

# Prilog istraživanju promjene gustoće kratko piljenog i cijepanog ogrjevnog drva običnog graba (*Carpinus betulus* L.) uslijed prirodnog sušenja

---

Lemo, Ognjen

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:083302>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-06**



Repository / Repozitorij:

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



**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU  
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK  
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ  
DRVNOTEHNOLOŠKI PROCESI**

**OGNJEN LEMO**

**Prilog istraživanju promjene gustoće  
kratko piljenog i cijepanog ogrjevnog  
drva običnog graba (*Carpinus betulus* L.)  
uslijed prirodnog sušenja**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2017.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU  
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**OGNJEN LEMO**

**Prilog istraživanju promjene gustoće  
kratko piljenog i cijepanog ogrjevnog  
drva običnog graba (*Carpinus betulus* L.)  
uslijed prirodnog sušenja**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: **Drvnotehnološki procesi**

Zavod: **Zavod za tehnologije materijala**

Predmet: **Pilanska tehnologija drva 2**

Ispitno povjerenstvo:

1. **Doc. dr. sc. Josip Ištvančić, mentor**
2. **Doc. dr. sc. Alan Antonović, član**
3. **Doc. dr. sc. Krešimir Greger, član**
4. **Prof. dr. sc. Mladen Brezović, zamjenski član**

Student: **Lemo Ognjen**

JMBAG: **0068210841**

Broj indeksa: **620/2015**

Datum odobrenja teme: **20. 02. 2017.**

Datum predaje rada: **01. 09. 2017.**

Datum obrane rada: **22. 09. 2017.**

**Zagreb, rujan, 2017.**

# Administrativni protokol

|  |   |
|--|---|
| Naslov diplomskog rada                   | Prilog istraživanju promjene gustoće kratko piljenog i cijepanog ogrjevnog drva običnog graba ( <i>Carpinus betulus</i> L.) uslijed prirodnog sušenja.  |
| Kratki biografski podaci o autoru        | Ognjen Lemo, rođen 25. rujna. 1990. godine u Travniku. Maturirao šk. god. 2008/09. u Katoličkom školskom centru „Petar Barbarić“ u Travniku. Upisao Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu šk. god. 2008/09. Obranio Završni rad 25. 09. 2015. Upisao diplomski studij Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu šk. god. 2015/2016. te ga apsolvirao šk. god. 2016/2017.  |
| Adresa e - mail                          | Nova Cesta 154., 10000. Zagreb<br>olemo48@gmail.com   |
| Izvođenje eksperimenta i obrada podataka | Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb<br>Sebastijan d.o.o., Grubišno Polje  |
| Mentor                                   | Doc. dr. sc. Josip Ištvančić, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet  |
| Neposredni voditelj                      | Doc. dr. sc. Josip Ištvančić, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet  |
| Rad sadrži                               | I – IX + 51 stranica + 8 tablica + 26 slika   |
| Administrativni postupak                 | Prijava i odobrenje teme diplomskog rada pod naslovom „Prilog istraživanju promjene gustoće kratko piljenog i cijepanog ogrjevnog drva običnog graba ( <i>Carpinus betulus</i> L.) uslijed prirodnog sušenja“ 20. 02. 2017. i imenovanje povjerenstva za obranu teme završnog rada u sastavu:<br>Doc. dr. sc. Josip Ištvančić, mentor<br>Doc. dr. sc. Alan Antonović, član<br>Doc. dr. sc. Krešimir Greger, član<br>Prof. dr. sc. Mladen Brezović, zamjenski član |
| Mjesto i datum obrane                    | Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zavod za tehnologije materijala, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb<br>22. 09. 2017.   |



# Ključna dokumentacijska kartica

|                     |   |
|---------------------|---|
| TI (naslov)         | Prilog istraživanju promjene gustoće kratko piljenog i cijepanog ogrjevnog drva običnog graba ( <i>Carpinus betulus</i> L.) uslijed prirodnog sušenja   |
| AU (autor)          | Ognjen Lemo   |
| AD (adresa)         | Nova cesta 154 10000 Zagreb   |
| SO (izvor)          | Šumarska knjižnica – Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu<br>Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb   |
| PY (godina objave)  | 2017  |
| LA (izvorni jezik)  | Hrvatski  |
| LS (jezik sažetka)  | Hrvatski  |
| DE (ključne riječi) | Obični grab ( <i>Carpinus betulus</i> L.), gustoća, vlaga, masa, volumen, cijepano ogrjevno drvo, prirodno sušenje.   |
| GE (zemlja objave)  | Hrvatska  |
| PT (vrsta objave)   | Diplomski rad   |
| VO (volumen)        | I – IX + 51 stranica + 8 tablica + 26 slika   |
| AB (sažetak)        | <p>U radu su eksperimentalno i teorijski istraženi utjecaji parametara vlage, mase, volumena i gustoće kratko piljenog i cijepanog ogrjevnog drva zbog velikog značaja na komercijalno poslovanje takvim drvom. Istraživanje je provedeno na uzorku od 440 komada cijepanica. Cjepanice su izrađene u jednom specijaliziranom proizvodnom pogonu mehaniziranom tehnologijom uz korištenje motorne lančane pile i hidrauličkih cjepača. Svaka cijepanica je za potrebe istraživanja izmjerena i obilježena brojem, te je na njima provedeno mjerenje mase, dimenzija i vlage u sirovom i prosušenom stanju. Prirodno sušenje izvedeno je na zaklonjenom i dobro provjetrenom dijelu stovarišta cijepanog ogrjevnog drva. Sušenje cijepanica je trajalo u vremenskom periodu od 05.05.2016. do 06.10.2017, odnosno ukupno 180 dana. Prosječan sadržaj vode u cijepanicama prije sušenja iznosio je 61,81 %. U prosušenom stanju, prosječan sadržaj vode u cijepanicama iznosio je 11,54%. Prosječna vrijednost mase cijepanica obzirom na sve izmjerene cijepanice u sirovom stanju iznosila je 1,3417 kg, a u prosušenom stanju je ta vrijednost smanjena na 0,9274 kg. Gledano obzirom na sirovo stanje, gubitak u masi iznosio je prosječno 30,78 %. U sirovom stanju, aritmetička sredina volumena svih cijepanica iznosila je 0,00130 m<sup>3</sup>, dok je u prosušenom iznosila 0,00115 m<sup>3</sup>. Gledano obzirom na sirovo stanje, smanjenje volumena iznosilo je prosječno 11,66 %. Aritmetička sredina za gustoću cijepanica u sirovom stanju iznosila je 1033,34 kg/m<sup>3</sup>, a za prosušeno stanje iznosila je 809,94 kg/m<sup>3</sup>. Gledano obzirom na sirovo stanje, smanjenje gustoće iznosilo je prosječno 21,551 %.</p> |

# Key words documentation

|                          |   |
|--------------------------|---|
| TI (Title)               | Contribution to study of changes in short sawn and splitted firewood density of Common hornbeam ( <i>Carpinus betulus</i> L.) due to air drying   |
| OT (Original Title)      | Prilog istraživanju promjene gustoće kratko piljenog i cijepanog ogrjevnog drva običnog graba ( <i>Carpinus betulus</i> L.) uslijed prirodnog sušenja   |
| AU (Author)              | Ognjen Lemo   |
| AD (Adress of Author)    | Nova cesta 154, 10000 Zagreb  |
| SO (Source)              | Library of Forestry Faculty of Zagreb University, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Croatia  |
| PY (Publication Year)    | 2017  |
| LA (Language of Text)    | Croatian  |
| LS (Language of Summary) | English   |
| DE (Descriptors)         | Hornbeam ( <i>Carpinus betulus</i> L.), density, moisture, weight, volume, split firewood, air drying   |
| GE (Geo. Headings)       | Croatia   |
| PT (Publication Type)    | Graduate thesis   |
| VO (Volume)              | I - IX + 51 pages + 8 tables + 26 figures   |
| AB (Abstract)            | The paper experimentally and theoretically investigates influences to parameters of moisture, mass, volume and density on in short sawn and split firewood, because of great importance to commercial use of such wood. The study was conducted on a sample of 440 pieces of split firewod. The logs are made in a specialized production facility with mechanized technology using chain saws and hydraulic splitters. Each log is marked with a number, and measured for it`s mass, size and moisture content in raw and dry state. Natural drying was performed in a sheltered and well-ventilated area reserved for firewood. Drying the logs was performed from 05.05.2016. to 06.10.2016., or a total of 180 days. Average water content in the split firewod before drying amounted to 61,81 %. In the dry state, the average water content in the split firewod was 11,54 %. The average mass considering all split firewod measured in the raw state 1,3417kg, and in the dry state, this value is reduced to 0,9274 kg. Given the raw state, the mass loss was an average of 30,78 %. The arithmetic volume of all split firewod in raw state amounted to 0,00130 m <sup>3</sup> , while dried, that number was reduced to 0,00115 m <sup>3</sup> . Given the raw state, reducing the volume amounted to an average of 11,66 %. Density of split firewod in raw state was 1033,34 kg/m <sup>3</sup> , while after drying it was reduced to 809,94 kg/m <sup>3</sup> . Given the raw state, density was reduced to an average of 21,551 %. |

# Popis slika

|   |    |
|---|----|
| <b>Slika 1.</b> Drvo kao CO <sub>2</sub> neutralan, i obnovljivi izvor energije .....                       | 10 |
| <b>Slika 2.</b> Udio pojedine vrste energije u ukupnoj potrošnji za 2008. i 2013. god. u RH .....           | 11 |
| <b>Slika 3.</b> Udjeli u proizvodnji primarne energije za 2008. i 2013. god. u RH .....                     | 12 |
| <b>Slika 4.</b> Udjeli šuma prema vlasništvu u RH .....   | 13 |
| <b>Slika 5.</b> Primjer cjepača Tajfun RCA 400 Joy .....  | 32 |
| <b>Slika 6.</b> Višemetarsko ogrjevno drvo na stovarištu .....  | 33 |
| <b>Slika 7.</b> Prikaz različitih oštrica cjepača za drvo .....   | 33 |
| <b>Slika 8.</b> Prikaz ogrjevnog drva složenog u mreže .....  | 34 |
| <b>Slika 9.</b> Ogrjevno drvo složeno na palete spremno za isporuku .....                                   | 34 |
| <b>Slika 10.</b> Obični grab ( <i>Carpinus betulus</i> L.) .....  | 37 |
| <b>Slika 11.</b> GRAB, 1. obični grab, 2. bijeli grab, 3. crni grab .....                                   | 38 |
| <b>Slika 12.</b> Složaj višemetrice oblice na stovarištu .....  | 40 |
| <b>Slika 13.</b> Prikračivanje i izrada metrice oblice motornom lančanom pilom .....                        | 40 |
| <b>Slika 14.</b> Cjepanje metrice oblice .....  | 41 |
| <b>Slika 15.</b> Prikračivanje cjepanice metrice stolarskom tračnom pilom .....                             | 41 |
| <b>Slika 16.</b> Dodatno cjepanje na konačnu dužinu .....   | 42 |
| <b>Slika 17.</b> Palete složenih cjepanica .....  | 42 |
| <b>Slika 18.</b> Prikaz palete cjepanica, gore prije i dolje poslije prirodnog sušenja .....                | 43 |
| <b>Slika 19.</b> Mjerenje mase cjepanica na laboratorijskoj vazi .....                                      | 44 |
| <b>Slika 20.</b> Mjerenje volumena piljenica volumetrijskom metodom uranjanjem u menzuru .....              | 45 |
| <b>Slika 21.</b> Uzorci iz cjepanica za mjerenje vlage gravimetrijskom metodom .....                        | 47 |
| <b>Slika 22.</b> Grafički prikaz promjene mase ogrjevnog drva običnog graba prije i nakon sušenja .....     | 49 |
| <b>Slika 23.</b> Grafički prikaz gubitka mase složaja kratkih cjepanica uslijed prirodnog sušenja .....     | 50 |
| <b>Slika 24.</b> Grafički prikaz promjene volumena ogrjevnog drva običnog graba prije i nakon sušenja ..... | 51 |
| <b>Slika 25.</b> Grafički prikaz promjene gustoće ogrjevnog drva običnog graba prije i nakon sušenja .....  | 52 |
| <b>Slika 26.</b> Grafički prikaz promjene vlage ogrjevnog drva običnog graba prije i nakon sušenja .....    | 53 |

# Popis tablica

|  |    |
|--|----|
| <b>Tablica 1.</b> Drvna zaliha prema vrstama drva u Republici Hrvatskoj.....                               | 14 |
| <b>Tablica 2.</b> Koeficijent pretvorbe drvnog sortimenta.....   | 16 |
| <b>Tablica 3.</b> Koeficijent pretvorbe drva za ogrjev.....  | 17 |
| <b>Tablica 4.</b> Prikaz fizičkih i mehaničkih svojstava običnog graba ( <i>Carpinus betulus</i> L.) ..... | 39 |
| <b>Tablica 5.</b> Deskriptivna statistika podataka o masi kratkih cjepanica običnog graba.....             | 49 |
| <b>Tablica 6.</b> Deskriptivna statistika podataka o volumenu kratkih cjepanica običnog graba.....         | 51 |
| <b>Tablica 7.</b> Deskriptivna statistika podataka o gustoći kratkih cjepanica običnog graba.....          | 52 |
| <b>Tablica 8.</b> Deskriptivna statistika podataka o vlazi kratkih cjepanica običnog graba.....            | 53 |

# Korišteni znakovi

|                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| <b><i>HRN</i></b>              | Hrvatska norma                   |
| <b><i>EN</i></b>               | Europska norma                   |
| <b>%</b>                       | postotak                         |
| <b><i>m</i><sup>3</sup></b>    | metar kubni                      |
| <b><i>Kg</i></b>               | kilogram                         |
| <b><i>t</i></b>                | tona                             |
| <b><i>kg/m</i><sup>3</sup></b> | kilogram po metru kubnom         |
| <b><i>cm</i></b>               | centimetar                       |
| <b><i>m</i></b>                | metar                            |
| <b><i>X</i></b>                | računalna oznaka množenja (puta) |
| <b><i>ha</i></b>               | hektar                           |
| <b><i>°C</i></b>               | celzijev stupanj                 |
| <b><i>Mpa</i></b>              | megapaskal                       |
| <b><i>Gpa</i></b>              | gigapaskal                       |

# Predgovor

Želim se zahvaliti svom mentoru doc. dr. sc. Josipu Ištvaniću, koji je svojim znanjem, vještinama, i savjetima uvelike pridonio izradi i kvaliteti ovog rada.

Zahvaljujem se i tvrtci „Sebastijan“ d.o.o. u Grubišnom Polju i njenom vlasniku Antunu Svatu, koji su omogućili da izradim sva ispitivanja i mjerenja potrebna za izradu ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se Šumarskom fakultetu i svim profesorima na svom pruženom i prenesenom znanju, i kolegama s kojima sam djelio sreću i tugu kroz ispitne rokove i sve čari „studentskog“ života.

Na kraju najveća zahvala mojoj obitelji koja je imala dovoljno strpljenja, ljubavi i potpore, bez kojih danas ne bih bio tu gdje jesam. Hvala!!!



## IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

OB ŠF 05 07

Revizija: 1

Datum: 22.9.2017.

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

---

*vlastoručni potpis*

*Ognjen Lemo*

U Zagrebu, 22.09.2017

# Sadržaj

|  |           |
|--|-----------|
| Administrativni protokol .....   | I         |
| Ključna dokumentacijska kartica .....  | II        |
| Key words documentation .....  | III       |
| Popis slika .....  | IV        |
| Popis tablica .....  | V         |
| Korišteni znakovi .....  | VI        |
| Predgovor .....  | VII       |
| Izjava o izvornosti rada .....   | VIII      |
| Sadržaj .....  | IX        |
| <b>1 Uvod</b> .....  | <b>10</b> |
| <b>2 Cilj istraživanja</b> .....   | <b>15</b> |
| <b>3 Dosadašnja istraživanja</b> .....                                       | <b>16</b> |
| 3.1 Normativi i tehnički parametri za drvo .....                             | 16        |
| 3.1.1 Tehnički parametri pretvorbe .....                                     | 16        |
| 3.1.2 Normativi prema HRN-u .....  | 17        |
| 3.1.2.1 Ogrjevno drvo prema HRN-u .....                                      | 18        |
| 3.1.3 Normativi prema HRN EN-u .....   | 20        |
| 3.1.3.1 Čvrsta biogoriva prema HRN EN-u .....                                | 22        |
| 3.1.3.2 Ogrjevno drvo prema HRN EN .....                                     | 26        |
| 3.2 Tehnološki procesi dobivanja ogrjevnog drva .....                        | 27        |
| 3.2.1 Načini pridobivanja šumskih drvnih sortimenata .....                   | 27        |
| 3.2.1.1 Sortimentna (klasična) metoda .....                                  | 27        |
| 3.2.1.2 Poludeblovna metoda .....  | 30        |
| 3.2.1.3 Deblovna metoda .....  | 30        |
| 3.2.2 Proizvodni proces ogrjevnog drva .....                                 | 31        |
| 3.2.2.1 Primjer 1. Izrada na stovarištu .....                                | 31        |
| 3.2.2.2 Primjer 2. Izrada u specijaliziranom pogonu .....                    | 32        |
| 3.3 Činitelji uspješnosti izrade ogrjevnog drva .....                        | 35        |
| <b>4 Objekti i metode istraživanja</b> .....                                 | <b>37</b> |
| 4.1 Osnovne karakteristike običnog graba ( <i>Carpinus betulus</i> L.) ..... | 37        |
| 4.2 Izrada uzoraka ogrjevnog drva za mjerenje .....                          | 40        |
| 4.3 Mjerenje mase, dimenzija i vlage uzoraka .....                           | 43        |
| 4.3.1 Masa ogrjevnog drva .....  | 44        |
| 4.3.2 Volumen ogrjevnog drva .....   | 45        |
| 4.3.3 Vlaga ogrjevnog drva .....   | 46        |
| 4.3.4 Gustoća ogrjevnog drva .....   | 47        |
| 4.4 Statistička obrada podataka .....  | 48        |
| <b>5 Rezultati istraživanja</b> .....  | <b>49</b> |
| 5.1 Masa ogrjevnog drva .....  | 49        |
| 5.2 Volumen ogrjevnog drva .....   | 51        |
| 5.3 Gustoća ogrjevnog drva .....   | 52        |
| 5.4 Vlaga ogrjevnog drva .....   | 53        |
| <b>6 Rasprava</b> .....  | <b>54</b> |
| 6.1 Masa ogrjevnog drva .....  | 54        |
| 6.2 Volumen ogrjevnog drva .....   | 54        |
| 6.3 Vlaga ogrjevnog drva .....   | 55        |
| 6.4 Gustoća ogrjevnog drva .....   | 55        |
| <b>7 Zaključak</b> .....   | <b>56</b> |
| <b>Literatura</b> .....  | <b>57</b> |
| <b>Zabilješke</b> .....  | <b>58</b> |
| <b>Životopis</b> .....   | <b>59</b> |



# 1 Uvod

Jedna od osnovnih stvari koja je čovjeka uzdigla na vrh prehrambenog lanca, je otkriće vatre. Ona, ne samo da mu je pružala izvor topline, nego mu je omogućila i otkrivanje drugih materijala, te njihovo korištenje za svoj prosperitet. Za stvaranje vatre, te kroz nju, topline i energije čovjek je u početku isključivo koristio drvo.

Naravno, prolaskom vremena, ali novim spoznajama, otkrićima i primjenom novijih tehnologija, primjena drva raste, i širi se u sve grane ljudskog djelovanja i života. Pri tome njena prva funkcija, dobivanja topline i energije, ostaje nepromjenjena. Ono što se promijenilo jesu vrste i klase drva koje se za taj proces koriste.

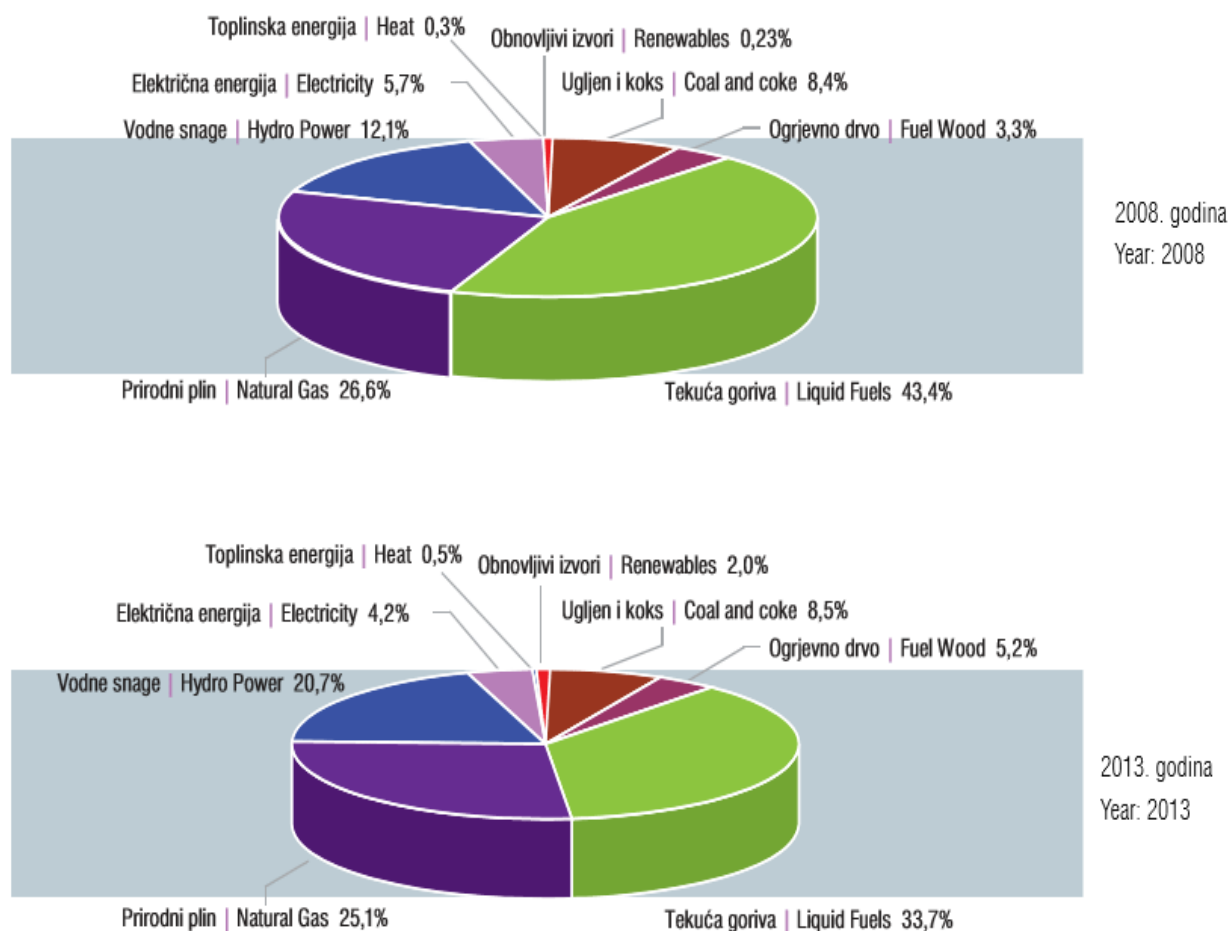
Treba reći i da svojim napretkom čovjek počinje koristiti i druge izvore energije, kao što su ugljen i nafta, zbog kojih se uloga drva kao energenta smanjuje, te se ono koristi uglavnom za grijanje. Upravo ti drugi izvori energije, iako su omogućili jeftiniju i pristupačniju energiju, su uzrokovali i jednu od najvećih kriza i prepreka, u obliku globalnog zatopljenja, koje danas čovjek mora prebroditi. Kao moguća rješenja, najviše se gleda u obnovljive vrste energije, u obliku energije sunca i vjetra, ali i drva (Slika 1.) , kao CO<sub>2</sub> neutralnog materijala.



**Slika 1.** Drvo kao CO<sub>2</sub> neutralan, i obnovljivi izvor energije  
**Izvor:** <https://solidariosnatureza.wordpress.com/2011/06/01/energia-da-biomassa/>

Drvo kao obnovljivi izvor energije se može gledati u svom osnovnom obliku krute drvene tvari, ali i u obliku drvene biomase, i biogoriva.

Kada govorimo o Republici Hrvatskoj iz slike 2. se jasno mogu vidjeti pojedini udjeli raznih vrsta energije u ukupnoj potrošnji za period 2008. i 2013. godine.

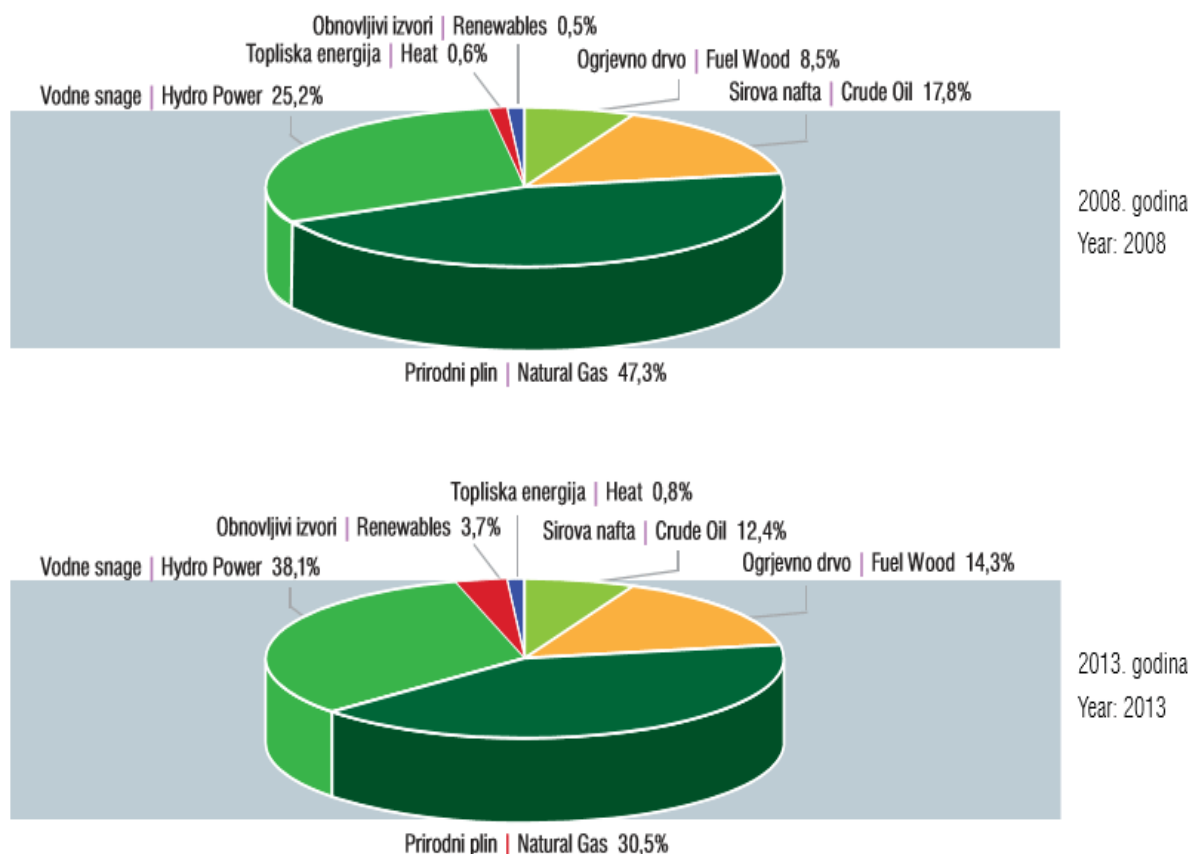


**Slika 2.** Udio pojedine vrste energije u ukupnoj potrošnji za 2008. i 2013. god. u RH  
**Izvor:** <https://www.enu.hr/ee-u-hrvatskoj/20-20-20-i-dalje/rezultati/energija-hr/>

Iz Slike 2. je vidljivo da u Republici Hrvatskoj, kao primarni izvor energije prednjače tekuća goriva, prirodni plin i vodena snaga, ali je zanimljivo vidjeti i ogrjevno drvo, koje nas ovdje posebno zanima, koje bilježi rast sa 3,3% 2008. godine na 5,2% 2013 godine. Dakle možemo zaključiti da tendencija rasta potrošnje ogrjevnog drva postoji te se nadamo nastavku takvoga trenda.

Stvar postaje još zanimljivija kada pogledamo udjele proizvodnje primarne energije (Slika 3.). Iz te slike je vidljivo da najveći trend rasta uz obnovljive izvore energije, koji su porasli sa 0,5% 2008 god. na 3,7% 2013. godine, ima upravo ogrjevno drvo, i to sa 8,5% 2008. godine na čak 14,3% 2013. godine, što predstavlja

rast od čak 40,56%. Osim ogrjevnog drva i obnovljivih izvora, samo još vodena snaga kao izvor energije bilježi rast, dok su ostali oblici, kao npr. prirodni plin, u padu, ili nisu znatno promijenili svoj udio.

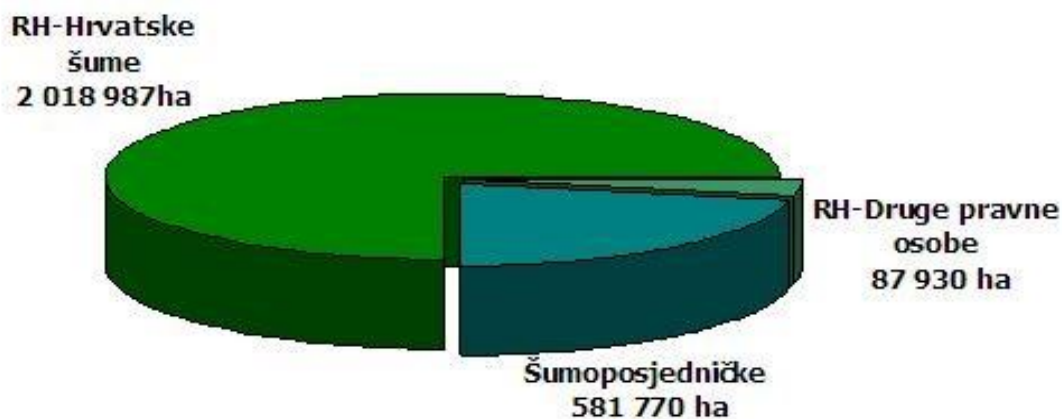


**Slika 3.** Udjeli u proizvodnji primarne energije za 2008. i 2013. god. u RH  
**Izvor:** <https://www.enu.hr/ee-u-hrvatskoj/20-20-20-i-dalje/rezultati/energija-hr/>

Iz navedenog možemo zaključiti da ogrjevno drvo ima budućnost, posebno ako se pogleda šumska pokrivenost i zalihe sirovine Republike Hrvatske.

Republika Hrvatska trenutno raspolaže s 398 milijuna m<sup>3</sup> drvene zalihe, od čega Hrvatske šume gospodare s 302 milijuna m<sup>3</sup> a 78 milijuna m<sup>3</sup> je u privatnom posjedu. Preostalih 17 milijuna m<sup>3</sup> predstavljaju državne šume koje koriste drugi pravni subjekti (Slika 4.).

### Šume prema vlasništvu



**Slika 4.** Udjeli šuma prema vlasništvu u RH

**Izvor:** <http://portal.hrsume.hr/index.php/hr/ume/opcenito/sumeuhrv>

Prema ovim podatcima može se zaključiti da Republika Hrvatska raspolaže s ogromnom količinom sirovine, što ju smještava u sam europski vrh.

Kada pogledamo drvenu zališu prema vrstama drva koja je prikazana u tablici 1., vidimo da u RH od ukupne drvene zalihe na listače spada oko 87%, dok je četinjača oko 13%.

Od listača su najzastupljeniji bukovina s 36%, hrast lužnjak s 12,2%, hrast kitnjak s 9,7%, i što nas posebno zanima obični grab s 9,1%. Od četinjača najzastupljenija je jela s 7,9%, i smreka s 2,1%

Tablica 1. Drvna zaliha prema vrstama drva u Republici Hrvatskoj

| Vrsta drva   | Drvna zaliha<br>Quantity of wooden rawmaterial |              |                     |              |                    |              |                    |              |
|--|--|--------------|---------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
|  | HŠ d.o.o. /                                    |              | Ostale državne šume |              | Privatne šume      |              | Ukupno             |              |
|  | 000 m <sup>3</sup>                             | %            | 000 m <sup>3</sup>  | %            | 000 m <sup>3</sup> | %            | 000 m <sup>3</sup> | %            |
| 1  | 2  | 3            | 4                   | 5            | 6                  | 7            | 8                  | 9            |
| Hrast lužnjak ( <i>Quercus rubur</i> L.)                         | 45 034   | 14,9         | 238                 | 1,4          | 3 368              | 4,3          | 48 640             | 12,2         |
| Hrast kitnjak ( <i>Quercus petraea</i> L.)                       | 28 728   | 9,5          | 109                 | 0,6          | 9 573              | 12,2         | 38 410             | 9,7          |
| Cer ( <i>Quercus cerris</i> L.)                                  | 3 414  | 1,1          | 0                   | 0,0          | 2 768              | 3,5          | 6 182              | 1,6          |
| Medunac ( <i>Quercus pubescens</i> Willd.)                       | 1 502  | 0,5          | 5                   | 0,0          | 2 829              | 3,6          | 4,336              | 1,1          |
| Crnika ( <i>Quercus ilex</i> L.)                                 | 517  | 0,2          | 25                  | 0,1          | 4,404              | 5,6          | 4,946              | 1,2          |
| Bukva ( <i>Fagus sylvatica</i> L.)                               | 113 191  | 37,4         | 11 238              | 65,2         | 18 916             | 24,2         | 143 345            | 36,0         |
| Poljski jasen ( <i>Fraxinus angustifolia</i> L.)                 | 11 793   | 3,9          | 75                  | 0,4          | 894                | 1,1          | 12 762             | 3,2          |
| Obični jasen ( <i>Fraxinus excelsior</i> L.)                     | 118  | 0,0          | 7                   | 0,0          | 80                 | 0,1          | 206                | 0,1          |
| Crni jasen ( <i>Fraxinus ornus</i> L.)                           | 37   | 0,0          | 0                   | 0,0          | 93                 | 0,1          | 130                | 0,0          |
| Američki jasen ( <i>Fraxinus americana</i> L.)                   | 228  | 0,1          | 0                   | 0,0          | 35                 | 0,0          | 263                | 0,1          |
| <b>Obični grab (<i>Carpinus betulus</i> L.)</b>                  | <b>23 242</b>                                  | <b>7,7</b>   | <b>76</b>           | <b>0,4</b>   | <b>13 022</b>      | <b>16,6</b>  | <b>36 340</b>      | <b>9,1</b>   |
| Crni grab ( <i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.)                    | 510  | 0,2          | 51                  | 0,3          | 548                | 0,7          | 1 109              | 0,3          |
| Bijeli grab ( <i>Carpinus orientalis</i> Mill.)                  | 80   | 0,0          | 0                   | 0,0          | 61                 | 0,1          | 141                | 0,0          |
| Gorski javor ( <i>Acer pseudoplatanus</i> L.)                    | 1 361  | 0,5          | 162                 | 0,9          | 718                | 0,9          | 2 242              | 0,6          |
| Klen ( <i>Acer campestre</i> L.)                                 | 647  | 0,2          | 0                   | 0,0          | 627                | 0,8          | 1 274              | 0,3          |
| Nizinski brijest ( <i>Ulmus carpinifolia</i> Gled.)              | 369  | 0,1          | 0                   | 0,0          | 94                 | 0,1          | 463                | 0,1          |
| Bagrem ( <i>Robinia pseudoagacia</i> L.)                         | 1 418  | 0,5          | 8                   | 0,0          | 6 572              | 8,4          | 7 998              | 2,0          |
| Crni orah ( <i>Juglans nigra</i> L.)                             | 284  | 0,1          | 0                   | 0,0          | 12                 | 0,0          | 296                | 0,1          |
| Pitomi kesten ( <i>Castanea sativa</i> Mill.)                    | 2 175  | 0,7          | 1                   | 0,0          | 1 536              | 2,0          | 3 713              | 0,9          |
| Divlja trešnja ( <i>Prunus avium</i> L.)                         | 381  | 0,1          | 0                   | 0,0          | 680                | 0,9          | 1 062              | 0,3          |
| Ostale voćkarice / Other fruit trees wood species                | 195  | 0,1          | 0                   | 0,0          | 54                 | 0,1          | 249                | 0,1          |
| Ostale tvrde listače / Other hardwood broadleaved wood species   | 10 263   | 3,4          | 266                 | 1,5          | 741                | 0,9          | 11 270             | 2,8          |
| Malolisna lipa ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)                     | 2 298  | 0,8          | 0                   | 0,0          | 970                | 1,2          | 3 269              | 0,8          |
| Crna joha ( <i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.)                      | 3 948  | 1,3          | 14                  | 0,1          | 3 864              | 4,9          | 7 826              | 2,0          |
| Obična breza ( <i>Betula pendula</i> Roth.)                      | 189  | 0,1          | 0                   | 0,0          | 415                | 0,5          | 604                | 0,2          |
| Obična vrba ( <i>Salix alba</i> L.)                              | 2 374  | 0,8          | 66                  | 0,4          | 673                | 0,9          | 3 113              | 0,8          |
| Domaće topole ( <i>Populus alba</i> L.; <i>Populus nigra</i> L.) | 1 358  | 0,4          | 62                  | 0,4          | 1 799              | 2,3          | 3 219              | 0,8          |
| Euroamerička topola ( <i>Populus euroamericana</i> Dode.)        | 2 157  | 0,7          | 45                  | 0,3          | 162                | 0,2          | 2 363              | 0,6          |
| Ostale meke listače / Other softwood broadleaved wood species    | 1 199  | 0,4          | 11                  | 0,1          | 208                | 0,3          | 1 418              | 0,4          |
| Jela ( <i>Abies alba</i> Mill.)                                  | 27 840   | 9,2          | 2 942               | 17,1         | 624                | 0,8          | 31 406             | 7,9          |
| Smreka ( <i>Picea abies</i> Karst.)                              | 6 622  | 2,2          | 1 325               | 7,7          | 602                | 0,8          | 8,549              | 2,1          |
| Bijeli (obični) bor ( <i>Pinus sylvestris</i> L.)                | 1 461  | 0,5          | 72                  | 0,4          | 307                | 0,4          | 1 840              | 0,5          |
| Crni bor ( <i>Pinus nigra</i> Arnold.)                           | 3 330  | 1,1          | 191                 | 1,1          | 369                | 0,5          | 3 890              | 1,0          |
| Alpski bor ( <i>Pinus halepensis</i> Mill.)                      | 1 892  | 0,6          | 193                 | 1,1          | 542                | 0,7          | 2 627              | 0,7          |
| Primorski bor ( <i>Pinus pinaster</i> Aiton.)                    | 46   | 0,0          | 0                   | 0,0          | 0                  | 0,0          | 46                 | 0,0          |
| Pinj ( <i>Pinus pinea</i> L.)                                    | 38   | 0,0          | 0                   | 0,0          | 0                  | 0,0          | 38                 | 0,0          |
| Borovac ( <i>Pinus strobus</i> L.)                               | 921  | 0,3          | 0                   | 0,0          | 95                 | 0,1          | 1 016              | 0,3          |
| Europski ariš ( <i>Larix europea</i> Lam.)                       | 512  | 0,2          | 2                   | 0,0          | 7                  | 0,0          | 520                | 0,1          |
| Duglazija ( <i>Pseudotsuga taxifolia</i> Britt.)                 | 117  | 0,0          | 0                   | 0,0          | 0                  | 0,0          | 117                | 0,0          |
| Ostale četinjače / Other coniferous                              | 542  | 0,2          | 58                  | 0,3          | 0                  | 0,0          | 582                | 0,1          |
| Ostale vrste / Other wood species                                | 106  | 0,0          | 2                   | 0,0          | 35                 | 0,0          | 143                | 0,0          |
| <b>Ukupno / Total</b>  | <b>302 417</b>                                 | <b>100,0</b> | <b>17 245</b>       | <b>100,0</b> | <b>78 301</b>      | <b>100,0</b> | <b>397 963</b>     | <b>100,0</b> |
| Udio / Percentage in total wooden rawmaterial, %                 | 76,0   |              | 4,3                 |              | 19,7               |              | 100,0              |              |

Izvor: Šumsko gospodarska osnova područja 2006-2015.

## 2 Cilj istraživanja

Cilj ovog diplomskog rada jeste prikazati promjene koje dolaze kod prirodnog sušenja kratkih cjepanica ogrjevnog drva običnog graba (*Carpinus betulus* L.). Parametri kroz koje ćemo promatrati te promjene su masa, sadržaj vode, volumen i gustoća drva.

Budući da ovi parametri izravno utječu na kalorijsku vrijednost drva, kao i na cijenu i transport, cilj ovog rada je i dobivanje podataka prema kojima možemo i u buduće predviđati ponašanje drva, kako bi sukladno tome mogli reagirati, pa i usavršavati sam proces dobivanja ogrjevnog drva.

## 3 Dosadašnja istraživanja

Kao što se već vidi iz uvoda, čovjekova potreba za drvom kao izvorom energije, topline, materijalom za izradu namještaja, infrastrukture, kao što su mostovi i kuće, nije se promjenila do danas. S povećanjem broja stanovnika Zemlje raste i količina drva koje se upotrebljava. Takvo iskorištavanje šuma, izaziva raznorazne promjene u ekosistemu, te ugrožava i čovjekov izvor kisika, a time i njegov opstanak. Zbog toga kako u svijetu, tako i u Republici Hrvatskoj dolazi do pojave normi i standarda, kako bi se osigurala samoobnovljivost šuma, a samim time i drva kao sirovine.

### 3.1 Normativi i tehnički parametri za drvo

Cilj normiranja je razvrstavanje i klasifikacija heterogene drvne mase stabala na odgovarajući broj sortimenata sličnih karakteristika. Funkcija normiranja je planiranje i kontrola sječe, izrade i prometa drvnim proizvodima, određivanje dugoročnih ciljeva biološke proizvodnje drveta, kontroliranje cijene i količine sirovine

#### 3.1.1 Tehnički parametri pretvorbe

U tablicama 2 i 3 prikazani su koeficijenti pretvorbe za određene drvne sortimente.

**Tablica 2.** Koeficijent pretvorbe drvnog sortimenta

|                    |   |
|--------------------|---|
| Tehnička cjepanica | 1prm, m <sup>3</sup> = 0,70 m <sup>3</sup> – 1,43 |
| Tehnička oblica    | 1prm, m <sup>3</sup> = 0,50 m <sup>3</sup> – 2,00 |
| Celulozno drvo     | 1prm, m <sup>3</sup> = 0,40 m <sup>3</sup> – 2,50 |
| Pilanski otpad     | 1prm, m <sup>3</sup> = 0,45 m <sup>3</sup> – 2,22 |
| Šumski otpad       | 1prm, m <sup>3</sup> = 0,55 m <sup>3</sup> – 1,82 |
| Panjevina          | 1prm, m <sup>3</sup> = 0,37 m <sup>3</sup> – 2,70 |
| Sječenica          | 1prm, m <sup>3</sup> = 0,65 m <sup>3</sup> – 1,54 |
| Sječka             | 1prm, m <sup>3</sup> = 0,70 m <sup>3</sup> – 1,43 |
| Drvo za ogrjev     | 1prm, m <sup>3</sup> = 0,50 m <sup>3</sup> – 2,00 |

**Tablica 3.** Koeficijent pretvorbe drva za ogrjev

|               |   |
|---------------|---|
| Tvrde listače | $1\text{prm} = 700\text{kg} - 1\text{m}^3 = 1000\text{kg}$                  |
| Meke listače  | $1\text{prm} = 600\text{kg} - 1\text{m}^3 = (870\text{kg}) = 850\text{ kg}$ |
| Četinjače     | $1\text{prm} = 550\text{kg} - 1\text{m}^3 = 800\text{kg}$                   |

### 3.1.2 Normativi prema HRN-u

Republika Hrvatska je kroz svoju povijest usvajala razne norme. Prve norme dolaze 1950. god., dok je Republika Hrvatska bila još uvijek sastavni dio Jugoslavije. Domovinskim ratom i osiguranjem samostalnosti i suverenosti Republike Hrvatske dolazi do preimenovanja normi 1991. god. kada je donesen Zakon o preuzimanju Saveznog zakona o standardizaciji (N.N. br. 53/91), preimenujući standarde u norme uz jezičnu korekciju.

Norme koje su donesene 1950. god., a zatim i preimenovane 1991. god. su:

1. Dijelovi stabla, građa i značajke drva (nazivlje i definicije) (JUS D.B.020 1969).
2. Greške drva (nazivlje, definicije i mjerenje (HRN D.AO.101 (JUS 1969)).
3. Razvrstavanje i mjerenje obloga drva (HRN D.B0.022 1984).
4. Trupci za furnir, listopadno drvo (HRN D.B4.020 1979).
5. Trupci za ljuštenje, listopadno drvo (HRN D.B4.022 1979).
6. Trupci za rezanje, listopadno drvo (HRN D.B4.028 1979).
7. Crnogorični trupci za rezanje, listopadno drvo (HRN D.B4.029 1979).
8. Trupci za furnir, hrast (HRN D.B4.031 1979).
9. Crnogorični trupci za furnir (HRN D.B4.021 1979).
10. Crnogorični trupci za ljuštenje (HRN D.B4.023 1979).
11. Trupci za pragove (HRN D.B4.026 1979).
12. Trupci za kombiniranu namjenu (HRN D.B4.027 1979).
13. Trupci za furnir oraha (D.B4.030 1959).
14. Rudničko drvo (HRN D.B1.023 1980).
15. Piloti (HRN D.B1.021 1982).
16. Stupovi za vodove (HRN D.B2.020 1982).
17. Oblo i cijepano drvo (Kolarska drvo) (HRN D.B3.021 1955).
18. Rezonantno drvo (HRN D.B3.023 1964).
19. Oblo tehničko drvo (D.B3.020 1964) - Sitno tehničko drvo.



20. Drvo za ogrjev (HRN D.B5.023 1979).

21. Drvo za drvene ploče (HRN D.B5.024 1979).

22. Drvo za izradu celuloze i drvenjače (HRN D.B5.020 1979).

### 3.1.2.1 Ogrjevno drvo prema HRN-u

Što se tiče drva za ogrjev, koje nas ovdje posebno zanima, JUS D. B5.023 – Drvo za ogrjev donesen je prvi put 1955. god. te je naknadno dopunjavan 1979 i 1984 godine. Kao Hrvatska norma za ogrjev preuzet je JUS iz 1979. god. pod nazivom HRN. D5.023 – 1979 – Drvo za ogrjev.

Prema tim normama drvo za ogrjev je definirano kao ono drvo koje se upotrebljava za proizvodnju topline, odnosno koje nije tehnički upotrebljivo. Izrađuje se od svih vrsta drva, te sječe u zimskoj i ljetnoj sječi.

#### Djeli se prema:

- *vrsti drva,*
- *vtupnju suhoće,*
- *obliku,*
- *kvaliteti.*

#### Prema vrsti drva, drvo za ogrjev se djeli na:

- *Ogrjevno drvo tvrdih listača* (bukovina, grabovina, cerovina, bagremovina, jasenovina, brijestovina, hrastovina, javorovina i drvo vočkarica),
- *Ogrjevno drvo mekih listača* (brezovina, lipovina, johovina, topolovina, vrbovina),
- *Ogrjevno drvo četinjača* (borovina, smrekovina, jelovina).

#### Prema stupnju suhoće, drvo za ogrjev se djeli na:

- Suho drvo za ogrjev – je ono, koje je izrađeno u zimskoj sječi bar 6. mjeseci prije isporuke, a u ljetnoj sječi bar 4 mjeseca prije isporuke,
- Sirvo drvo za ogrjev – je ono, koje je odležalo najmanje 1 mjesec prije isporuke.

Prema obliku razlikuju se:

- *Cjepanice*: komadi drveta dužine 1 m dobijeni cijepanjem oblog drva, promjera najmanje 15 cm, koji su sa oba kraja prerezani pilom. Tetiva luka ili stranice cjepanice mora iznositi 10 – 25 cm,
- *Oblice*: komadi dobijeni od oblog drva rezanjem pilom. Oblice su dužine 1 m, promjera 7 – 25 cm. Dozvoljeno odstupanje od dužine je  $\pm 5$  cm,
- *Sječenice*: komadi od oblog drva dobijeni rezanjem pilom ili sjekirom, promjera 3 – 7 cm i dužine 0,90 – 1,20 m,
- *Gule*: kvrgavi, cijepani ili teško cijepani komadi drva debljine 25 – 40 cm i dužine 0,50 – 1,20 m,
- *Panjevina*: komadi drva dobiveni razbijanjem i cijepanjem iskrčenih panjeva stabala debljine 15 – 40 cm,
- *Otpaci*: komadi drva koji otpadaju pri sječi, cijepanju, tesanju, rezanju i koranju drva u šumi ili kod prerade drva u pilanama. Debljina im je od 0,50 – 18 cm, širina od 2 – 30 cm i dužina od 15 – 120 cm.

Prema kvaliteti, drvo za ogrjev se djeli na:

- *Drvo I. klase*: u ovo drvo spadaju cjepanice i oblice. Dozvoljene su sljedeće greške:
  1. kvрге svih vrsta i veličina,
  2. natruli komadi do 10% od isporučene količine,
  3. prozukli komadi do 30% od isporučene količine,
  4. zakrivljenost visine luka do 15 cm,
  5. usukanost neograničena.
- *Drvo II. klase*: u ovo spadaju sve cjepanice i oblice koje se iz bilo kojih razloga ne mogu svrstati u I. klasu. Ovdje spadaju i gule dužine 0,50 – 1,20 m debljine 25 – 40 cm. Dozvoljene su sljedeće greške:
  1. kvрге svih vrsta i veličina,
  2. iskrivljenost i usukanost neograničena,
  3. komadi sječeni s jednog ili oba kraja,
  4. natruli komadi do 20% od isporučene količine,
  5. prozukli komadi do 50% od isporučene količine,
  6. komadi u obliku kratica koje zajedno čine dužine i do 10% od isporučene količine.

- *Sječnice*: ovo drvo mora biti zdravo, a dozvoljavaju se sljedeće greške:
  1. *kvrge svih vrsta i veličina*,
  2. *prozukli i natruli komadi do 30% od isporučene količine*.

### 3.1.3 Normativi prema HRN EN-u

Ulaskom Republike Hrvatske u Europsku Uniju, 2013. godine, ona kao punopravna članica, preuzima i pravnu stečevinu Europske unije, što se odnosi i na norme za drvene sortimente. Normativi se preimenuju iz HRN u HRN EN. Prilagodбом novim normama Republici Hrvatskoj se otvorilo novo jedinstveno tržište europske unije od 500 milijuna stanovnika. Prema EU normama propisane su HRN EN norme za drvo, a to su:

1. HRN EN 844-1:1999 Oblo i piljeno drvo - Nazivlje - 1. dio: Opći nazivi zajednički za oblo i piljeno drvo (EN 844-1:1995). Round and sawn timber - Terminology - Part 1: General terms common to round timber and sawn timber (EN 844-1:1995).
2. HRN EN 844-2:1999 Oblo i piljeno drvo - Nazivlje - 2. dio: Opći nazivi povezani s oblim drvom (EN 844-2:1997). Round and sawn timber - Terminology - Part 2: General terms relating to round timber (EN 844-2:1997).
3. General terms relating to round timber (EN 844-2:1997).
4. HRN EN 844-5:1999 Oblo i piljeno drvo - Nazivlje - 5. dio: Nazivi povezani s dimenzijama obloga drva (EN 844-5:1997). Round and sawn timber - Terminology - Part 5: Terms relating to dimensions of round timber (EN 8445:1997).
5. HRN EN 844-7:1999 Oblo i piljeno drvo - Nazivlje - 7. dio: Nazivi povezani s anatomskom strukturom drva (EN 844-7:1997). Round and sawn timber - Terminology - Part 7: Terms relating to anatomical structure of timber (EN 8447:1997).
6. HRN EN 844-8:1999 Oblo i piljeno drvo - Nazivlje - 8. dio: Nazivi povezani sa značajkama obloga drva (EN 844-8:1997). Round and sawn timber – Terminology - Part 8: Terms relating to features of round timber (EN 844-8:1997).
7. HRN EN 844-10:1999 Oblo i piljeno drvo - Nazivlje - 10. dio: Nazivi povezani s promjenom boje i napadom gljiva (EN 844-10:1998). Round and sawn timber - Terminology - Part 10: Terms relating to stain and fungal attack (EN 84410:1998).

8. HRN EN 844-11:1999 Oblo i piljeno drvo - Nazivlje - 11. dio: Nazivi povezani s oštećenjem drva od insekata (EN 844-11:1998). Round and sawn timber - Terminology - Part 11: Terms relating to degrade by insects (EN 844-11:1998).
9. HRN EN 844-12:2001 Oblo i piljeno drvo - Nazivlje - 12. dio: Dodatni nazivi i kazalo (EN 844-12:2000). Round and sawn timber - Terminology - Part 12: Additional terms and general index (EN 844-12:2000).
10. HRN EN 1309-2:2006. Oblo i piljeno drvo - Metoda mjerenja dimenzija - 2. dio: Round and sawn timber - Method of measurement of dimensions - Part 2: Round timber - Requirements for measurement and volume calculation rules (EN 13092:2006).
11. HRN EN 1310:1999 Oblo i piljeno drvo - Metoda mjerenja svojstava (EN 1310:1997). Round and sawn timber - Method of measurement of features (EN 1310:1997).
12. HRN EN 1311:1999 Oblo i piljeno drvo - Metoda mjerenja bioloških oštećenja (EN 1311:1997). Round and sawn timber - Method of measurement of biological degrade (EN 1311:1997).
13. HRN EN 1315:2010 Razredba dimenzija oblog drva (EN 1315:2010). Dimensional classification of round timber (EN 1315:2010).
14. Fpr EN 1316-1:2012 Oblo drvo listača - Razvrstavanje po kakvoći - 1.dio: Hrast i bukva (EN 1316-1:1997). Hardwood round timber - Qualitative classification – Part 1: Oak and beech (EN 1316-1:1997).
15. HRN EN 1316-2:1999 Oblo drvo listača - Razvrstavanje po kakvoći - 2. dio: Topola (EN 1316-2:1997). Hardwood round timber - Qualitative classification - Part 2: Poplar (EN 1316-2:1997).
16. HRN EN 1316-3:1999 Oblo drvo listača - Razvrstavanje po kakvoći - 3. dio: Jasen i javori (EN 1316-3:1997). Hardwood round timber - Qualitative classification – Part 3: Ash and maples and sycamore (EN 1316-3:1997).
17. HRN EN 1438:1999 Simboli za drvo i drvne proizvode (EN 1438:1998). Symbols for timber and wood-based products (EN 1438:1998).
18. HRN EN 1927-1:2008 Razvrstavanje po kakvoći oblog drva četinjača - 1. dio: Smreke i jele (EN 1927-1:2008). Qualitative classification of softwood round timber - Part 1: Spruces and firs (ENV 1927-1:1998).

22. HRN EN 1927-2:2008 Razvrstavanje po kakvoći oblog drva četinjača - 2. dio: Borovi (EN 1927-2:1998). Qualitative classification of softwood round timber - Part 2: Pines (EN 1927-2:1998).
23. HRN EN 1927-2:2008/Ispr.:2009 Razvrstavanje po kakvoći oblog drva četinjača - 2. dio: Borovi (EN 1927-2:1998). Qualitative classification of softwood round timber - Part 2: Pines (EN 1927-2:1998).
24. HRN ENV 1927-3:2008 Razvrstavanje po kakvoći oblog drva četinjača - 3. dio: Ariši i duglazije (ENV 1927-3:1998). Qualitative classification of softwood round timber - Part 3: Larches and douglas firs (ENV 1927-3:1998).
25. HRN EN 13145:2003 Oprema za željeznice - Željeznički gornji ustroj - Drveni pragovi i nosači (EN 13145:2001). Railway applications - Track - Wood sleepers and bearers (EN 13145:2001).
26. HRN EN 12479:2006 Drveni stupovi za nadzemne vodove - Dimenzije - Metode mjerenja i dopuštena odstupanja (EN 12479:2001). Wood poles for overhead lines - Sizes - Methods of measurement and permissible deviations (EN 12479:2001).
27. EN 14229:2010 Structural timber - Wood poles for overhead lines. Konstrukcijsko drvo - Drveni stupovi za nadzemne vodove.

### 3.1.3.1 Čvrsta biogoriva prema HRN EN-u

1. HRN EN 14588:2010 Čvrsta biogoriva - Nazivlje, definicije i opisi. Solid biofuels - Terminology, definitions and descriptions (EN 14588:2010).
2. HRN EN 14774-1:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje sadržaja vlage - Metoda sušionika - 1. dio: Ukupna vlaga - Referentna metoda. Solid biofuels - Determination of moisture content - Oven dry method - Part 1: Total moisture - Reference method (EN 14774-1:2009).
3. HRN EN 14774-2:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje sadržaja vlage - Metoda sušionika - 2. dio: Ukupna vlaga - Pojednostavljena metoda. Solid biofuels - Determination of moisture content - Oven dry method - Part 2: Total moisture - Simplified method (EN 14774-2:2009).
4. HRN EN 14774-3:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje sadržaja vlage - Metoda sušionika - 3. dio: Vlaga u generalnoj analizi uzorka. Solid biofuels -

- Determination of moisture content - Oven dry method - Part 3: Moisture in general analysis sample (EN 14774-3:2009)
5. HRN EN 14775:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanja udjela pepela. Solid biofuels - Determination of ash content (EN 14775:2009).
  6. HRN EN 14778:2011 Čvrsta biogoriva - Uzorkovanje. Solid biofuels - Sampling (EN 14778:2011).
  7. HRN EN 14780:2011 Čvrsta biogoriva - Priprema uzoraka. Solid biofuels - Sample preparation (EN 14780:2011).
  8. HRN EN 14918:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje toplotne vrijednosti. Solid biofuels - Determination of calorific value (EN 14918:2009).
  9. HRN EN 14961-1:2010 Čvrsta biogoriva - Specifikacije goriva i razredi - 1. dio: Opći zahtjevi. Solid biofuels - Fuel specifications and classes - Part 1: General requirements (EN 14961-1:2010).
  10. HRN EN 14961-2:2011 Čvrsta biogoriva - Specifikacije goriva i razredi - 2. dio: Drvni peleti za ne-industrijsku uporabu. Solid biofuels - Fuel specifications and classes - Part 2: Wood pellets for non-industrial use (EN 14961-2:2011).
  11. HRN EN 14961-3:2011 Čvrsta biogoriva - Specifikacije goriva i razredi - 3. dio: Drvni briketi za ne-industrijsku uporabu. Solid biofuels - Fuel specifications and classes - Part 3: Wood briquettes for non-industrial use (EN 14961-3:2011).
  12. HRN EN 14961-4:2011 Čvrsta biogoriva - Specifikacije goriva i razredi - 4. dio: Drvna sječka za ne-industrijsku uporabu. Solid biofuels - Fuel specifications and classes - Part 4: Wood chips for non-industrial use (EN 14961-4:2011).
  13. HRN EN 14961-5:2011 Čvrsta biogoriva - Specifikacije goriva i razredi - 5. dio: Ogrijevno drvo za ne-industrijsku uporabu. Solid biofuels - Fuel specifications and classes - Part 5: Firewood for non-industrial use (EN 14961-5:2011).
  14. HRN EN 14961-6:2012 Čvrsta biogoriva - Specifikacije goriva i razredi - 6. dio: Nedrvni peleti za neindustrijsku uporabu. (EN 14961-6:2012) Solid biofuels - Fuel specifications and classes - Part 6: Non-woody pellets for non-industrial use (EN 14961-6:2012).
  15. HRN EN 15103:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje nasipne gustoće. Solid biofuels - Determination of bulk density (EN 15103:2009).
  16. HRN EN 15104:2011 Čvrsta biogoriva - Određivanje ukupnog udjela ugljika, vodika i dušika - Instrumentne metode. Solid biofuels - Determination of total

- content of carbon, hydrogen and nitrogen - Instrumental methods (EN 15104:2011).
17. HRN EN 15105:2011 Čvrsta biogoriva - Solid biofuels - Određivanje udjela otopljenih klorida, natrija i kalija. Determination of the water soluble chloride, sodium and potassium content (EN 15105:2011).
18. HRN EN 15148:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje udjela hlapljive tvari. Solid biofuels - Determination of the content of volatile matter (EN 15148:2009).
19. HRN EN 15149-1:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje granulometrijskog sastava - 1. dio: Oscilacijsko prosijavanja upotrebom sita promjera 1 mm i više. Solid biofuels - Determination of particle size distribution - Part 1: Oscillating screen method using sieve apertures of 1 mm and above (EN 15149-1:2010).
20. HRN EN 15149-2:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje granulometrijskog sastava - 2. dio: Vibracijsko prosijavanja upotrebom sita promjera 3,15 mm i više. Solid biofuels - Determination of particle size distribution - Part 2: Vibrating screen method using sieve apertures of 3,15 mm and below (EN 15149-2:2010).
21. HRN EN 15150:2012 Čvrsta biogoriva - Određivanje gustoće čestica. Solid biofuels - Determination of particle density (EN 15150:2011).
22. HRN EN 15210-1:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje mehaničke izdržljivosti peleta i briketa - 1. dio: Peleti. Solid biofuels - Determination of mechanical durability of pellets and briquettes - Part 1: Pellets (EN 15210-1:2009).
23. HRN EN 15210-2:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje mehaničke izdržljivosti peleta i briketa - 2. dio: Briketi. Solid biofuels - Determination of mechanical durability of pellets and briquettes - Part 2: Briquettes (EN 15210-2:2010).
24. HRN EN 15234-1:2011 Čvrsta biogoriva - Jamstvo kvalitete goriva - 1. dio: Opći zahtjevi. Solid biofuels - Fuel quality assurance - Part 1: General requirements (EN 15234-1:2011).
25. HRN EN 15234-2:2012 Čvrsta biogoriva - Jamstvo kvalitete goriva - 2. dio: Drvni peleti za neindustrijsku uporabu (EN 15234-2:2012). Solid biofuels -- Fuel quality assurance - Part 2: Wood pellets for non-industrial use (EN 15234- 2:2012).
26. HRN EN 15234-3:2012 Čvrsta biogoriva - Jamstvo kvalitete goriva - 3. dio: Drvni briketi za neindustrijsku uporabu (EN 15234-3:2012). Solid biofuels - Fuel quality assurance - Part 3: Wood briquettes for non-industrial use (EN 15234-3:2012).

27. HRN EN 15234-4:2012 Čvrsta biogoriva - Jamstvo kvalitete goriva - 4. dio: Drvna sječka za neindustrijsku uporabu (EN 15234-4:2012). Solid biofuels - Fuel quality assurance - Part 4: Wood chips for non-industrial use (EN 15234- 4:2012).
28. HRN EN 15234-5:2012 Čvrsta biogoriva - Jamstvo kvalitete goriva - 5. dio: Ogrjevno drvo za neindustrijsku uporabu (EN 15234-5:2012). Solid biofuels - Fuel quality assurance - Part 5: Firewood for non-industrial use (EN 15234- 5:2012).
29. HRN EN 15234-6:2012 Čvrsta biogoriva - Jamstvo kvalitete goriva - 6. dio: Nedrvni peleti za neindustrijsku uporabu (EN 15234-6:2012). Solid biofuels - Fuel quality assurance - Part 6: Non-woody pellets for non-industrial use (EN 152346:2012).
30. HRN EN 15289:2011 Čvrsta biogoriva - Određivanje ukupnog udjela sumpora i klora. Solid biofuels - Determination of total content of sulfur and chlorine (EN 15289:2011).
31. HRN EN 15290:2011 Čvrsta biogoriva - Određivanje glavnih elemenata - Al, Ca, Fe, Mg, P, K, Si, Na i Ti. Solid biofuels - Determination of major elements - Al, Ca, Fe, Mg, P, K, Si, Na and Ti (EN 15290:2011).
32. HRN EN 15296:2011 Čvrsta biogoriva - Pretvorba analitičkih rezultata iz jedne osnove u drugu. Solid biofuels - Conversion of analytical results from one basis to another (EN 15296:2011).
33. HRN EN 15297:2011 Čvrsta biogoriva - Određivanje elemenata u tragovima - As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, V i Zn. Solid biofuels - Determination of minor elements - As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, V and Zn (EN 15297:2011).
34. HRI CEN/TR 15569:2010 Čvrsta biogoriva - Vodič za sustav osiguranja kvalitete. Solid biofuels - A guide for a quality assurance system (CEN/TR 15569:2009).
35. HRN EN 16126:2012 Čvrsta biogoriva - Određivanje granulometrijskoga sastava raspadnutih peleta (EN 16126:2012). Solid biofuels - Determination of particle size distribution of disintegrated pellets (EN 16126:2012).
36. HRN EN 16127:2012 Čvrsta biogoriva - Određivanje duljine i promjera peleta (EN 16127:2012). Solid biofuels - Determination of length and diameter for pellets (EN 16127:2012).



### 3.1.3.2 Ogrjevno drvo prema HRN EN

Prema tim normama ogrjevno drvo je svrstano u kategoriju HRN EN 14588: 2010 „Čvrsta biogoriva“. Tehničke specifikacije za kruta biogoriva pripravljena su tijekom razdoblja od 2000. do 2006. godine. Ti su dokumenti unaprijeđeni u potpune norme, te objavljene u razdoblju od 2009. do 2012. godine. Tako da, unutar čvrstih biogoriva, nova oznaka za ogrjevno drvo je HRN EN 14961-5: 2011 „Ogrjevno drvo za ne-industrijsku uporabu“, te se može svrstati prema:

#### Dimenzijama cjepanice:

|        |  |
|--------|--|
| P200   | L < 200mm i D < 20mm – drvo za paljenje            |
| P200   | L = 200mm $\pm$ 20mm i 40mm $\leq$ D $\leq$ 150mm  |
| P250   | L = 250mm $\pm$ 20mm i 40mm $\leq$ D $\leq$ 150mm  |
| P330   | L = 330mm $\pm$ 20mm i 40mm $\leq$ D $\leq$ 160mm  |
| P500   | L = 500mm $\pm$ 40mm i 60mm $\leq$ D $\leq$ 250mm  |
| P1000  | L = 1000mm $\pm$ 50mm i 60mm $\leq$ D $\leq$ 350mm |
| P1000+ | L > 1000mm utvrditi stvarnu vrijednost i promjer   |

#### Vrsti drva:

Treba se utvrditi koristi li se bjelogorica, crnogorica ili mješovito drvo, energetska gustoća (kWh/m<sup>3</sup> rasuto ili slagano). Preporučuje se specificirati prilikom maloprodaje.

#### Sadržaju vlage, %:

- M20 = 20% - Cjepanica spremna za peč
- M30 = 30% - Dozrela u skladištu
- M40 = 40% - Dozrela u šumi
- M65 = 65% - Svježa nakon sječe u šumi

## 3.2 Tehnološki procesi dobivanja ogrjevnog drva

Tehnološki proces rada je pojam kojim precizno određujemo broj i vrstu radnih operacija, kao i njihov vremenski i prostorni raspored, radi što boljeg iskorištavanja, u ovom slučaju, šuma.

Pod iskorištavanjem šuma podrazumjeva se realizacija predviđenih mjera njege i obnove šume. Ciljevi te realizacije su sječa i izrada šumskih drvnih sortimenata uz sljedeća nastojanja:

- Minimalno oštećenje šumskog pomladka, budućih stabala, sastojine i zemljišta,
- Minimalni utrošak rada i sredstava pri sječi i izradi sortimenata, odnosno postizanje minimalnih jediničnih troškova sječe i izrade,
- Optimalno iskorištenje doznačene drvne mase.

Gore navedeni ciljevi se mogu realizirati pomoću određenih sistema iskorištenja šuma, kao što su: sortimentni (klasični), poludeblovni i deblovni način.

### 3.2.1 Načini pridobivanja šumskih drvnih sortimenata

#### 3.2.1.1 Sortimentna (klasična) metoda

Sortimentna metoda odlikuje se izradom sortimenata u šumi, te su vremenski i prostorno odvojene operacije sječe i izrade od operacije transporta. Veza procesa sječe i procesa transporta je vrlo slaba ili nepostoji, a primjenjuju se grupni sistemi rada.

Tehnološki proces kod sortimentnog načina sastoji se iz sljedećih procesa rada koje se opet mogu podjeliti na više radnih operacija:

- Sječa i izrada drvnih sortimenata – sastoji se od sljedećih operacija:
  - sječa stabla,
  - kresanje grana,
  - koranje drva,
  - krojenje stabla na drvne sortimente,

- izrada tehničke oblovine,
- izrada i slaganje prostornog drva,
- kontrola.
- Privlačenje tehničke oblovine i iznošenje prostornog drva,
- Utovar i prijevoz drvnih sortimenata.

## a) Sječa i izrada drvnih sortimenata

U procesu sječe i izrade sortimenata koriste se alati koji se mogu lako prenositi od mjesta do mjesta, a to su motorne pile, sjekire klinovi i sl.. Motorne pile se koriste za rušenje stabla, rezanje grana, krojenje, dok se ostale operacije rade sjekirama, klinovima, vučnim oruđem i priborom. U zadnje vrijeme možemo primjetiti i sve veću primjenu, strojeva visoke tehnologije, harvesterata.

Sječa stabla je složeni proces koji se sastoji od pripreme radnog mjesta, određivanja smjera rušenja, i rušenja stabla. Cilj sječe je dovođenje stabla u ležeći položaj.

Obaranje stabla se vrši prema pravilima za obaranje s ciljem omogućavanja njegova pada na unaprijed određenu stranu. Osnovni princip obaranja je da se vlakna koja su napregnuta na istezanje presjecaju zadnja.

Obrada stabla podrazumjeva kresanje grana. Kresanjem se omogućava izrada drvnih sortimenata, te olakšava transport sirovine. Vršiti se sjekirama i motornom pilom, uz samo deblo.

Izrada sortimenata se vrši radi što boljeg iskorištenja drvne mase i što veće ekonomske dobiti. U nju ulaze faze krojenja, prerezivanja, dorade tehničke oblovine, cjepanja i dorade prostornog drva. U fazi izrade sortimenata također se obavlja sortiranje i slaganje prostornog drva.

Harvesteri su strojevi za sječu, kresanje grana i krojenje stabla. Prednosti ovakvog stroja su smanjivanje ozljeda na radu pri obaranju, kresanju i krojenju. Također pri klasiranju drvnih sortimena potreban je manji broj šumskih tehničara, što zajedno smanjuje i samu cijenu sirovine i gospodarenja šumama.

## b) Privlačenje tehničke oblovine i iznošenje prostornog drva

Privlačenje drva se sastoji od privlačenja tehničke oblovine i iznošenja prostornog drva. Danas se koristi nekoliko metoda privlačenja, kao što su metoda primjene životinjske vuče, traktora sa ili bez vitla ili žičnih naprava.

Životinjska vuča se primjenjuje u nedostatku modernijih sredstava, nepristupačnosti terena, i ekonomske isplativosti. Istraživanja su pokazala da je privlačenje pomoću životinjske vuče jeftinije na kraćim distancama (200 – 300m).

Traktori su danas najzastupljenije sredstvo u procesu privlačenja drva. S obzirom na njihove tehničke karakteristike i vučne mogućnosti možemo ih podjeliti u poljoprivredne točkaše, poljoprivredne adaptirane točkaše i zglobne traktore (skideri). Traktor i iz prve dvije skupine se primjenjuju u lakšim uvjetima, a skideri u težim uvjetima rada i terena.

Žičani kranovi su sredstva čiji je rad skuplji od privlačenja drva traktorom, prvenstveno zbog većeg broja radnika (3 – 5). Primjenjuju se u najtežim uslovima pri nagibu terena preko 35° i kod zemljišta sklonoj eroziji.

Iznošenje prostornog drva radi se pomoću konja samarica, pomoću specijalnih korpi koje se montiraju na prednjoj dasci traktora ili specijaliziranih korpi za transport drva žicom.

## c) Utovar i prijevoz drvnog sortimenta

Utovar sortimenata na kamionskom putu može se obaviti ručno ili strojno. Utovar prostornog drva se obavlja pomoću specijaliziranog grajfera. Pri strojnom utovaru danas se primjenjuju žični kranovi, hidraulični kranovi, mobilni utovarivači s utovarnim klještima i motorna vitla.

Žični kranovi se upotrebljavaju kod veće koncentracije drva koje je udaljenije od prijevoznog sredstva. Ovaj vid utovara je dosta skuplji od ostalih sredstava.

Hidraulični kranovi se koriste svugdje gdje je drvo složeno tako da se može dohvatiti hidrauličnom rukom (10 – 12m). Mogu biti montirani na traktor ili kamion, dakle to su samohodna utovarna sredstva kojima se vrši samo utovar ali ne i transport.

Mobilni utovarivači s klještima koriste se na prostranim šumskim stovarištima s velikom količinom drvne mase. Vitla koristimo samo u slučaju transporta duge oblovine.

*Forvarderi* se primjenjuju samo uz sortimentnu metodu izrade drva. U tom slučaju stabla se ruše harvesterom, te se izrađena oblovina izvlači forvarderima. Prednost forvardera je u tome da manje uništava tlo u odnosu na skidere, velika efikasnost, te mogućnost preglednijeg sortiranja na pomoćnom stovarištu.

### 3.2.1.2 Poludeblovna metoda

Karakteristika ove metode je da se pojedine faze tehnološkog procesa odvijaju istovremeno. Pri poludeblovnoj metodi izrađuju se sortimenti u transportnim dužinama od 8 – 12 m. Ova metoda se sastoji od sljedećih radnih procesa:

- sjeća i obrada stabla,
- privlačenje oblovine,
- definitivna izrada sortimenata,
- utovar i prijevoz drva.

U procesu sječe i obrade vrši se usmjereno rušenje stabla, kresanje grana, krojanje i prerezivanje, te izrada prostornog drva iz granjevine.

Druga faza je privlačenje oblovine. U slučaju izrade listača, kod kojeg ima dosta prostornog drva koje se izrađuje iz granjevine (do 20%), poludeblovna metoda se može kombinirati s izradom prostornog drva iz granjevine. Izvlačenje se vrši jačim traktorima zbog težine sirovine, a prostorno drvo se iznosi u kombinacijama koje su opisane u sortimentnoj metodi.

Treća faza se sastoji iz radnih operacija krojenja, prerezivanja, dorade sortimenata i izrade prostornog drva. Vršiti se na stovarištu prije utovara.

Utovar i prijevoz se odvijaju na isti način kao i u sortimentne metode.

### 3.2.1.3 Deblovna metoda

Deblovna metoda podrazumjeva definitivnu izradu drvnih sortimenata na stovarištu. „kod panja,“ se obavljaju samo neophodne radne operacije, kao što su sjeća stabla i kresanje grana. Privlače se cijela debla, što zahtjeva strojeve veće vučne snage, te otvorenost sječine traktorskim putevima ili žičnim trasama.

## 3.2.2 Proizvodni proces ogrjevnog drva

Nakon izvlačenja prostornog drva iz šume, sortiranja i izdvajanja, te prijevoza slijedi proces proizvodnje drva za ogrjev. Iako je jedan mali dio sirovine spreman za isporuku, gdje ga krajnji kupac kroji po svojoj mjeri, sirovina ide u daljnju obradu i preradu.

U daljnjem tekstu ćemo sagledati neke od načina proizvodnje ogrjevnog drva, zajedno sa tehnologijama koje se u tom procesu primjenjuju.

### 3.2.2.1 Primjer 1. Izrada na stovarištu

Pod stovarištima podrazumjevamo uređena mjesta odnosno prostore za uskladištavanje i sortiranje drvnih sortimenata i za njihov utovar u cilju dalje otpreme.

Šumska stovarišta se mogu podijeliti u dvije skupine:

- Pomoćna šumska stovarišta ili međustovarišta – organizirana pored šumskih izvoznih puteva kojima se drvo privlači iz okolnih sječina.
- Glavna ili otpremna šumska stovarišta – organiziraju se kraj glavnih javnih prometnica, odakle se otprema do mjesta prerade ili do mjesta uporabe.

Pred takva stovarišta se postavljaju i određeni zahtjevi, kao što su:

- Na stovarištima drvni sortimenti se moraju poravnati, a njihova stabilnost osigurati.
- Prolazi između složajeva trupaca moraju biti široki najmanje 1,5 m, a između ogrjevnog i celuloznog drva od 0,5 – 1 m.
- Složajevi trupaca mogu se složiti na visinu do 3 m, a složajevi kratkog drva do 2 m ako se posao obavlja ručno. Trupci se osiguravaju podupiračima, a kratko drvo unakrsnim slaganjem.
- Stovarišta moraju biti dobro osvijetljena, propisno označena, sa osiguranim skloništem za radnike u slučaju vremenskih nepogoda.

Izrada na stovarištu bi bila najjednostavnija metoda proizvodnje i prerade ogrjevnog drva. Odlikuje se time da ne zahtjeva velik proizvodni prostor, mali broj radnika, te strojevi korišteni u tom procesu su mobilni. Sirovina na stovarištu je složena i sortirana, te se prerada uglavnom vrši po narudžbama.

Od strojeva potrebnih za ovakvu vrstu proizvodnje, potreban je cjepač na trakorski ili vlastiti pogon. Od ostalih strojeva, iako nije nužna, dizalica za utovar te kao neizostavan alat sjekira i/ili motorna pila za doradu po potrebi.

Tehnološki proces je kontinuiran, dakle neposredno nakon izrade drva za ogrjev, ono se tovari i isporučuje kupcu.



**Slika 5.** Primjer cjepača Tajfun RCA 400 Joy

Izvor: <http://tajfun.com/rca/#rca-400-joy?com.dotmarketing.htmlpage.language=6>

### 3.2.2.2 Primjer 2. Izrada u specijaliziranom pogonu

Povećanim zahtjevima tržišta za ogrjevno drvo dolazi i do povećanja proizvodnje. Da bi se udovoljilo tim zahtjevima razvijaju se posebna postrojenja za proizvodnju ogrjevnog drva. U nastavku ćemo sagledati primjer jednog takvog postrojenja sa svim svojim elementima.

Pogon za proizvodnju ogrjevnog drva možemo podijeliti na nekoliko dijelova, koji ujedno obilježavaju i same faze rada. Tako možemo reći da se pogon sastoji od:

- Stovarišta drva,
- Pogona obrade drva,
- Stovarišta gotovih proizvoda,
- Upravne zgrade.

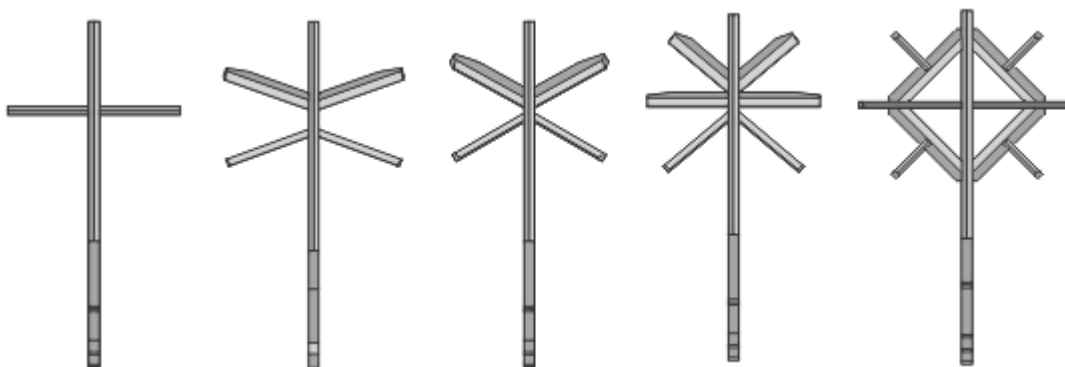
Dakle nakon sječe i izrade sortimenata, prema nekoj od već opisanih metoda, sirovina za izradu ogrjevnog drva se doprema na stovarište gdje slijedi istovar i

slaganje složajeva. Istovar se najčešće vrši pomoću hidrauličnog krana koji je dodan na kamion ili traktor, te se slažu složajevi prema već navedenim pravilima struke. Također nakon slaganja roba kreće u daljnu preradu i izradu gotovog proizvoda.



**Slika 6.** Višemetarsko ogrjevno drvo na stovarištu

Drvo sa stovarišta ulazi u pogon proizvodnje krajnjeg proizvoda. Kako je proizvodnja ogrjevnog drva dosta jednostavna, tako je i tehnološki proces dosta jednostavan, te ne zahtjeva mnogo strojeva i radne snage. Sa stovarišta drvo se prenosi pomoću traktora s grabalicom ili valjčanih konvejera. Sam proces obrade je jednostavan te se odvija na jednom ili više cjepača drva, ovisno o količini drva koju je potrebno preraditi. Također s obzirom na promjene promjera drva i sami cjepači su sposobni se prilagoditi, a broj oštrica se može mjenjati prema veličini i broju cjepanica koje proizvodimo (Slika 7.).



**Slika 7.** Prikaz različitih oštrica cjepača za drvo.

**Izvor:** <http://tajfun.com/rca/#splitting-wedges?com.dotmarketing.htmlpage.language=6>



Ono što izlazi iz cjepača je gotov proizvod, te slijedi proces slaganja i skladištenja ogrjevnog drva. Proizvod se slaže na paletama, dimenzija 100x100x180 cm i u mrežama (Slika 8. i 9.). Tako složeno ogrjevno drvo se prenosi viličarem na stovarište gotovih proizvoda.



**Slika 8.** Prikaz ogrjevnog drva složeno u mreže.  
**Izvor:** <http://gtpsostaric.com/web-shop/ogrijevno-drvo/>

Ogrjevno drvo na stovarištu gotovih proizvoda bi trebalo biti zaštićeno od ujecaja snijega, kiše i vlage, te se treba sušiti do vremena isporuke.



**Slika 9.** Ogrjevno drvo složeno na palete spremno za isporuku

### 3.3 Činitelji uspješnosti izrade ogrjevnog drva

S obzirom na dugotrajnu obnovljivost šume, što ju čini ograničenim resursom, potrebno je pažljivo, planirano i maksimalno iskorištenje postići uz minimalne troškove.

Drvo kao živi organizam koji ne može promijeniti svoje stanište, ono se prilagođava svojoj okolini, vremenskim prilikama, raste i širi se i u svom životnom ciklusu razvija mehanizme obrane od životinja, vjetra, sunca. Upravo ga ti mehanizmi čine poželjnim materijalom, ali s druge strane stvaraju i velike probleme pri preradi drva u obliku grešaka drva (npr. usukanost), debljine kore, visina debla i pojavi škarta.

U slučaju ogrjevnog drva važnu funkciju ima kora drva. Kora kod drva u sirovom stanju ima veću gustoću od samog drva. Ona je i jedan od čimbenika gubitka pri sječi i izradi drvnih sortimenata, a i jedan je od faktora kod prodaje ogrjevnog drva. Prostorno drvo se isporučuje s korom, dok je kod izrade sortimenata od drva četinjača, proizvod se isporučuje bez kore, te se ona može koristiti kao sekundarna sirovina.

Cijeli volumen drva nije ispunjen drvnom tvari, nego jedan dio čini i voda sa mineralnim i hranjivim tvarima. Drvo je porozno. Voda u drvu se dijeli na slobodnu i vezanu vodu. Slobodna voda u drvu se nalazi u porama i staničnim šupljinama, dok je vezana voda ona koja je u staničnim stijenkama. Samim time puno je lakše odstraniti slobodnu nego vezanu vodu. Granica između slobodne i vezane vode se naziva točka zasićenosti vlaknaca. Prema tome drvo se može podjeliti prema sadržaju vode na provelo, prosušeno i suho drvo. Provelo drvo je ono što je izgubilo svu slobodnu vodu, i njen sadržaj iznosi od 22% do 40%. Prosušeno drvo je ono koje je uz slobodnu izgubilo i dio vezane vode i sadrži od 8% do 18% vode. Suho drvo se može dobiti samo tretmanom sušenja drva u sušionicama i teorijski njegov sadržaj vode iznosi 0%. S obzirom da iz drva izlazi voda, a njeno mjesto zauzima zrak koji je lakši, mjenja se i masa drva. To čini suho drvo lakše i jednostavnije za prijevoz i obradu (Zelić, 2005).

Gustoća drva je različita za svaku vrstu drva, pa i za svako stablo. I poroznost drva je vezana za gustoću, tako da što je veća gustoća drva to je manja poroznost. Utvrđivanje gustoće drva s obzirom na vrijeme prirodnog sušenja drva je njezino

povezivanje volumne i težinske mjere. Zelić i Međugorac (2001), napravili su istraživanje kojim su htjeli dokazati da vanjski uvjeti mogu značajno usporiti ali i ubrzati tijek prirodnog sušenja ogrjevnog drva. Istraživanja su proveli na više vrsta drva (oblice), a to su hrast kitnjak, grab, bukva, bijela topola i breza, u tri dužine od 20, 100 i 200 cm, promjera od 15 do 20 cm. Masu oblica su mjerili elektronskom vagom, a volumen su izračunavali stereometrijski. Mjerenja su se vršila svakih 7 dana od trenutka obaranja, a cjelokupno istraživanje je trajalo 140 dana. Obuhvaćena su tri godišnja doba, zima, proljeće i ljeto. Došli su do zaključaka da su oblice izgubile dio vode, te su time postale lakše za manipulaciju, također da vanjski utjecaji znatno usporavaju, zaustavljaju i pospješuju tijek prirodnog sušenja.

Utvdili su da dužina oblica ima veliki utjecaj kod prirodnog sušenja, jer kod kraćih oblica isušivanje je puno veće u longitudinalnom smjeru negu u radialnom i tangentnom. Također se pokazalo da kora ima velik utjecaj, jer je hrast izgubio veću količinu vode nego breza, tako da kora služi kao toplinski izolator. Podaci koje su dobili nakon istraživanja kod bukve za dužine 20, 100 i 200 cm. Oblice dužine 20 cm su u sirovom stanju imale  $1083,93 \text{ kg/m}^3$  a u prosušenom stanju  $812,94 \text{ kg/m}^3$ , bukova oblica dužine od 100 cm u sirovom stanju je imala  $1048,18 \text{ kg/m}^3$ , a u prosušenom stanju  $773,36 \text{ kg/m}^3$ , dok bukova oblica od 200 cm u sirovom stanju je imala  $1079,67 \text{ kg/m}^3$ , a u prosušenom stanju  $889,14 \text{ kg/m}^3$ . Naravno kod ostalih uzoraka gubljenje na gustoći je različito, kod hrasta se pokazalo najsporiji pad dok je kod bijele topole najbrži pad gustoće.

## 4 Objekti i metode istraživanja

### 4.1 Osnovne karakteristike običnog graba (*Carpinus betulus* L.)

Objekt istraživanja u diplomskom radu je drvo običnog graba (*Carpinus betulus* L.). Latinsko ime roda *Carpinus* složenica je od keltskih riječi *karr* (drvo) i *penne* (glava), bilo je staro ime za grab kod Rimljana. Prema drugom izvoru potječe od grčke riječi *Karpinos* (plodonosan). Ime vrste *betulus* ukazuje na sličnost sa stablom breze (*Betula*). To je listopadno stablo iz porodice brezovki, guste i razgranate krošnje, koje može narasti do 25 metara. Korjenov sustav je dobro razvijen. Deblo može biti promjera do 70 cm, a kora je glatka, tanka, svijetlosiva i malo ispucana.



Slika 10. Obični grab (*Carpinus betulus* L.)

Mlade grane su vitke i sjajne, a pupoljci ušiljeni i goli, dugi 5-7mm, prekriveni crvenosmeđim ljuskama koje su trepavičastih rubova. Listovi su duguljasto jajasti, ušiljeni, na osnovi srcasti ili zaobljeni, dugi 5-15 cm i široki 2-7 cm, oštro i dvostruko

nazubljeni (slika 10.). Nervatura listova je izražena s donje strane, te su zbog toga vidljive tamne i svijetle plohe s gornje strane. U početku su obrasli dlačicama, dok su kasnije goli. Peteljke su kratke i rastu naizmjenično i dosta gusto po granama. Muški i ženski cvjetovi su skupljeni u viseće rese. Muške rese su duge od 4 do 6 cm, široke 1 cm, i sadrže od 6 do 12 prašnika. Ženske rese su dosta kraće od muških, s dužinom do 2 cm, neugledne su i s crvenim njuškama. Obični grab cvijeta tokom travnja i svibnja. Plodovi su jednosjemeni, goli, svijetlozeleni do sivosmeđi oraščići. Oraščići su dugi od 5 do 10 mm, skupljeni u guste skupine duge do 15 cm a široke do 6 cm, te imaju krilca da se lako raznose vjetrom. Bjeljika grabovine je bjelkastožuta do svijetlo siva sa svijetlo smeđkastim prugama. Srž, koja se stvara tek nakon 100 i više godina starosti, jako je tamna, gotovo crna. Na poprečnom presjeku godovi su vidljivi običnim okom, linija goda je valovita. Široki drvni traci vidljivi su običnim okom, a rastresito raspoređene pore vidljive su tek s povećalom.



**Slika 11.** GRAB, 1. obični grab, *Carpinus betulus*: a) grančica s muškim i ženskim cvjetovima, b) grančica s plodovima; 2. bijeli grab, *Carpinus orientalis*: a) grančica s muškim i ženskim cvjetovima, b) grančica s plodovima; 3. crni grab, *Ostrya carpinifolia*: a) grančica s muškim i ženskim cvjetovima, b) grančica s plodovima

Izvor: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=22913>



Obični grab je drvo srednje, zapadne i južne Europe. Rasprostranjen je na sjeveru do Škotske, južne Švedske, te jednog dijela Rusije, na istoku prema Krimu do približno 37 °E. Na jugu Europe obuhvaća južni dio Pirinejskog i Balkanskog poluotoka, ali izbjegava izrazito sredozemna i stepska područja.

Kada gledamo grabovinu sa strane nekih njenih fizičkih i mehaničkih svojstava, ona je slabo cijenjena vrsta difuzno poroznih vrsta listača. Vrijednosti osnovnih fizikalnih i mehaničkih svojstava grabovine prikazane su u tablici 4. Zbog takvih svojstava grabovina je u drvnoj industriji jako slabo iskorištena. Zbog svoje izuzetne tvrdoće, otpornosti na pucanje i dobre kakvoće završne obrade grabovina je nekad bila tražena za izradu zupčanika i radnih dijelova drvenih strojeva, u kolarstvu, za drvene vijke, čavle, klinove i glave maljeva. Danas je vjerojatno njegoa glavna industrijska primjena za sitne dijelove mehanizma glasovira. Grabovina obojena crno katkada se upotrebljava kao nadomjestak za ebanovinu. Kao podna obloga ima visoku otpornost abraziji a potrošena površina je relativno glatka; može se smatrati zamjenom za javorovinu. Nije građevno drvo, ali je odlično je ogrijevno drvo

**Tabel 4.** Prikaz fizičkih i mehaničkih svojstava neobrađene grabovine

| Obični grab ( <i>Carpinus betulus</i> L.) |                                    |                  |                            |                                |                 |
|---|------------------------------------|------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Fizička svojstva                          |                                    |                  | Mehanička svojstva         |                                |                 |
| Gustoća<br>Kg/m <sup>3</sup>              | Standardno suhog<br>drva, $\rho_0$ | 500...790...820  | Čvrstoća,<br>MPa           | Na tlak                        | 54...82...99    |
|   | Prosušenog drva                    | 540...830...860  |                            | Na vlak II s<br>vlakancima     | 57...135...180  |
|   | Sirovog drva                       | 660...970...1200 |                            | Na vlak $\perp$ na<br>vlakanca |                 |
|   | Nominalna                          |                  |                            | Na savijanje                   | 47...135...200  |
| Poroznost, %                              |                                    | oko 48           |                            | Na smicanje                    | 8,5...16        |
| Utezanje,<br>%                            | Radijalno                          | oko 6,8          |                            | Tvrdoća po<br>Brinellu,<br>MPa | II s vlakancima |
|   | Tangentno                          | oko 11,5         | $\perp$ na vlakanca        |                                | oko 36          |
|   | Volumno                            | oko 18,8         |                            |                                |                 |
| Točka zasićenosti vlaknaca,<br>%          |                                    | 32 - 35          | Modul elastičnosti,<br>Gpa |                                | 7...16,2...17,7 |

## 4.2 Izrada uzoraka ogrjevnog drva za mjerenje

Nakon sječe drvnih sortimenata u šumi, sirovina odnosno prostorno drvo u obliku višemetrice je dopremljeno kamionima na stovarište u tvrtki gdje je izvršeno istraživanje. Višemetrica je istovarena i uskladištena u za to predviđen prostor na stovarištu.



**Slika 12.** Složaj višemetrice oblice na stovarištu

Izrada cjepanog drva iz višemetrice započela je njenim prikraćivanjem na duljinu od jednog metra pomoću motorne lančane pile.



**Slika 13.** Prikraćivanje i izrada metrice oblice motornom lančanom pilom

Zatim je uslijedilo cijepanje metrice mehaniziranim hidrauličkim cjepačem. Iz svake metrice oblice iscijepane su četiri cjepanice.



**Slika 14.** Cjepanje metrice oblice

Obzirom da su uobičajene trgovačke duljine cijepanog ogrjevnog drva 25, 33 i 50 cm slijedeća faza izrade je bila prikraćivanje cjepanica metrica na jednu od tih duljina. U našem slučaju prikraćivanje je izvedeno pomoću stolarskih tračnih pila na duljinu 33 cm.



**Slika 15.** Prikraćivanje cjepanice metrice stolarskom tračnom pilom



Nakon toga, sada kratke cjepanice su ponovo rascijepljene na manje komade ovisno o njihovoj konačnoj uporabi i vrsti ložišta u kojem će biti spaljene.



**Slika 16.** Dodatno cjepanje na konačnu dužinu

Na kraju se izrađene kratke cjepanice složene na paletu dimenzija 1 x 1 x 1,80 m, te utovarivačem transportirane do mjesta mjerenja odnosno kasnijeg sušenja.



**Slika 17.** Palete složenih cjepanica

## 4.3 Mjerenje mase, dimenzija i vlage uzoraka

Istraživanje je provedeno na kratkim cjepanicama običnog graba duljine 33 cm. Mjerenje mase, dimenzija i vlage u sirovom i prosušenom stanju je provedeno na 440 cjepanica koje su označene brojevima. Prirodno sušenje izvedeno je na zaklonjenom i dobro provjetrenom dijelu stovarišta cijepanog ogrjevnog drva. Sušenje cjepanica je trajalo u vremenskom razdoblju od 05.05.2016. do 06.10.2016. odnosno 180 dana. Temperatura zraka u tom periodu se kretala od 10<sup>0</sup>C do 30<sup>0</sup>C.



**Slika 18.** Prikaz palete cjepanica, gore prije i dolje poslije prirodnog sušenja

### 4.3.1 Masa ogrjevnog drva

Masa ogrjevnog drva je mjerena na laboratorijskoj vazi te je vrijednost zaokružena na tri decimalna mjesta. Cjepanice su prvi put vagane neposredno nakon cijepanja tijekom mjeseca svibnja, te drugi put tijekom mjeseca listopada nakon što su prirodno sušene 180 dana na stovarištu na dobro provjetrenom mjestu. Masena vrijednost je izražena u kilogramima.

Postotni udio smanjenja mase cjepanica uslijed prirodnog sušenja izračunat je u apsolutnom i relativnom odnosu prema izrazima 1 i 2.

$$m_{aps} = \frac{m_s - m_p}{m_s} \times 100 \quad 1$$

$$m_{rel} = \frac{m_s - m_p}{m_p} \times 100 \quad 2$$

$m_{aps}$  – apsolutni postotni udio gubitka mase cjepanice, %

$m_{rel}$  – relativni postotni udio gubitka mase cjepanice, %

$m_s$  – masa sirove (vlažne) cjepanice, kg

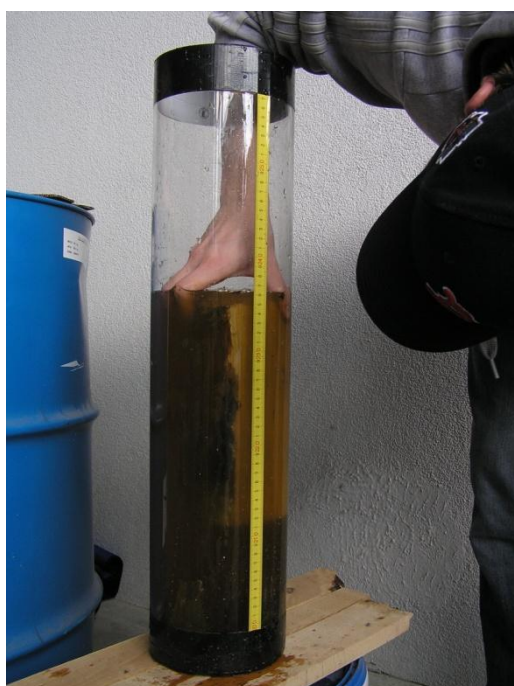
$m_p$  – masa prosušene cjepanice, kg



Slika 19. Mjerenje mase cjepanica na laboratorijskoj vazi

### 4.3.2 Volumen ogrjevnog drva

Volumen ogrjevnog drva je određen volumetrijskom metodom. Za volumetiranje je korištena menzura promjera 15 cm te visine 50 cm. Mjerenje je provedeno na način da je prvo izmjerena razina vode prije uranjanja cjepanice u menzuru. Zatim je uronjena cjepanica u menzuru te je očitana razina vode sa cjepanicom u menzuri. Izračunata je razlika između razine vode prije i nakon uranjanja cjepanice u menzuru. Stupac razlike razine vode pri tome predstavlja volumen uronjene cjepanice koji je izračunat prema izrazu 3.



**Slika 20.** Mjerenje volumena piljenica volumetrijskom metodom uranjanjem u menzuru

$$V_c = \frac{D_m^2 \times \pi}{4} \times (h_{max} - h_{min}) \quad 3$$

$V_c$  – Volumen cjepanice, m<sup>3</sup>

$D_m$  – promjer menzure, m

$h_{min}$  – visina izmjere vode prije uranjanja cjepanice u menzuru, m

$h_{max}$  – visina izmjere vode nakon uranjanja cjepanice u menzuru, m

Postotni udio smanjenja volumena cjepanica uslijed prirodnog sušenja izračunat je u apsolutnom i relativnom odnosu prema izrazima 4 i 5.

$$V_{aps} = \frac{V_s - V_p}{V_s} \times 100 \quad 4$$

$$V_{rel} = \frac{V_s - V_p}{V_p} \times 100 \quad 5$$

$V_{aps}$  – apsolutni postotni udio gubitka volumena cjepanice, %

$V_{rel}$  – relativni postotni udio gubitka volumena cjepanice, %

$V_s$  – volumen sirove (vlažne) cjepanice, m<sup>3</sup>

$V_p$  – volumen prosušene cjepanice, m<sup>3</sup>

### 4.3.3 Vлага ogrjevnog drva

Vlaga cjepanica je mjerena gravimetrijskom metodom, odnosno metodom mjerenja količine odstranjene vode do 0% konačnog sadržaja vode u drvu. Premda je gravimetrijska metoda komplicirana i duga, ona je izuzetno precizna metoda. Ova metoda je provedena pomoću laboratorijske vage i sušionika. Iz cjepanica su ispiljeni uzorci debljine 25 mm za mjerenje vlage te su odmah nakon izrade izvagani te nakon toga sušeni na temperaturi od 102 do 103 °C do konstantne mase. Konačna vrijednost mase je izmjerena kada je nastupio moment prestanka mijenjanja vrijednosti mase uzorka. Isti postupak je proveden i nakon mjerenja prosušenih cjepanica. Nakon provedenog sušenja uzoraka u sušioniku, i izmjerene mase vlažnih i sušenih uzoraka izračunata je vlaga cjepanica kod prvog mjerenja u vlažnom stanju i drugog mjerenja nakon višemjesečnog prirodnog sušenja prema izrazu 6.

$$u_c = \frac{m_p - m_k}{m_k} \times 100 \quad 6$$

$u_c$  – vlažnost cjepanice, %

$m_p$  – početna masa uzorka iz cjepanice, kg

$m_k$  – konačna masa uzorka iz cjepanice, kg





Slika 21. Uzorci iz cjepanica za mjerenje vlage gravimetrijskom metodom

#### 4.3.4 Gustoća ogrjevnog drva

Gustoća cjepanica je izračunata na način da se pošlo od definicije da je gustoća drva omjer mase i volumena cjepanice. Izračunata je prema prema izrazu 7:

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c} \quad 7$$

$\rho_c$  – gustoća cjepanice,  $\text{kg/m}^3$

$m_c$  – masa cjepanice,  $\text{kg}$

$V_c$  – volumen cjepanice,  $\text{m}^3$

Postotni udio promjene gustoće cjepanica uslijed prirodnog sušenja izračunat je u apsolutnom i relativnom odnosu prema izrazima 8 i 9.

$$\rho_{aps} = \frac{\rho_s - \rho_p}{\rho_s} \times 100 \quad 8$$

$$\rho_{rel} = \frac{\rho_s - \rho_p}{\rho_p} \times 100 \quad 9$$

$\rho_{aps}$  – apsolutni postotni udio promjene gustoće cjepanice, %

$\rho_{rel}$  – relativni postotni udio promjene gustoće cjepanice, %

$\rho_s$  – gustoća sirove (vlažne) cjepanice,  $\text{kg/m}^3$

$\rho_p$  – gustoća prosušene cjepanice,  $\text{kg/m}^3$

## 4.4 Statistička obrada podataka

Za obradu podataka, u ovome su radu korišteni programi Microsoft Word i Excel. Rezultati istraživanja su prikazani pomoću deskriptivne statistike, grafički i tabelarno.

## 5 Rezultati istraživanja

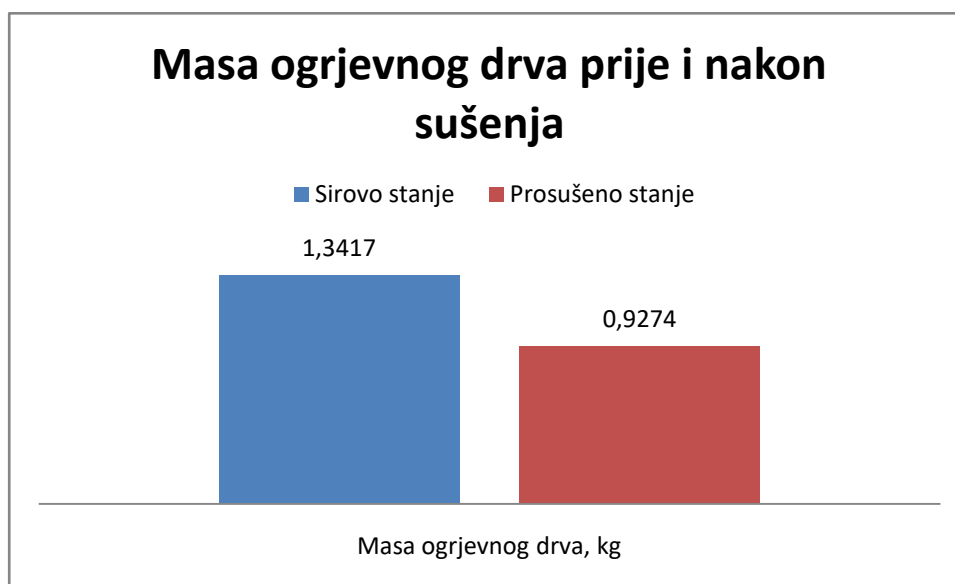
### 5.1 Masa ogrjevnog drva

U tablici 5. je prikazana deskriptivna statistika podataka o masi kratkih cjepanica ogrjevnog drva običnog graba.

Podaci temeljeni na aritmetičkoj sredini su prikazani i grafički na slici 22.

**Tablica 5.** Deskriptivna statistika podataka o masi kratkih cjepanica običnog graba

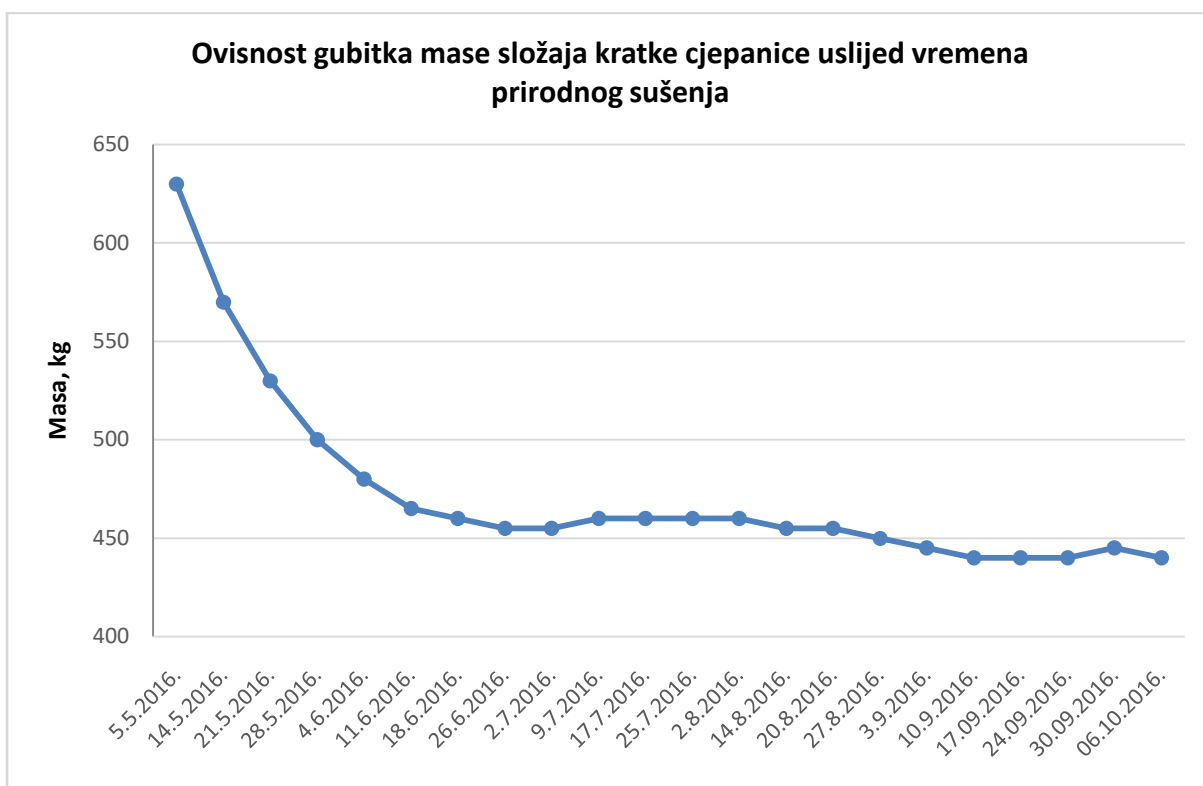
| Masa Ogrjevnog drva običnog graba kratkih cjepanica |                 |     |         |               |        |               |         |            |          |
|---|-----------------|-----|---------|---------------|--------|---------------|---------|------------|----------|
| Oznaka  | Mjerna jedinica | N   | Min.    | 25. Percentil | Median | 75. Percentil | Maximum | Art. Sred. | St. dev. |
| 1   | 2               | 3   | 4       | 5             | 6      | 7             | 8       | 9          | 10       |
| m'  | kg              | 440 | 0,645   | 1,1238        | 1,3350 | 1,5600        | 2,1850  | 1,3417     | 0,3164   |
| m   | kg              | 440 | 0,44    | 0,7700        | 0,9250 | 1,0763        | 1,5600  | 0,9274     | 0,2173   |
| m'-m  | kg              | 440 | 0,175   | 0,3388        | 0,4150 | 0,4813        | 0,7250  | 0,4143     | 0,1089   |
| m <sub>aps</sub>                                    | %               | 440 | 21,2766 | 28,97         | 30,75  | 32,63         | 38,39   | 30,78      | 2,72     |
| m <sub>rel</sub>                                    | %               | 440 | 27,027  | 40,79         | 44,41  | 48,44         | 62,32   | 44,70      | 5,73     |



**Slika 22.** Grafički prikaz promjene mase ogrjevnog drva običnog graba prije i nakon sušenja



Gubitak mase složaja kratkih cjepanica ogrjevnog drva običnog graba s obzirom na razdoblje prirodnog sušenja prikazan je grafom na slici 23.



**Slika 23.** Grafički prikaz gubitka mase složaja kratkih cjepanica uslijed prirodnog sušenja

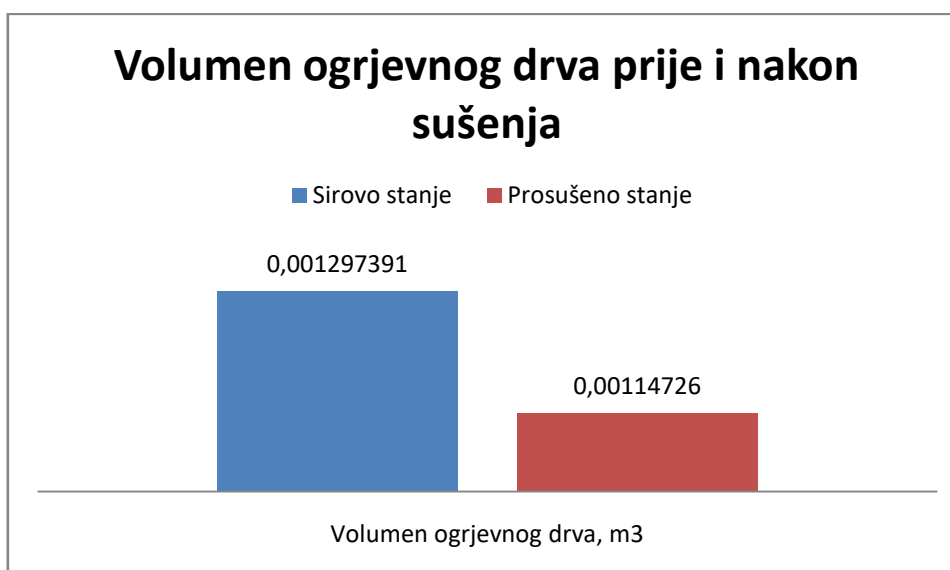
## 5.2 Volumen ogrjevnog drva

U tablici 6 je prikazana deskriptivna statistika podataka o volumenu kratkih cjepanica ogrjevnog drva običnog graba.

Podaci temeljeni na aritmetičkoj sredini su prikazani i grafički na slici 24.

**Tablica 6.** Deskriptivna statistika podataka o volumenu kratkih cjepanica običnog graba

| Volumen ogrjevnog drva običnog graba kratkih cjepanica |                |     |         |         |          |          |          |            |          |
|--|----------------|-----|---------|---------|----------|----------|----------|------------|----------|
| Oznaka   | Mj. Jed.       | N   | Min.    | 25 Per. | Median   | 75. Per. | Max.     | Art. Sred. | St. Dev. |
| 1  | 2              | 3   | 4       | 5       | 6        | 7        | 8        | 9          | 10       |
| V'   | m <sup>3</sup> | 440 | 0,00061 | 0,00107 | 0,001307 | 0,001501 | 0,002067 | 0,001297   | 0,000297 |
| V  | m <sup>3</sup> | 440 | 0,0005  | 0,00097 | 0,001148 | 0,001329 | 0,001837 | 0,001147   | 0,00027  |
| V'-V   | m <sup>3</sup> | 440 | 3,53E-0 | 0,00010 | 0,000141 | 0,000177 | 0,000406 | 0,00015    | 5,21E-05 |
| aps  | %              | 440 | 4,08163 | 9,43396 | 11,42857 | 13,75    | 23       | 11,65504   | 3,342521 |
| rel  | %              | 440 | 4,25531 | 10,4166 | 12,90323 | 15,94203 | 29,87013 | 13,35732   | 4,368884 |



**Slika 24.** Grafički prikaz promjene volumena ogrjevnog drva običnog graba prije i nakon sušenja

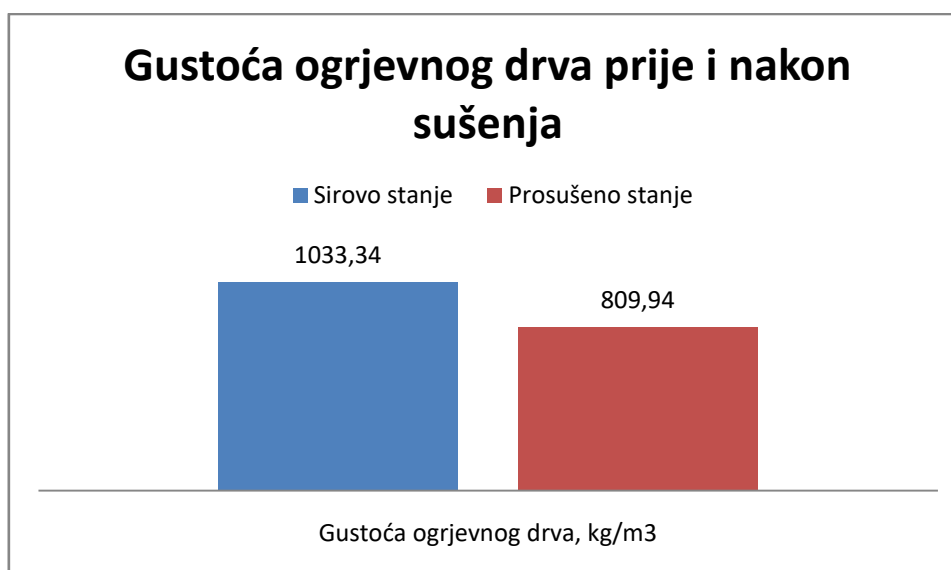
## 5.3 Gustoća ogrjevnog drva

U tablici 7 je prikazana deskriptivna statistika podataka o gustoći kratkih cjepanica ogrjevnog drva običnog graba.

Podaci temeljeni na aritmetičkoj sredini su prikazani i grafički na slici 25.

**Tablica 7.** Deskriptivna statistika podataka o gustoći kratkih cjepanica običnog graba

| Gustoća ogrjevnog drva običnog graba kratkih cjepanica |                   |     |          |          |          |               |         |            |          |
|--|-------------------|-----|----------|----------|----------|---------------|---------|------------|----------|
| Oznaka   | Mjerna jedinica   | N   | Min.     | 25 Perc. | Median   | 75. Percentil | Max.    | Art. Sred. | St. Dev. |
| 1  | 2                 | 3   | 4        | 5        | 6        | 7             | 8       | 9          | 10       |
| $\rho'$  | kg/m <sup>3</sup> | 440 | 894,8109 | 998,837  | 1036,343 | 1068,338      | 1158,08 | 1033,34    | 45,810   |
| $\rho$   | kg/m <sup>3</sup> | 440 | 704,4224 | 777,651  | 807,928  | 842,9841      | 899,213 | 809,94     | 43,639   |
| $\rho' - \rho$   | kg/m <sup>3</sup> | 440 | 101,1646 | 193,745  | 221,410  | 253,3668      | 356,205 | 223,40     | 46,562   |
| aps  | %                 | 440 | 10,41017 | 18,864   | 21,499   | 24,0805       | 32,686  | 21,5510    | 4,05747  |
| rel  | %                 | 440 | 11,61982 | 23,249   | 27,387   | 31,7184       | 48,558  | 27,8130    | 6,63807  |



**Slika 25.** Grafički prikaz promjene gustoće ogrjevnog drva običnog graba prije i nakon sušenja

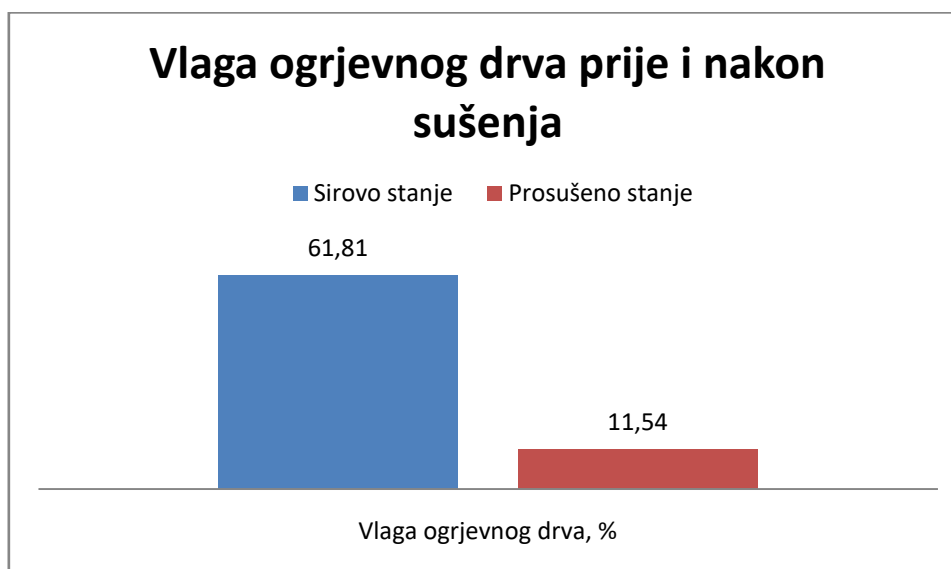
## 5.4 Vlaga ogrjevnog drva

U tablici 8 je prikazana deskriptivna statistika podataka o vlazi kratkih cjepanica ogrjevnog drva običnog graba.

Podaci temeljeni na aritmetičkoj sredini su prikazani i grafički na slici 26.

**Tablica 8.** Deskriptivna statistika podataka o vlazi kratkih cjepanica običnog graba

| Vlaga ogrjevnog drva običnog graba kratkih cjepanica |          |    |         |               |        |               |         |            |          |
|--|----------|----|---------|---------------|--------|---------------|---------|------------|----------|
| Oznaka   | Mj. jed. | N  | Minimum | 25. Percentil | Median | 75. Percentil | Maximum | Art. Sred. | St. Dev. |
| 1  | 2        | 3  | 4       | 5             | 6      | 7             | 8       | 9          | 10       |
| u'   | %        | 46 | 50,50   | 57,36         | 61,28  | 65,06         | 73,47   | 61,81      | 5,53     |
| u  | %        | 46 | 10,57   | 11,25         | 11,51  | 11,86         | 12,62   | 11,54      | 0,40     |



**Slika 26.** Grafički prikaz promjene vlage ogrjevnog drva običnog graba prije i nakon sušenja

## 6 Rasprava

### 6.1 Masa ogrjevnog drva

Očekivano, iz ovih rezultata se vidi da je došlo do pada mase prilikom prirodnog sušenja kratkih cjepanica običnog graba.

Na slici 22. se jasno vidi pad mase prosušenih kratkih cjepanica, koji je iznosio u prosjeku 0,4143 kg. Takav pad mase izražen u postotcima, obzirom na sirovo stanje iznosi 30,78 %, dok je s obzirom na prosušeno stanje pad mase još i veći, i iznosi 44,70 %. S obzirem da znamo da drvo i prirodnim sušenjem gubi vodu i uteže se, te da mu se samim tim i masa smanjuje ovi rezultati nisu nimalo iznenađujući.

Na slici 23. je prikazan tijek prirodnog sušenja palete kratkih cjepanica, koji je trajao od 05 .05. 2016 do 06. 10. 2016. Iz tog grafa se vidi da je masa palete na samom početku procesa prirodnog sušenja iznosila 630 kg, a do završetka procesa masa je pala na 440 kg, što predstavlja smanjenje od 190 kg.

### 6.2 Volumen ogrjevnog drva

Rezultati istraživanja volumena ogrjevnog drva kratkih cjepanica običnog graba su prikazanu na slici 24. Sukladno očekivanjima došlo je do pada volumena kratkih cjepanica sa 0,001297391 m<sup>3</sup> u sirovom stanju, na 0,00114726 m<sup>3</sup> u prosušenom stanju, tako da razlika srednjih vrijednosti volumena iznosi 0,000150131 m<sup>3</sup>. Što se tiče postotnog pada volumena, on je s obzirom na sirovo stanje iznosio 11,66 %, a obzirom na prosušeno 13,36 %.

Iz ovih rezultata se vidi da prirodnim sušenjem kratkih cjepanica dolazi do utezanja drva, a samim tim i pada volumena.

## 6.3 Vlaga ogrjevnog drva

S obzirom da je sam cilj sušenja drva smanjenje sadržaja vlage, tako je i u ovom istraživanju došlo do određenog smanjenja. Sami rezultati sadržaja vlage kratkih cjepanica prije i nakon sušenja su vidljivi na tablici 8. i slici 26.

Iz njih je vidljivo da je sadržaj vlage sirovih kratkih cjepanica u prosjeku iznosio 61,81 %, dok se taj postotak prirodnim sušenjem smanjio na 11,54 %.

Pojedini sadržaj vlage u kratkim cjepanicame se kretao od 50,50 % do 73,47 % u sirovom stanju, dok je raspon u prosušenom stanju iznosio od 10,57 % do 12,62 %.

## 6.4 Gustoća ogrjevnog drva

Parametri gustoće ogrjevnog drva kratkih cjepanica običnog graba su prikazani u tablici 7. i na slici 25. Kako sama gustoća ovisi o promjenama mase i sadržaja vlage, i kako su ta oba parametra u ovom istraživanju se smanjila, za očekivati je i smanjenje gustoće kratkih cjepanica.

Tako na slici 20. se može vidjeti da se gustoća sa prosječnih 1033,34 kg/m<sup>3</sup> u sirovom stanju, prirodnim sušenjem, smanjila na prosječno 809,94 kg/m<sup>3</sup>, koliko je iznosila u prosušenom stanju. Isto tako se iz tablice 5. može vidjeti da je postotni pad gustoće obzirom na sirovo stanje iznosio 21,551 %, a obzirom na prosušeno 27,813%.

Same varijacije u gustoći pojedinih kratkih cjepanica su iznosile od 894,81 kg/m<sup>3</sup> do 1158,08 kg/m<sup>3</sup> za sirovo stanje, dok su te varijacije za prosušeno stanje iznosile od 704,42 kg/m<sup>3</sup> do 899,213 kg/m<sup>3</sup>.

## 7 Zaključak

S obzirom na cilj ovog istraživanja, koji je bio sagledati promjene u drvu prilikom prirodnog sušenja kroz parametre mase, volumena, vlage i gustoće, iz dobivenih rezultata se može sljedeće zaključiti:

- Masa ogrjevnog drva kratkih cjepanica običnog graba je manja nakon procesa prirodnog sušenja. Prosječni pad vrijednosti mase je iznosio 0,4143 kg, po cjepanici, dok je taj iznos za cijelu paletu 190 kg. Izraženo u postotcima to bi značilo pad mase od 30,88 % obzirom na sirovo stanje, dok se obzirom na prosušeno stanje na 44,67 %
- Prirodnim sušenjem je došlo i do pada volumena kratkih cjepanica. U prosjeku pad je iznosio 0,000150131 m<sup>3</sup> po jednoj cjepanici. Ako bi to prikazali u postotcima vrijednosti bi bile 11,66 % pada obzirom na sirovo stanje, odnosno 13,36 % s obzirom na prosušeno stanje.
- Vlaga ogrjevnog drva kratkih cjepanica, prirodnim sušenjem, je smanjena sa 61,81 % na 11,54 %. Ovakav pad i ne iznenađuje s obzirom da je i cilj sušenja odstranjivanje vlage.
- Gustoća je pala u prosjeku za 223,40 kg/m<sup>3</sup>, odnosno u postotcima to bi iznosilo 21,551 % obzirom na sirovo stanje, odnosno 27,813 % s obzirom na prosušeno stanje. Kako je gustoća direktno uvjetovana vrijednostima mase i vlage, koje su u ovom istraživanju obje u padu, ove nas vrijednosti ne iznenađuju, te su u skladu s očekivanjima.

## Literatura

1. Brežnjak, M., 1997: Pilanska tehnologija drva 1, Udžbenik, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
2. Brežnjak, M., 1999: Pilanska tehnologija drva 2, Udžbenik, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
3. Dević, I.; Ištvančić, J. 2003: Alati i strojevi u obradi drva 1., Element, Zagreb.
4. Ištvančić, J.; Đukić, I.; Samoščanec, M.; Šahman, M. 2001: Povijest, stanje i razvitak pilanarstva u RH, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski Fakultet.
5. Lemo O. 2015; Tehnike i tehnologije izrade ogrjevnog drva
6. Aničić J. 2016; Prilog istraživanju promjene gustoće prefabriciranog cjepanog ogrjevnog drva obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) usljed prirodnog sušenja
7. Jergović. I. 2016; Prilog istraživanju promjene gustoće cjepanog ogrjevnog drva obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) usljed prirodnog sušenja
8. Krpan, A. P. B.; Zečić, T.; Poršinsky, T.; Šušnjar, M. 1998: Osnove sječe i izradbe s normama za oblo drvo, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
9. Zelić J.; Međugorac K. 2001: Ovisnost gustoće prostornog drva nekih autohtonih vrsta drveća o razdoblju prirodnog sušenja. Šumarski list, CXXV, 5-6: 263-272
10. Zelić, J.; Stojić, M. 2005: Ovisnost gustoće prostornog drva poljskog jasena i hrasta lušnjaka o prirodnom sušenju, Šumarski list, CXXIX, 3-4: 157-168.
11. Zečić Ž. 2012: Europski standardi za drvene sortimente, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
12. \*\*\*\*[http://www.sumfak.hr/~pilan/pilanarstvo/povijest\\_stanje\\_i\\_pravci\\_RH.pdf](http://www.sumfak.hr/~pilan/pilanarstvo/povijest_stanje_i_pravci_RH.pdf)
13. \*\*\*\*[http://www.hkisdt.hr/podaci/.../Europski\\_standardi\\_za\\_drvene\\_sortimente.pp](http://www.hkisdt.hr/podaci/.../Europski_standardi_za_drvene_sortimente.pp)
14. \*\*\*\*<https://solidariosnatureza.wordpress.com/2011/06/01/energija-da-biomassa/>
15. \*\*\*\*<https://www.enu.hr/ee-u-hrvatskoj/20-20-20-i-dalje/rezultati/energija-hr/>
16. \*\*\*\*<http://portal.hrsume.hr/index.php/hr/ume/opcenito/sumeuhrv>
17. \*\*\*\*[https://www.deere.ca/en\\_CA/products/equipment/harvesters/wheeled\\_harvesters/1470e/1470e.page](https://www.deere.ca/en_CA/products/equipment/harvesters/wheeled_harvesters/1470e/1470e.page)
18. \*\*\*\*<http://tajfun.com/rca/#rca-400joy?com.dotmarketing.htmlpage.language=6>
19. \*\*\*\*<http://gtpsostaric.com/binderberger/linije-za-rezanje-i-cijepanje-drva/>
20. \*\*\*\*<http://gtpsostaric.com/web-shop/ogrijevno-drvo/>



# Zabilješke

# Životopis

## OSOBNE INFORMACIJE **Ognjen Lemo**

Nova Cesta 154, 10000 Zagreb (Hrvatska)

00385922464970

olemo48@gmail.com

Spol: Muško

Datum rođenja: 25/09/1990

Državljanstvo : hrvatsko

## OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

- 01/10/2017 **Apsolvent na diplomskom studiju drvne tehnologije (drvnotehnološki procesi)**  
Šumarski fakultet  
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb (Hrvatska)  
<http://www.sumfak.hr>
- 01/10/2009–31/09/2014 **univ. bacc. ing. drvne tehnologije**  
Šumarski fakultet  
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb (Hrvatska)  
<http://www.sumfak.hr>
- 01/09/2005–01/06/2009 **SREDNJA STRUČNA SPREMA**  
Katolički školski centar „Petar Barbarić” Travnik (BiH)

## OSOBNE VJEŠTINE

Materinski jezik hrvatski

| Ostali jezici | RAZUMIJEVANJE |         | GOVOR               |                    | PISANJE |
|---------------|---------------|---------|---------------------|--------------------|---------|
|               | Slušanje      | Čitanje | Govorna interakcija | Govorna produkcija |         |
| engleski      | B2            | B2      | B2                  | B2                 | B2      |

Stupnjevi: A1/A2: Početnik - B1/B2: Samostalni korisnik - C1/C2 Iskusni korisnik  
Zajednički europski referentni okvir za jezike

Komunikacijske vještine Komunikativnost, rad u timu, otvorenost prema novim osobama i situacijama, spremnost na učenje i lako prilagođavanje novim situacijama

Organizacijske / rukovoditeljske vještine      Odgovornost, snalažljivost u iznendanim i zahtjevnim situacijama, spremnost na rad. Tokom rada u Primi imao sam priliku pratiti smjenski rad u firmi i nadzirati zaposlenike.

Računalne vještine      Svakodnevno korištenje Office paketa: word, excel, PP, internet komunikacija, društvene mreže poznavanje rada u AutoCadu

#### DODATNE INFORMACIJE

---

Vozačka dozvola      B kategorija