2015. godini 26028194 kn, a uvezeno je drvnih briketa u vrijednosti od 1511606 kn.

3. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

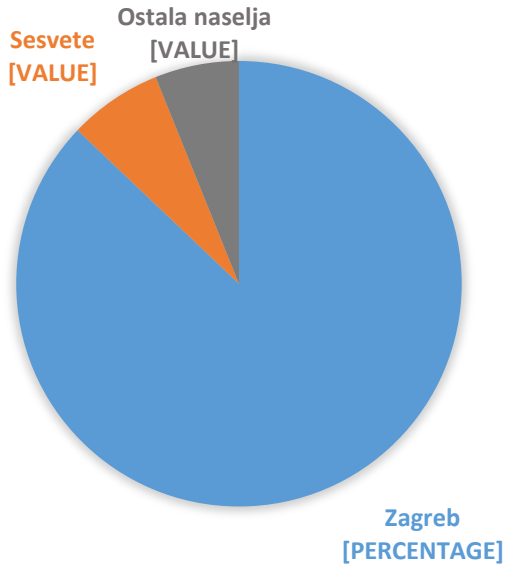
3. 1 Područje na kojem je provedeno istraživanje

Terenski dio istraživanja obavljen je tijekom ožujka 2015. godine na području Grada Zagreba. Sastojao se od obilaska prodavaonica na gradskom području i prikupljanja podataka o čvrstim drvnim biogorivima koja imaju u ponudi. Bilježeni su podaci o prodajnom mjestu (ime i adresa) i proizvodu. Svojstva pojedinog proizvoda bilježena su u slijedećim kategorijama: vrsta čvrstog biogoriva, količina u ambalaži, cijena, posjedovanje certifikata, sadržaj pepela, ogrjevna vrijednost, kalorijska vrijednost i sadržaj vlage.

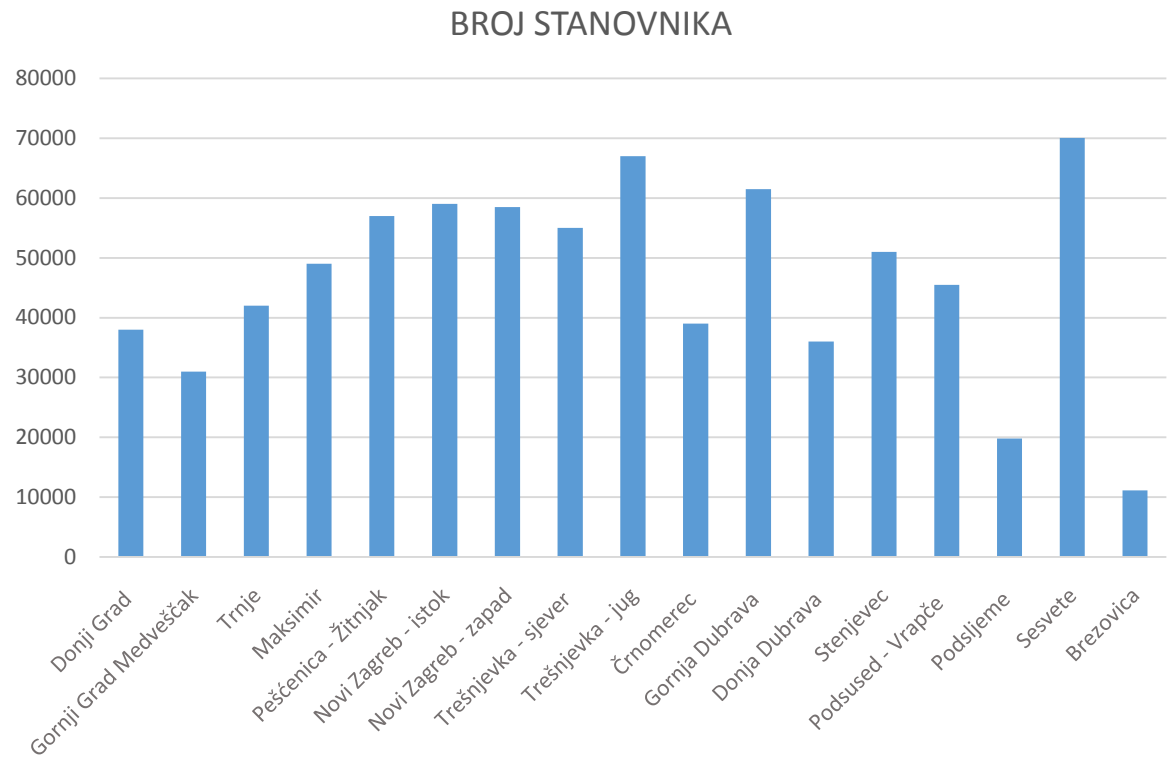
Grad Zagreb odabran je kao područje na kojem će se provesti istraživanje zbog svojih demografskih značajki i zbog širine ponude promatranih proizvoda.

Prema teritorijalnom ustrojstvu Grad Zagreb sastoji se od naselja Zagreb i 69 ostalih naselja u sastavu Grada. Najveće naselje je Zagreb sa 688163 stanovnika, a ostala veća naselja su Sesvete (54 085 stanovnika), Lučko (3 010 stanovnika) i Hrvatski Leskovac (2 687 stanovnika). Među najmanjima su Botinec sa svega 9 stanovnika, Brebernica sa svojih 49 i Havidić Selo sa 53 stanovnika. Grad Zagreb administrativno je podijeljen na 17 gradskih četvrti, a ukupno ima 790 017 stanovnika. Od toga je 369 339 muškaraca i 420 678 žena. Najveća gradska četvrt su Sesvete sa 70 009 stanovnika, a najmanja je Brezovica sa 12 030 stanovnika. Promatramo li gradske četvrti po gustoći stanovnika, iz podataka prikupljenih popisom stanovništva 2011. godine vidimo da je najgušće naseljen Donji Grad (12 260 stanovnika/km^2), a najmanja gustoća naseljenosti je u Brezovici (94 stanovnika/km^2).

U gradskoj četvrti Sesvete pregledana je ponuda četiri prodavaonice, a u tri su nađeni istraživani proizvodi. U Gornjoj Dubravi od pet prodavaonica jedna u svojoj ponudi ima kruta biogoriva. Sve tri prodavaonice posjećene u gradskoj četvrti Pešćenica – Žitnjak imale su ih u ponudi za razliku od po jedne u Donjoj Dubravi i Maksimiru. U Trnju su ih prodavale dvije od tri posjećene prodavaonice. Od šest prodajnih mjesta posjećenih u GČ Novi Zagreb – istok samo jedna nije prodavala kruta biogoriva. Obrnuta je situacija na zapadnom dijelu Novog Zagreba gdje su ih od šest posjećenih prodavaonica prodavale samo dvije. U GČ Trešnjevka – jug ni jedna od četiri posjećene prodavaonice nije prodavala istraživane proizvode, kao ni jedina posjećena prodavaonica u GČ Trešnjevka – sjever. Polovica od 6 posjećenih prodavaonica u GČ Stenjevec prodavale su kruta biogoriva za razliku od jedine posjećene u GČ Črnomerec.



Slika 11. Struktura stanovništva Grada Zagreba prema naseljima, popis 2011. (www1.zagreb.hr/zgstat/documents/POPIS%202011/GZ_stanovnistvo_kucanstva_stanovi/Popis2011_GZ_StanovniciKucanstvaStanovi.pdf)



Slika 12. Gradske četvrti Grada Zagreba – stanovništvo, popis 2011. (www1.zagreb.hr/zgstat/documents/POPIS%202011/GZ_stanovnistvo_kucanstva_stanovi/Popis2011_GZ_StanovniciKucanstvaStanovi.pdf)

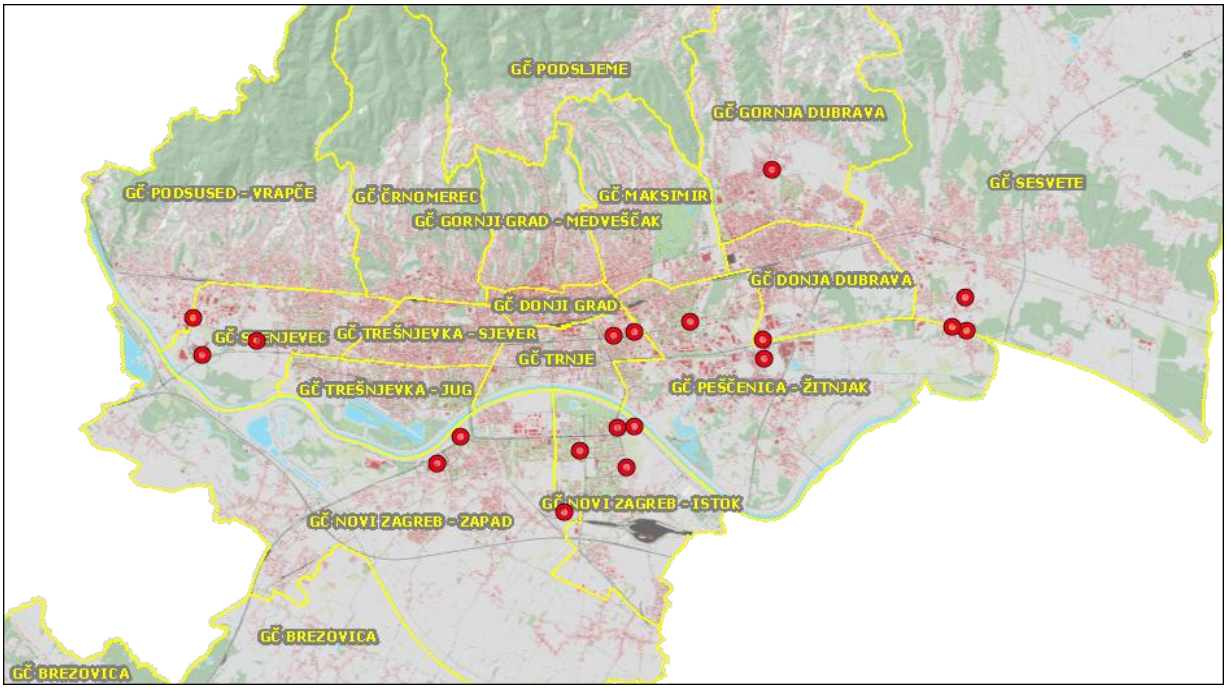
3. 2 Prodavaonice i proizvodi obuhvaćeni istraživanjem

U okviru ovoga istraživanja proučena je ponuda slijedećih trgovačkih lanaca i benzinskih postaja: Bauhaus, Billa, Crodux, INA, Interspar, Kaufland, Konzum, Lidl, Lukoil, Metro, Metro Cash&Carry, Pevec, Plodine, Spar. Nabrojani trgovački lanci i benzinske postaje nalaze se na 42 lokacije. Od toga na 23 lokacije nisu pronađeni proizvodi koji su bili predmet istraživanja. Takve su bile: *Billa* u Ulici Vincenta iz Kastva 10; *Crodux* na Zagrebačkoj aveniji bb; *INA* na Zagrebačkoj aveniji 102 i u Ulici grada Vukovara 45; *Kaufland* u ulicama Kneza Branimira 119, Vile Velebita 6 i Jaruščica 6; *Konzum* na Zagrebačkoj aveniji 108 i 94, u ulici Tina Ujevića 17, u Ilici 288, na Rudeškoj cesti 169 A te na Aveniji Dubrovnik 16; *Lidl* u ulicama Ive Robića 4, Slavenskog 1, Zadarskoj 79, Risnjačkoj 1 i na Aveniji Dubrava 33; *Lukoil* na Zagrebačkoj aveniji 102; *Plodine* u Ulici Vice Vukova 2 i Štefanovečki zavoj 10; *Spar* u Dankovečkoj 4 i Pičmanovoj 1a.

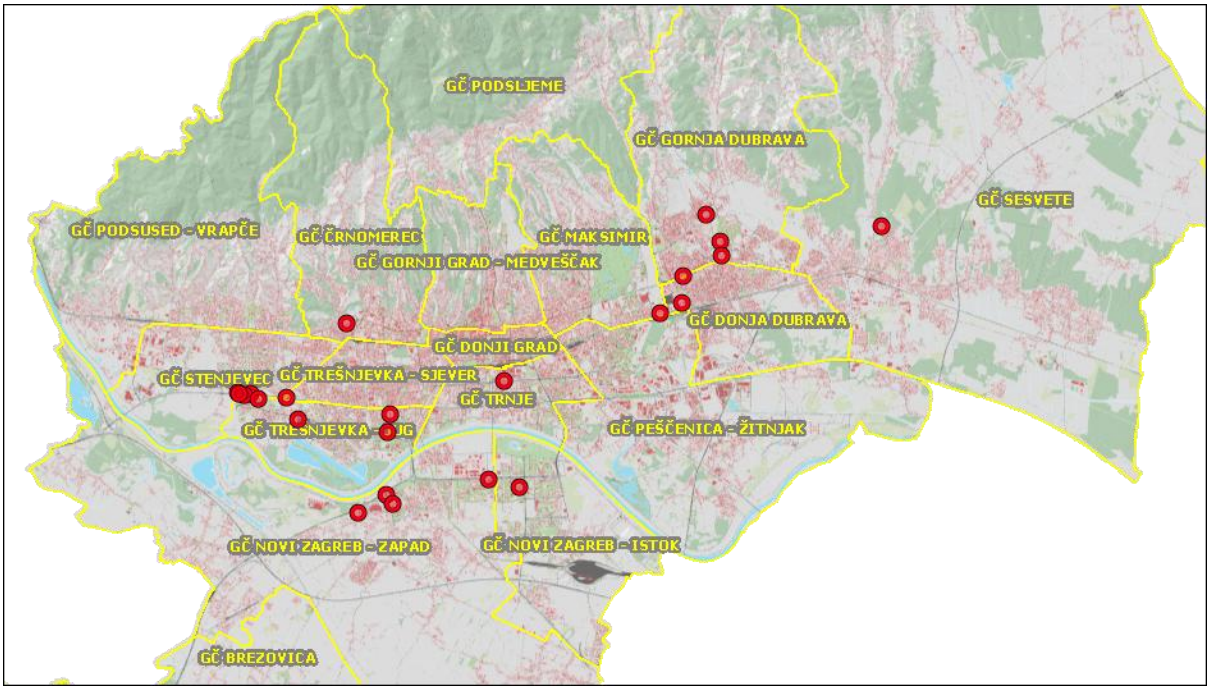
Važno je napomenuti da su neke od ovih prodavaonica u svojoj ponudi imale neka od krutih biogoriva. Najčešće su to bili peleti i briketi u ranijim, kao i drvni ugljen u kasnijim mjesecima. No oni u ožujku, koji je ove godine činio prijelaz od sezone grijanja na „sezonu roštiljanja“, u tim prodavaonicama nisu uočeni.No, istraživanje je bilo nužno provesti upravo u ožujku jer se samo tada u ponudi mogu istovremeno naći kratko cijepano drvo, peleti, briketi i drvni ugljen.

U devetnaest prodavaonica pronađeni su istraživani proizvodi. To su: *Bauhaus* u prodavaonicama na adresama Velimira Škorpika 27 i Gordana Lederera 1; *Billa* u Riječkoj ulici 12 i na Savskoj cesti 58; *Interspar* u Vice Vukova 6 i na Slavonskoj aveniji 11d; *Konzum* u Dankovečkoj ulici 95, Ulici grada Vukovara 269, Sarajevskoj 6, Turinina bb i na Radničkoj cesti 49; *Metro* na Slavonskoj aveniji 71; *Metro Cash&Carry* Jankomir 31; *Petrol* u Oreškovićevoj 6/H; *Pevec* u Velimira Škorpika 9, Ulici grada Gospića1, na Savskoj cesti 84 i na Sajmišnoj cesti 4 te *Plodine* u ulici Karla Metikoša 4.

Među proizvodima koji su obuhvaćeni ovim istraživanjem brojnošću prednjači drvni ugljen za roštilj. Slijedi ga podjednak broj uzoraka drvnih peleta i briketa. Manja je ponuda kratko rezanog i cijepanog drva koje je pronađeno u tri Pevecove i dvije Bauhausove prodavaonice. Drvo za potpalu pronađeno je u tri Pevecove i jednoj Bauhausovoj prodavaonici. Drvo vinove loze za roštilj u ponudi je jedne Bauhausove prodavaonice.



Slika 13. Prikaz prodavaonica u kojima **su** pronađena kruta biogoriva



Slika 14. Prikaz prodavaonica u kojima **nisu** pronađena kruta biogoriva

3. 3 Postupak prikupljanja i obrade podataka

U sklopu ovog istraživanja prikupljane su informacije o ponudi čvrstih biogoriva u prodavaonicama na području Grada Zagreba, značajkama pronađenih čvrstih biogoriva i njihovim prodajnim cijenama. Prikupljeni podaci o čvrstim biogorivima razvrstani su u tablicu načinjenu u programu Excel (v. 2013) gdje su grupirani prema: nazivu i adresi prodavaonice u kojoj je pronađeno čvrsto biogorivo, vrsti i proizvođaču čvrstog biogoriva, masi ili volumenu ambalaže u koju je čvrsto biogorivo pakirano, prodajnoj cijeni, postojanju certifikata i postojanju prikaza značajki čvrstog biogoriva na ambalaži. U slučaju postojanja prikaza značajki čvrstog biogoriva na ambalaži, te su značajke razvrstane na udio pepela (%), ogrjevnu vrijednost (MJ/kg), kalorijsku vrijednost (kcal/kg) i udio vode (%). Za potrebe statističke obrade podataka, koja je izvršena u programu Statistica, iz podataka o postojanju certifikata, u posebnu je kategoriju izdvojeno postojanje klasificiranosti prema ENplus standardu. Prodajne cijene čvrstih biogoriva preračunavane su u jedinične cijene iskazane u jedinici kn/kg. Zbog preračunavanja prodajnih cijena u jedinične cijene (kn/kg), čvrsta biogoriva čija je veličina ambalaže bila iskazana u jedinici volumena, što je bio slučaj sa kratko rezanim i cijepanim ogrjevnim drvom (prm), trebalo je preračunati u jedinicu mase (kg). Preračun veličine ambalaže kratko rezanog i cijepanog ogrjevnog drva iz prostornih metara u kilograme bio je slijedeći: prvo je 1,8 prm pomoću poznatih faktora pretvorbe preračunato u 1,2 m^3, potom je uz pretpostavku udjela vode u cjepanicama od 30 do 35 % preko zakonitosti koja definira masu kao umnožak volumena i gustoće (gustoća drva je pri ovom udjelu vode u obračun uzeta kao vrijednost od 1000 kg/m^3) izračunata masa od 1200 kg. U slučaju kada je kratko rezano i cijepano ogrjevno drvo bilo složeno na palete zapremina 0,8 prm, ta je vrijednost faktorima pretvorbe preračunata u 0,5 m^3, pa je zatim, uz pretpostavku udjela vode od 30 do 35 % pri čemu je gustoča obračunata kao vrijednost 1000 kg/m^3, preko zakonititosti koja definira masu kao umnožak volumena i gustoće, izračunata masa od 500 kg.

4. REZULTATI

Cilj ovog istraživanja bio je analizirati ponudu čvrstih biogoriva u trgovačkim centrima na području Grada Zagreba, prikupiti informacije o prodajnim cijenama pronađenih proizvoda te analizirati razlike u prodajnim cijenama. Proučena je ponuda prodajnih mjesta na 42 lokacije od čega na 23 lokacije nisu pronađena čvrsta biogoriva.

Od ukupnog broja prodavaonica obuhvaćenih istraživanjem drvni briketi su pronađeni na šest lokacija, a u ponudi dominiraju briketi proizvođa *Spačva d.d.* iz Vinkovaca koji se pojavljuju na 3 lokacije, ali je njihov proizvod najjeftiniji s jediničnom cijenom od 1,69 kn/kg unatoč tome što je jedini bio klasificiran u skladu sa ENplus standardom (klasa A2). Na dvije lokacije pronađeni su drvni briketi slovenskog proizvođača *Bioles Horizont d.o.o.* iz Maribora. Drvni briketi tvrtke *Finag d.d.* iz Garešnice je jediničnom cijenom najskuplji (2,17 kn/kg), a osim toga ističu se i ambalažom čija je masa cca. 6 kg u odnosu na ambalaže ostalih proizvođača čije su mase 10 kg. Njemački Proizvođač *Holzindustrie Schweighofer* GmbH iz Kodersdorfa proizvodi drvni briket namjenjen roštiljanju. Kakvoća je iskazana na svakom od navedenih proizvoda.

Ogrjevno drvo prodavaje se na šest lokacija obuhvaćenih istraživanjem. U kategoriji ogrjevnog drva obuhvaćeno je kratko rezano i cijepano drvo, drvo za potpalu te drvo vinove loze namijenjeno roštiljanju proizvođača *Condio d.o.o.* iz Varaždina pronađeno na jednoj lokaciji. Među proizvođačima ogrjevnog drva dominira *Spačva d.d.* koja je u ovoj kategoriji predstavljena sa kratkim rezanim i cijepanim drvom pakiranim na palete dimenzija 1x1x1,8 m, kratkim rezanim i cijepanim drvom pakiranim u vreće mase cca. 15 kg te drvom za potpalu pakiranim u vreće mase cca. 6 kg. Proizvodi osječke tvrtke *Niveta d.d.* prodaju se na dvije lokacije kao drvo za potpalu u ambalaži cca. 7 kg i cca. 12 kg. Osim spomenutih, drvo za potpalu nude još građevinski obrt *Marčinković* iz Siska i slovenski *Petrol d.d..* Sedam artikala koji su se prodavali kao kratko rezano i cijepano ogrjevno drvo, osim vrste drva koja se nalazi u paleti, nije imalo naznačenog proizvođača ili porijeklo. Potrebno je još spomenuti kako ni jedan proizvod iz skupine ogrjevnog drva nije imao deklaraciju iz koje bi se detaljnije vidjela svojstva proizvoda. Razmatranjem jediničnih cijena, vidljivo je da su one najviše kod drva za potpalu i kreću se u rasponu od 4,65

kn/kg (proizvod tvrtke *Petrol d.d*) do 1,08 kn/kg (proizvodi tvrtke *Niveta d.d*.). Među kratkim rezanim i cijepanim ogrjevnim drvom jedinična cijena opada s povećanjem mase koja se prodaje. Tako kratko rezano i cijepano drvo koje se prodaje u vrećama mase 10 do 15 kg ima jedinične cijene u rasponu od 1,67 kn/kg do 1,79 kn/kg (pri čemu je drvo u vreći mase 15 kg cijenom po kilogramu jeftinije). Kratko rezano i cijepano drvo složeno na paletu 1x1x1,8 m proizvođača Spačva d.d. bilo je jediničnom cijenom (0,77 kn/kg) nešto skuplje od onoga nepoznatog proizvođača (0,75 kn/kg). Kratko rezanom i cijepanom drvu složenom na palete 1x1x0,8m nije poznat proizvođač, a cijene su se kretale u rasponu od 0,99 kn/kg do 1,05 kn/kg. Prilikom provedbe statističke analize jediničnih cijena ogrjevnog drva nije obuhvaćeno drvo vinove loze za roštilj iz razloga što na pakiranju nije bila naznačena masa, a zbog svojstava drva vinove loze nije bilo lako precizno odrediti masu iz jedinice volumena kao što smo to pri obračunu napravili sa kratko rezanim i cijepanim ogrjevnim drvom. Za kratko rezano i cijepano ogrjevno drvo složeno na palete 1x1x1,8 m odredili smo masu od 1200 kg, a za ono složeno na palete 1x1x0,8 m, masu od 500 kg. Masu je bilo potrebno znati (izračunati) kako bi se izračunala prodajna cijena po kilogramu proizvoda (kn/kg), pogodna za statističku obradu podataka.

Tri su proizvođaća drvnih peleta najprisutnija u prodavaonicama obuhvaćenima istraživanjem, to su ranije spominjana *Spačva d.d.*, slovenski *Petrol d.d.* i *Panpeleti d.o.o.* iz Garešnice. Od navedenih proizvođača, samo je *Petrol d.d.* na tržište plasirao dva različita drvna peleta pod nazivima Forest Pellet (u sastavu 80 % bukve i 20 % smreke) i Forest Premium Pellet (u sastavu 100 % smreka). Drvni peleti proizvođača *Bioles Horizont d.o.o.* pronađeni su u dvije prodavaonice, a tvrtke *Mundus viridis d.o.o.* iz Zagreba u jednoj. Proizvođačidva drvna peleta uvezena iz Bosne i Hercegovine nisu poznati.

Ukupno je analizirano 15 drvnih peleta, a njihova prosječna jedinična cijena iznosi 1,99 kn/kg. Najprije se pokušalo dati odgovoriti na pitanje, postoji li statistički značajna razlika u jediničnoj cijeni drvnog peleta u ovisnosti o njegovoj klasificiranosti prema ENplus standardu (tako je bilo klasificirano 12 drvnih peleta)? Prosječna jedinična cijena drvnog peleta klasificirana prema ENplus standardu iznosila je 1,99 kn/kg, dok je neklasificirani pelet imao prosječnu jediničnu cijenu od 1,96 kn/kg što nije bilo dovoljno da razlika bude statistički značajna (p=0,827). Detaljniji prikaz

analize prosječne jedinične cijene drvnog peleta obzirom na klasificiranost prema ENplus standardu nalazi se u tablici 6. i tablici 7.

Cijena drvnih peleta u kolovozu 2016. godine u Austriji je iznosila 1,71 kn/kg, u Njemačkoj 1,68 kn/kg, dok je sa iznosom od 2,47 kn/kg jedinična cijena drvnih peleta u Švicarskoj bila najviša (preračun u HRK napravljen prema srednjem tečaju eura HNB-a na dan 31. kolovoza 2016. godine). Razlog veće jedinične cijene drvnih peleta u Švicarskoj su povećani troškovi transporta (www.propellets.at).

Tablica 6. Deskriptivna statistika prosječne jedinične cijene drvnog peleta na osnovu klasificiranosti prema ENplus propisu

ENplus	kn/kg (prosječno)	kn/kg N	kn/kg Std.Dev	kn/kg MIN.	kn/kg MAX.
NE	1,961889	3	0,400874	1,499000	2,193333
DA	1,991778	12	0,147926	1,799333	2,326667
UKUPNO	1,985800	15	0,200757	1,499000	2,326667

Tablica 7. Analiza varijance jediničnih cijana drvnih peleta na osnovu klasificiranosti prema ENplus propisu

Varijable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	P
kn/kg	0,00214	1	0,00214	0,56210	13	0,04323	0,04958	0,82724

Slijedeća analiza išla je u smjeru pronalaženja statistički značajne razlike u prosječnim jediničnim cjenama drvnih peleta klasificiranih prema ENplus standardu. U klasi A1 bili su drvni peleti dva proizvođača čija je prosječna jedinična cijena iznosila2,16 kn/kg dok je preostalih deset drvnih peleta bilo u klasi A2 s prosječnom jediničnom cjenom od 1,96 kn/kg. Razlika u prosječnoj jediničnoj cijeni drvnih peleta ovisno o svrstanosti u klasu A1 ili A2 prema ENplus propisu nije bila statistički značajna (p=0,069). Detaljniji prikaz analize po ovom modelu nalazi se u tablici 8. i tablici 9. Na osnovu prikupljenih podataka i dobivenih rezultata može se zaključiti da je nepostojanje statistički značajne razlike u prosječnoj jediničnoj cijeni drvnih peleta posljedica toga što nisu pronađeni drvni peleti klase B prema ENplus standardu.

Tablica 8. Deskriptivna statistikaprosječne jedinične cijene drvnog peleta na osnovu pripadnosti A1 ili A2 klasi prema ENplus standardu

ENplus	kn/kg (prosječno)	kn/kg N	kn/kg Std.Dev	kn/kg MIN.	kn/kg MAX.
A1	2,163000	2	0,231460	1,999333	2,326667
A2	1,957533	10	0,113905	1,799333	2,193333
UKUPNO	1,991778	12	0,147926	1,799333	2,326667

Tablica 9. Analiza varijance jediničnih cijena drvnih peleta obzirom na pripadnost A1 ili A2 klasi

Varijable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
kn/kg	0,07036	1	0,07036	0,17034	10	0,01703	4,13055	0,06952

Analizom drvnog ugljena obuhvaćeno je 39 uzoraka koji su podijeljeni u kategorije briketirani drvniugljen (17 uzoraka) i nebriketirani drvni ugljen (22 uzorka). Među proizvođačima se ističe *Fochista d.o.o.* iz Belišća, a u ponudi ima nebriketirani drvni ugljen, retortni drvni ugljen i briketirani drvni ugljen na sedam istraženih lokacija. *Brodić i sinovi d.o.o.*iz Zagrebana tržištu su prisutni sa dvanebriketirana drvna ugljena koji se prodaju pod različitim imenom i jednim briketiranim drvnim ugljenom, a njihovi proizvodi pronađeni su na četiri lokacije. Od proizvođača Euro ugljen j.d.o.o. iz Bjelovara pronađen je samo nebriketirani drvni ugljen koji se prodaje na četiri lokacije. Među uvoznim ugljenom prevladava onaj iz Bosne i Hercegovine, a na istraženim lokacijama najzastupljeniji proizvođač je *Hemijska industrija destilacija* iz Teslića čiji je briketirani drvni ugljen pronađeni na tri mjesta. Ukupno je pronađeno 13 uzoraka briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena porijeklom iz BiH od toga je 6 uzoraka briketiranog i 7 uzoraka nebriketiranog drvnog ugljena. U kategoriji ostalih zemalja pronađeno je 9 uzoraka drvnog ugljena od čega je 7 uzoraka briketiranog i 2 uzorka nebriketiranog drvnog ugljena. Od 39 uzoraka briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena, 17 ih je imalo podatke o kakvoći proizvoda, ali niti jedan u skladu sa ENplus propisom.

Analizi prodajnih cijena drvnog ugljena pristupilo se tako da je najprije istraženo postoji li statistički značajna razlika u prosječnoj jediničnoj cijeni između briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena. Utvrđeno je da briketirani drvni ugljen ima višu prosječnu jediničnu cijenu koja iznosi 9,72 kn/kg, dok je prosječna jedinična cijena nebriketiranog drvnog ugljena 7,75 kn/kg. No, takva razlika u prosječnoj jediničnoj cijeni briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena nije bila statistički značajna (p=0,123). Detalniji prikaz deskriptivne statistike prosječne jedinične cijene briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena nalazi se u tablici 10. Tablici 11.

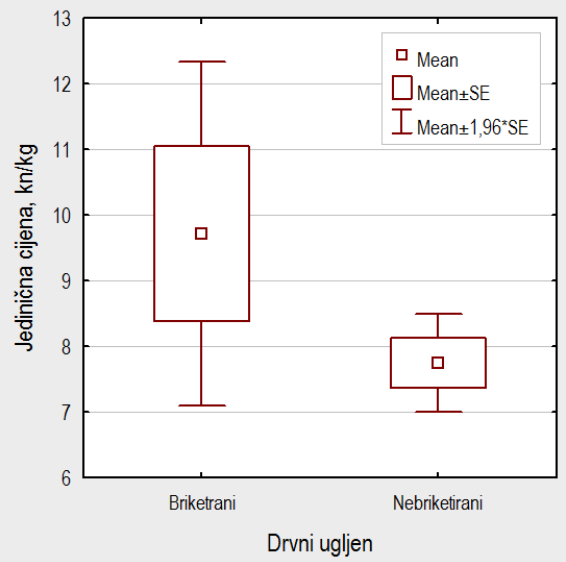
detaljnije prikazuje analizu varijance jediničnih cijena briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena. Kutijasti dijagram jediničnih cijena briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena je na slici 15.

Tablica 10. Deskriptivna statistika prosječne jedinične cijene briketiranog inebriketiranog drvnog ugljena

VRSTA	kn/kg (prosječno)	kn/kg N	kn/kg Std.Dev	kn/kg MIN.	kn/kg MAX.
BRIKETIRANI	9,716196	17	5,505642	2,690	19,96667
NEBRIKETIRANI	7,747545	22	1,799207	5,596	10,70000
UKUPNO	8,605675	39	3,940810	2,690	19,96667

Tablica 11. Analiza varijance jediničnih cijena za briketirani i nebriketirani drvni ugljen

Varijable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	P
kn/kg	37,1658	1	37,1658	552,973	37	14,9452	2,48680	0,12331



Slika 15. Kutijasti dijagram jediničnih cijena briketiranog i nebriketiranog drvnog ugljena

U slijedećoj fazi analizirano je ima li statistički značajne razlike u prosječnoj jediničnoj cijeni briketiranog drvnog ugljena obziom na porijeklo. Briketirani drvni ugljen je prema porijeklu razvrstan u kategorije: ostale zemlje, Bosna i Hercegovina te Republika Hrvatska. Među ostalim zemljama nalaze se: Bugarska, Egipat, Njemačka, Sjedinjene Američke Države (proizvođač je registriran u SAD-u ali je porijeklo ugljena Njemačka) i Ukrajina. U kategoriji ostalih zemalja nalazi se sedam artikala briketiranog drvnog ugljena od čega su dva od proizvođača iz SAD-a. Prosječnom jediničnom cijenom najskuplji briketirani drvni ugljen je onaj iz Republike

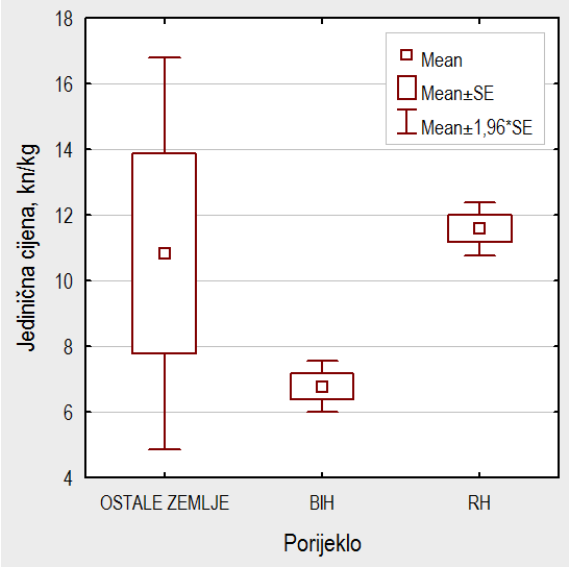
Hrvatske s prosječnom jediničnom cijenom od 11,58 kn/kg, a slijedi ga onaj iz ostalih zemalja čija je prosječna jedinična cijena 10,83 kn/kg. Briketirani drvni ugljen iz Bosne i Hercegovine imao je prosječnu jediničnu cijenu od 6,77 kn/kg. Statistički značajna razlika u prosječnim jediničnim cijenama briketiranog drvnog ugljena različitog porijekla nije utvrđena (p=0,346). Detaljniji prikaz deskriptivne statistike prosječne jedinične cijene briketiranog drvnog ugljena obzirom na porijeklo prikazan je u tablici 12. Tablica 13., detaljnijeprikazuje analizu varijance jediničnih cijena briketiranog drvnog ugljena obzirom na porijeklo. Na slici 16. prikaz je kutijastog dijagrama jediničnih cijena briketiranog drvnog ugljena obzirom na porijeko.

Tablica 12. Deskriptivna statistika prosječne jedinične cijene briketiranog drvnog ugljena s obzirom na porijeklo

PORIJEKLO	kn/kg (prosječno)	kn/kg N	kn/kg Std.Dev.	kn/kg MIN.	kn/kg MAX.
OSTALE ZEMLJE	10,82905	7	8,058609	2,69000	19,9666
BiH	6,77067	6	0,981759	5,99600	7,99600
RH	11,58400	3	0,713605	10,7600	11,9960
UKUPNO	9,44871	16	5,570949	2,69000	19,9666

Tablica 13. Analiza varijance jediničnih cijena briketiranog drvnog ugljena prema porijeklu

Varijable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
kn/kg	70,0472	2	35,0236	395,485	13	30,4219	1,1512	0,3464



Slika 16. Kutijasti dijagram jediničnih cijena briketiranog drvnog ugljena prema porijeklu

Statistički značajna razlika utvrđena je analiziranjem prosječnih jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena različitog porijekla, a nastala je kao posljedica

razlike u cijenama između ugljena iz BiH i ugljena ostalih zemalja, te bosanskohercegovačkog i ugljena iz Republike Hrvatske (p=0,006352). Statistički značajne razlike nije bilo između prosječnih jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena iz Republike Hrvatske i ugljena ostalih zemalja. Izrazimo li ovaj rezultat u brojkama, tada vidimo da je prosječna jedinična cijena nebriketiranog drvnog ugljena bila najviša u ostalim zemljama sa iznosom od 9,83 kn/kg, prati ju prosječna jedinična cijena iz RH sa 8,24 kn/kg, a na začelju je nebriketirani drvni ugljen iz BiH sa 6,23 kn/kg. U kategoriji nebriketiranog drvnog ugljena analizirano je ukupno 22 uzorka od čega ih je 13 bilo iz RH, 7 iz BIH te 2 iz ostalih zemalja. Detaljniji prikaz deskriptivne statistike prosječne jedinične cijene nebriketiranog drvnog ugljena prema porijeklu nalazi se u tablici 14. U tablici 15., detaljniji je prikaz analize varijance jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena prema porijeklu. Tablica 16. prikazuje LSD test prosječnih jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena prema porijeklu. Kutijasti dijagram analize jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena prema porijeklu prikazan je na slici 17.

Tablica 14. Deskriptivna statistika prosječne jedinične cijene nebriketiranog drvnog ugljena prema porijeklu

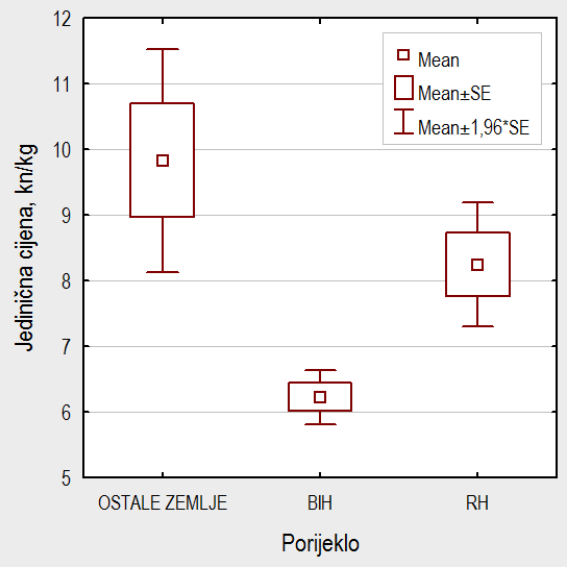
PORIJEKLO	kn/kg (prosječno)	kn/kg N	kn/kg Std.Dev.	kn/kg MIN.	kn/kg MAX.
OSTALE ZEMLJE	9,8333	2	1,2256	8,9666	10,7000
BiH	6,2284	7	0,5542	5,5960	6,7960
RH	8,2446	13	1,7456	5,9980	9,9960
UKUPNO	7,7475	22	1,7456	5,5960	10,7000

Tablica 15. Analiza varijance jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena prema porijeklu

Varijable	SS Effect	Df Effect	MS Effect	SS Error	Df Error	MS Error	F	p
kn/kg	28,0673	2	14,0336	39,9127	19	2,1007	6,6806	0,0064

Tablica 16. LSD test prosječnih jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena prema porijeklu

PORIJEKLO	(1) M=9,8333	(2) M=6,2284	(3) M=8,2446
OSTALE ZEMLJE (1)		**0,00586**	0,16527
BiH (2)	**0,00586**		**0,00791**
RH (3)	0,16527	**0,00791**	



Slika 17. Kutijasti dijagram jediničnih cijena nebriketiranog drvnog ugljena prema porijeklu

Ukupnom međusobnom analizom 75 uzoraka briketa (7 uzoraka), ogrjevnog drva (14 uzoraka), drvnih peleta (15 uzoraka) i drvnog ugljena (39 uzoraka) utvrđene su prosječne jedinične cijene briketa od 1,89 kn/kg, ogrijevnog drva 1,84 kn/kg, drvnih peleta 1,98 kn/kg i drvnog ugljena 8,61 kn/kg. Dok su drvni briketi i drvni peleti imali dosta uzak raspon između minimalne i maksimalne prosječne jedinične cijene, on je bio nešto veći kod ogrijevnog drva. Takva, veća razlika između minimalne i maksimalne prosječne jedinične cijene ogrjevnog drva, najviše dolazi do izražaja u razlici između jediničnih cijena drva za potpalu i kratko rezanog i cijepanog drva. No, razlika u jediničnim cijenama unutar kategorije ogrjevnog drva nije bila statistički značajna. Veći raspon minimalne i maksimalne jedinične cijene utvrđen je i kod drvnog ugljena. Međusobnom usporedbom prosječnih jediničnih cijena čvrstih biogoriva, utvrđena je statistički značajno odstupanje prosječne jedinične cijene drvnog ugljena u odnosu na ostala čvrsta biogoriva obuhvaćena analizom ($p<0,00001$). Detaljniji prikaz deskriptivne statistike prosječnih jediničnih cijena čvrstih biogoriva prikazan je u tablici 17. Tablica 18. prikazuje analizu varijance jediničnih cijena čvrstih biogoriva, a tablica 19. LSD test prosječnih jediničnih cijena čvrstih biogoriva. Na slici 18. kutijasti je dijagram s prikazom jediničnih cijena čvrstih biogoiva.

Tablica 17. Deskriptivna statistika prosječnih jediničnih cijena čvrstih biogoriva

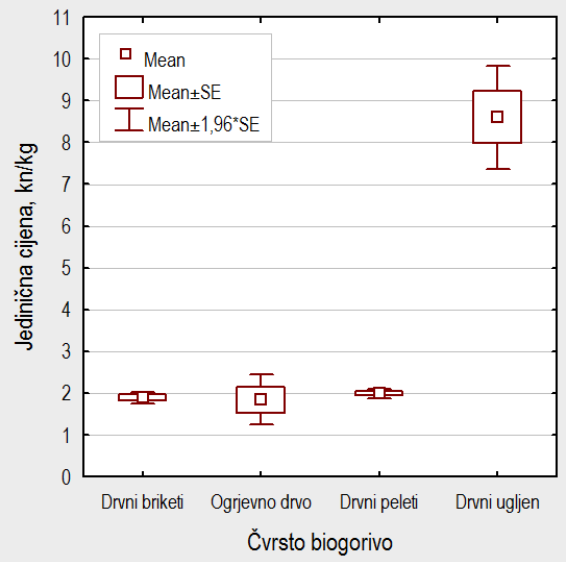
ČVRSTO BIOGORIVO	kn/kg (prosječno)	kn/kg N	kn/kg Std.Dev.	kn/kg MIN.	kn/kg MAX
BRIKET	1,8916	7	0,1901	1,6990	2,1650
OGRIJEV	1,8415	14	1,1531	0,7458	4,6500
PELET	1,9858	15	0,2008	1,4990	2,3267
UGLJEN	8,6057	39	3,9408	2,6900	19,9667
UKUPNO	5,3924	75	4,4224	0,7458	19,9667

Tablica 18. Analiza varijance jediničnih cijena čvrstih biogoriva

Varijable	SS Effect	Df Effect	MS Effect	SS Error	Df Error	MS Error	F	P
kn/kg	839,066	3	279,689	608,206	71	8,566	32,649	0,00001

Tablica 19. LSD test prosječnih jediničnih cijena čvrstih biogoriva

ČVRSTO BIOGORIVO	(1) M=1,8916	(2) M=1,8415	(3) M=1,9858	(4) M=8,6057
BRIKET (1)		0,9706	0,9441	0,0000
OGRJEV (2)	0,9706		0,8949	0,0000
PELET (3)	0,9441	0,8949		0,0000
UGLJEN (4)	0,0000	0,0000	0,0000	



Slika 18. Kutijasti dijagram jediničnih cijena čvrstih biogoriva

5. ZAKLJUČAK

Potrošačima su, na području Grada Zagreba, od čvrstih biogoriva dostupni: ogrjevno drvo, drvni peleti, drvni briketi i drvni ugljen. Ogrjevno drvo na tržištu se pojavljuje kao ogrjevno drvo za potpalu te kratko rezano i cijepano ogrjevno drvo. Drvni ugljen u ponudi je kao briketirani i nebriketirani.

Od 42 prodajna mjesta obuhvaćena istraživanjem, čvrsta biogoriva pronađena su na njih 19. Među čvrstim biogorivima, na prodajnim mjestima obuhvaćenima istraživanjem, dominira drvni ugljen sa 39 pronađenih proizvoda. Brojnošću iza drvnog ugljena slijedi drvni pelet sa 15 pronađenih proizvoda, ogrjevno drvo sa 14 pronađenih proizvoda, a drvni briket je sa 7 pronađenih proizvoda najmanje prisutan na tržištu.

Najprije su analizirani drvni briketi kod kojih je uočeno da su samo 3 uzorka (svi su isti proizvod istog proizvođača) bili klasificirani prema ENplus standardu. No, svaki od 7 pronađenih drvnih briketa na ambalaži je imao iskazanu kakvoću.

Ogrjevno drvo za potpalu pronađeno je pakirano u vreće mase cca. 6 kg, cca. 7 kg i cca 12 kg. Kratko rezano i cijepano ogrjevno drvo bilo je pakirano u vreće mase cca. 10 kg i cca. 15 kg te složeno na palete dimenzija 1x1x1,8 m i 1x1x0,8 m. Analizom jediničnih cijena ogrjevnog drva uočeno je da su one najviše kod drva za potpalu gdje su se kretale u rasponu od 4,65 kn/kg do 1,08 kn/kg. Jedinične cijene kratko rezanog i cijepanog ogrjevnog drva opadale su s povećanjem mase ambalaže. Tako su jedinične cijene kratko rezanog i cijepanog ogrjevnog drva u vrećama bile u rasponu od 1,67 kn/kg do 1,79 kn/kg, dok su se jedinične cijene kratko rezanog i cijepanog ogrjevnog drva složenog na palete kretale od 0,75–0,77 kn/kg.

Drvni peleti prodavali su se po prosječnoj jediničnoj cijeni od 1,99 kn/kg, a 12 uzoraka drvnih peleta bilo je klasificirano prema ENplus standardu. Prosječna jedinična cijena drvnog peleta klasificiranog prema ENplus standardu bila je 1,99 kn/kg, a neklasificiranog 1,96 kn/kg. Razlika u prosječnoj jediničnoj cijeni drvnog peleta klasificiranog i neklasificiranog prema ENplus standardu, nije bila statistički značajna pa se može pretpostaviti da je razlog tome nepostojanje drvnih peleta svrstanih u B klasu kakvoće prema navedenom standardu u prodavaonicama

obuhvaćenima istraživanjem.Također, ne postoji niti statistički značajna razlika u prosječnim jediničnim cijenama između drvnih peleta svrstanih u A1 klasu (2,16 kn/kg) i onih svrstanih u A2 klasu kakvoće (1,96 kn/kg) prema ENplus standardu.

Među pronađenim drvnim ugljenom bilo je 17 uzoraka briketiranog i 22 uzorka nebriketiranog drvnog ugljena.Porijeklo 17 uzoraka drvnog ugljena je Republika Hrvatska, 13 uzoraka je iz Bosne i Hercegovine, a 7 uzoraka svrstano je u kategoriju ostalih zemalja. Prosječna jedinična cijena uzoraka drvnog ugljena obuhvačenih ovim istraživanjem iznosi 8,61 kn/kg. Obradom podataka utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika u prosječnim jediničnim cijenama između briketiranog (9,72 kn/kg) i nebriketiranog (7,75 kn/kg) drvnog ugljena. Također nije utvrđena niti statistički značajna razlika u prosječnim jediničnim cijenama briketiranog drvnog ugljena obzirom na porijeklo (RH 11,58 kn/kg, BiH 6,77 kn/kg i ostale zemlje 10,83 kn/kg). No, utvrđeno je da se statistički značajno razlikuju prosječne jedinične cijene nebriketiranog drvnog ugljena iz ostalih zemalja (9,83 kn/kg) i BiH (6,23 kn/kg) te RH (8,24 kn/kg) i BiH.

U posljednjoj fazi istraživanja međusobno su uspoređene prosječne jedinične cijene svih čvrstih biogoriva pronađenih na tržištu. Utvrđeno je statistički značajno odstupanje prosječne jedinične cijene drvnog ugljena (8,61 kn/kg) u odnosu na prosječne jedinične cijene svih ostalih čvrstih biogoriva obuhvaćenih istraživanjem: drvni briket 1,89 kn/kg, drvni pelet 1,99 kn/kg i ogrjevno drvo 1,84 kn/kg.

6. LITERATURA

1. Anon., 2006: Šumskogospodarska osnova za razdoblje 2006. – 2015., „Hrvatske šume“ d.o.o.
2. Annon., 2007: Velike mogućnosti proizvodnje biomase u hrvatskom šumarstvu. Hrvatske šume130: 2–6.
3. Bašić Palković, P., 2002: Šumski cjepači – jedna metoda pridobivanja energijskog drva. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–70.
4. Bissen, D., 2009: Biomass densification, Document of evaluation. Zachry engineering corporation, 1–27.
5. Brkić, M., 2007: Savremene tehnologije na pilot postrojenjima za proizvodnju briketa i peleta od biomase. Studija: Potencijali i mogućnosti briketiranja i peletiranja otpadne biomase na teritoriji pokrajine Vojvodine, Pokrajinski sekretarijat za energiju i mineralne sirovine, Novi Sad, 47–53.
6. Car, A., (2015): Proizvodnja bioetanola na obnovljivim sirovinama, BT/6700, Prehrambeno – biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1–47.
7. Cardona, C.A., Sánchez, Ó.J. (2007): Fuel ethanol productio: Process design trends and integration opportunities. Bioresour Technol. 98:2415–2457.
8. Domac J., Benković Z., Starčić T., 2008: Razvitak održive industrije drvenog ugljena, Šumarski list, 132(11–12): 555–561.
9. Domac J., Trossero M., 2008: Ekološki aspekti u proizvodnji drvenog ugljena u Hrvatskoj, Regionalna energetska agencija Sjeverozapadne Hrvatske, Zagreb.
10. Dubravec, M., 2007: Pougljavanje drva u ugljenicama. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1–51.
11. Francescato, V., Antonini, E., Zuccoli Bergomi, L., 2008: Priručnik o gorivima iz drvne biomase. Regionalna energetska agencija Sjeverozapadne Hrvatske, (ur.) V. Šegon, Zagreb, Hrvatska, 1–84.
12. Friščić, D., 2016: Analiza utjecajnih čimbenika pri mehaniziranoj izradi kratko rezanog i cijepanog ogrjevnog drva. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1–37.
13. Grba S. (2010): Kvasci u biotehnološkoj proizvodnji, Plejada, Zagreb.
14. Gujić, A., 2015: Svrha proizvodnje i korištenja drvenog ugljena. Završni rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1–27.

15. HRN EN 14961-5:2011 Solidbiofuels – Fuel specifications and classes – Part 5: Firewood for non-industrial use. Hrvatski zavod za norme, Zagreb, 1–12.
16. HRN EN ISO 16559:2014 Čvrsta biogoriva – Nazivlje, definicije i opisi.
17. HRN EN ISO 17225-1:2014 Čvrsta biogoriva – Specifikacije goriva i razredi – 1. dio: Opći zahtjevi.
18. Janković, B., 1987: Ogrjevno drvo. Šumarska enciklopedija, (ur.) Z. Potočić, JLZ, Zagreb, 542–543.
19. Janušić, V., Čurić, D., Krička T., Voća, N., Matin, A. (2008): Predtretmani u proizvodnji bioetanola iz lignocelulozne biomase. Stručni članak. Poljoprivreda, 14(1): 53–58.
20. Kärhä, K., A. Jouhiano, 2009: Producing chopped firewood with firewood processors. Biomassandbioenergy, 33: 1300–1309.
21. Krhen, P., 2012: Energetsko iskorištavanje šumske biomase u Hrvatskoj. Diplomski rad, Rudarsko – geološko – naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–53.
22. Krishna, S.H., Chowdary, G.V. (2000): Optimization of simultaneous saccharification and fermentation for the producion of ethanol from lignocellulosic biomass. J Agric Food Chem, 48:1971–1976.
23. Krpan, A., Tomašić, Ž., Zečić, Ž., Vuletić, D., 2015: Bioproizvodnost amorfe (Amorpha fruticosa L.) u jednogodišnjoj, dvogodišnjoj i četverogodišnjoj ophodnji. Šumarski list, 3-4/2015: 11.
24. Kuric, D., 2014: Realizacija projekata i investicija u energetska postrojenja na drvnu biomasu. Mogućnosti primjene obnovljivih izvora energije. Zagreb.
25. Li, Y., Liu, H., 2000: High pressure densification of wood residues to form an upgraded fuel. Biomass and Bioenergy 19: 177–186.
26. McKendry, P., 2002: Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. Bioresource Technology 83(1): 37–46.
27. Madson P.W., Monceaux D.A (2003): Fuel ethanol production. KATZEN International, Ohio, USA.
28. Pavlečić, M. i dr. (2012.): Usporedba različitih tehnika proizvodnje bioetanola na svježem soku šećerne repe. Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam, 7(1-2): 112–117.

29. Pleše, V., 2008: Ugljenarenje – Proizvodnja ugljena iz drva u Gorskom Kotaru. Stručni članak, Ekonomska i ekohistorija, Časopis za gospodarsku povijest i povijest okoliša, Zagreb – Samobor, 4(4): 232–233.
30. Raitila, J., 2010: Benefits of producing woodfuel
31. Risović, S., Đukić, I., Vučković, K., 2008: Energy analysis of pellets made of wood residues. Croatian journal of forest engineering, 29(1): 95–108.
32. Skoupy, A., 2004: Biodegradable oils used for saw chain lubrications, Ukrainskij deržavnij lisotehničeskij univerzitet. Naukovnij visnik, 14(3): 41–49.
33. Sokhansanj, S., Cushman, J., Wright, L., 2003: Collection and delivery of feedstock biomass for fuel and power production. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal, Invited Overview Paper. Vol. 5.
34. Stelte, W., 2011: Fuel Pellets from Biomass - Processing, Bonding, Raw Materials, Risø-PhD-90 (EN), 1–47.
35. Šafran, B., 2015: Ovisnost mehaničkih svojstava peleta o ulaznim veličinama drvne sirovine. Doktorski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–144.
36. Tomas, S., Bilić, M., Planinić, M., Bucić–Kojić, A., Velić, D., 2008: Održivost proizvodnje drvenog ugljena u klasičnim vodoravnim retortama. Zbornik radova i sažetaka. XII Ružičkini dani. Znanost nove tehnologije u razvoju gospodarstva / Tomas, Srećko (ur.). Prehrambeno–tehnološki fakultet Sveučilišta u Osijeku, Osijek: 66–67.
37. Trkmić M., 2012: Karakterizacija pepela različitih vrsta krutog goriva i njegov utjecaj na okoliš. Doktorska disertacija, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1–150.
38. Ugrenović, A., Benić, R., 1957: Eksploatacija šuma. Grafički zavod Hrvatske, 1–481.
39. Vusić, D., 2013: Pogodnost sustava pridobivanja drvne biomase u smrekovoj šumskoj kulturi. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1–174.
40. Vusić, D., Đuka, A., 2015: Značajnost šumske biomase kao obnovljivog izvora energije – utjecaj na sustave pridobivanja drva u Hrvatskoj. Zbornik savjetovanja CROJFE 2015. – Sadašnjestanje i budući izazovi. Zagreb – Zalesina, 18. – 20. ožujka 2015.
41. Vusić, D., Zečić, Ž., Paladinić, E.,2014: Optimization of energy wood chips qualityby proper raw material manipulation. Proceedings Natural resources,

green technology & sustainable development, I. Radojčić Redovniković, T. Jakovljević, J. Halambek, M. Vuković, D. Erdec Hendrih(ur.), Prehrambeno – biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 159–166.

42. Vusić, D., Zečić, Ž., Smetko, M., 2015: Učinkovitost mehanizirane izrade kratko rezanoga i cijepanoga ogrjevnoga drva. Nova mehanizacija šumarstva, 36(1): 29–38.
43. Zečić, Ž., 2014: Šumska biomasa za energiju – interna skripta. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1 – 155.
44. Zubac, M., 1996: Domaća tehnika i tehnologija briketiranja. Zbornik radova: „Značaj i perspektiva briketiranja biomase", Ekološki pokret Vojvodine, Vrnjačka Banja, 25–34.
45. http://portal.hrsume.hr/index.php/hr/umska-biomasa-doo
46. http://portal.hrsume.hr/index.php/hr/umska-biomasa-doo/59-umska-biomasa/umska-biomasa/280-vie-o-biomasi
47. https://geoportal.zagreb.hr/Temp/9.7.2016._Ispis_GeoportalZG_hS1jijUOFEGX5uZKvun-Nw.jpeg
48. https://geoportal.zagreb.hr/Temp/9.7.2016._Ispis_GeoportalZG_KUdkCoNvsU2H3DtA4--QHQ.jpeg
49. https://www1.zagreb.hr/zgstat/documents/POPIS%202011/GZ_stanovnistvo_kucanstva_stanovi/Popis2011_GZ_StanovniciKucanstvaStanovi.pdf
50. http://www.agroklub.com/eko-proizvodnja/proizvode-drveni-ugljen-kao-i-prije-100-godina/21966/
51. http://www.drvnipelet.hr/o-drvnom-peletu/
52. http://www.ekopoduzetnik.com/tekstovi/proizvode-drveni-ugljen-kao-i-prije-100-godina-21966/
53. https://www.fsb.unizg.hr/usb_frontend/files/1371035728-0-trkmiurkoviaspergerschauperl-matrib-2012..pdf
54. http://www.glas-slavonije.hr/293614/4/Biomasa-je-neiskoristeni-biopotencijal-Hrvatske
55. http://www.hzn.hr/default.aspx?id=525
56. http://www.krizevci-produkt.hr/drveni-ugljen/
57. http://www.napravi-sam.com/clanci/proizvodnja-drvenog-ugljena/
58. http://www.poslovni.hr/domace-kompanije/proizvoaci-izvoze-pelete-jer-ih-u-hrvatskoj-nitko-nece-105691

59. http://www.poslovni.hr/hrvatska/proizvoaci-peleta-nemaju-od-koga-kupovati-sirovinu-muci-ih-i-pdv-285104
60. http://www.propellets.at/en/pellet-price/international-prices-and-indexes/