

# Utjecaj kvalitete i načina piljenja trupaca obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) na kvantitativno i vrijednosno iskorištenje

---

Ravnjak, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:503770>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

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



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

**IVAN RAVNJAK**

**Utjecaj kvalitete i načina piljenja trupaca  
obične bukve (*Fagus sylvatica* L.)  
na kvantitativno i vrijednosno iskorištenje**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2016.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU  
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**IVAN RAVNJAK**

**Utjecaj kvalitete i načina piljenja trupaca  
obične bukve (*Fagus sylvatica* L.)  
na kvantitativno i vrijednosno iskorištenje**

**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**

Student: **Ivan Ravnjak**

JMBAG: **0068209597**

Broj indeksa: **593/2014**

Datum odobrenja teme: **22. 03. 2016.**

Datum predaje rada: **15. 09. 2016.**

Datum obrane rada: **23. 09. 2016.**

**Zagreb, rujan, 2016.**

# Administrativni protokol

Naslov diplomskog rada	Utjecaj kvalitete i načina piljenja trupaca obične bukve ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) na kvantitativno i vrijednosno iskorištenje
Kratki biografski podaci o autoru	Ivan Ravnjak, rođen 13. 05. 1990. godine u Ljubnoj. Maturirao šk. god. 2007/2008. u Srednjoj školi „SMŠ Žepče“ Žepče. Upisao preddiplomski studij Drvne tehnologije na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu šk. god. 2009/2010., te apsolvirao šk. god. 2013/2014, Obranio završni rad 23.09.2014. Upisao diplomski studij Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu šk. god. 2014/2015. te ga apsolvirao šk. god. 2015/2016.
Adresa e - mail	Ljubna 32, Žepče, 72 230 Žepče ivan0590@net.hr
Izvođenje eksperimenta i obrada podataka	Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb
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 – VIII + 51 stranica + 37 tablica + 19 slika + 19 navoda literature
Administrativni postupak	Prijava i odobrenje teme diplomskog rada pod naslovom „Utjecaj kvalitete i načina piljenja trupaca obične bukve ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) na kvantitativno i vrijednosno iskorištenje” 22. 03. 2016. i imenovanje povjerenstva za obranu teme završnog rada u sastavu: Doc. dr. sc. Josip Ištvančić, mentor Doc. dr. sc. Alan Antonović, član Doc. dr. sc. Krešimir Greger, član
Mjesto i datum obrane	Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zavod za tehnologije materijala, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb 23. 09. 2016.

# Ključna dokumentacijska kartica

TI (naslov)	Utjecaj kvalitete i načina piljenja trupaca obične bukve ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) na kvantitativno i vrijednosno iskorištenje
AU (autor)	Ivan Ravnjak
AD (adresa)	Ljubna 32, Žepče, 72 230 Žepče
SO (izvor)	Šumarska knjižnica – Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb
PY (godina objave)	2016
LA (izvorni jezik)	Hrvatski
LS (jezik sažetka)	Hrvatski
DE (ključne riječi)	Obična bukva ( <i>Fagus sylvatica</i> L.), kružno piljenje, piljenje u cijelo, kvantitativno iskorištenje, vrijednosno iskorištenje
GE (zemlja objave)	Hrvatska
PT (vrsta objave)	Diplomski rad
VO (volumen)	I – VIII + 51 stranica + 37 tablica + 19 slika + 19 navoda literature
AB (sažetak)	<p>U radu su eksperimentalno i teorijski istraženi pokazatelji uspješnosti pilanske obrade trupaca obične bukve. Istraživani su pokazatelji kvantitativnog i vrijednosnog iskorištenja trupaca I, II. i III. klase u dva načina piljenja, kružno i piljenje u cijelo. Za potrebe svakog načina piljenja za svaku istraživanu klasu ispiljeno je 5 trupaca, odnosno sveukupno 30 komada. Trupci su piljeni prema programu u debljinu piljenica 50 mm koje su razvrstane prema internom načinu razvrstavanja u A i B klasu. Svaki trupac je za potrebe istraživanja izmjeran i evidentiran prije ulaska u tehnološki proces. Izmjerena mu je duljina te promjeri sa korom i bez kore. Primarno piljenje je izvedeno na tračnoj pili trupčari. Za prikrajčivanje i okrajčivanje piljenica na zadane mjere koristile su se kružne pile. Svaka piljenica je evidentirana te su izmjerene njene dimenzije i određena kvaliteta prema normama.</p> <p>Kvantitativno iskorištenje pri piljenju kružnim načinom piljenja kretalo se u rasponu od 69,6 do 70,5% pri izradi neokrajčenih piljenica, odnosno 40,0 do 44,8 % pri izradi okrajčenih piljenica. Kvantitativno iskorištenje pri piljenju načinom piljenja u cijelo kretalo se u rasponu od 77,3 do 81,8% pri izradi neokrajčenih piljenica, odnosno 46,0 do 57,9 % pri izradi okrajčenih piljenica. Koeficijent vrijednosnog iskorištenja pri piljenju kružnim načinom piljenja pri izradi okrajčenih piljenica kretao se u rasponu od 0,2995 do 0,4052. Koeficijent vrijednosnog iskorištenja pri piljenju načinom piljenja u cijelo pri izradi okrajčenih piljenica kretao se u rasponu od 0,3235 do 0,4469.</p> <p>Sveukupno gledano porastom kvalitete trupaca raslo je iskorištenje za obadva načina piljenja. Gledano obzirom na način piljenja bolje iskorištenje je postignuto piljenjem u cijelo.</p>

# Key words documentation

TI (Title)	The impact of quality and sawing method of European beech ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) saw logs on the quantity and value recovery
OT (Original Title)	Utjecaj kvalitete i načina piljenja trupaca obične bukve ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) na kvantitativno i vrijednosno iskorištenje
AU (Author)	Ivan Ravnjak
AD (Address of Author)	Ljubna 32, Žepče, 72 230 Žepče
SO (Source)	Library of Forestry Faculty of Zagreb University, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Croatia
PY (Publication Year)	2016
LA (Language of Text)	Croatian
LS (Language of Summary)	English
DE (Descriptors)	
GE (Geo. Headings)	Croatia
PT (Publication Type)	Graduate thesis
VO (Volume)	I - VIII + 51 pages + 37 tables + 19 figures + 19 references
AB (Abstract)	<p>The paper presents experimental and theoretical research on efficiency indicators in sawn European beech logs. Quantitative and value yields were researched. Samples of logs classified as I, II and III were examined after two methods of sawing, round and live sawing. The logs were sawn into 50 mm thick sawn board. For this research, every log was measured and registered before the technological processing. The length and the diameter of logs with bark and without bark were measured. The logs were sawed with a log band saw. Circular saws were used for removing edges and cutting timber into default length. Every sawn boards was registered, measured and its quality was defined according to the standards. Quantitative yield of round sawing was between 69,6% and 70,5% for the un-edged sawn board, and between 40,0% and 44,8% for the edged sawn board. Quantitative yield of live sawing was between 77,3% and 81,8% for the un-edged sawn board, and between 46,0% and 57,9% for the edged sawn board. Value yield of round sawing ranged between 0,2995 to 0,4052. Value yield of live sawing ranged between 0,3235 to 0,4469.</p>

# Popis slika

<b>Slika 1.</b> Bukova šuma	11.
<b>Slika 2.</b> Zemljopsni prikaz BiH	11.
<b>Slika 3.</b> Struktura šuma BiH	12.
<b>Slika 4.</b> Bukovo stablo (lijevo), lišće bukve (desno)	23.
<b>Slika 5.</b> Detalj obratka od bukovine sa obojenim srcem (kern)	24.
<b>Slika 6.</b> Mjerenje promjera i duljine trupaca	27.
<b>Slika 7.</b> Doprema trupaca na pilanu	32.
<b>Slika 8.</b> Stovarište trupaca	32.
<b>Slika 9.</b> Trupci pripremljeni za istraživanje	32.
<b>Slika 10.</b> Tračna pila trupčara	32.
<b>Slika 11.</b> Kružna pila za poprečno raspiljivanje	33.
<b>Slika 12.</b> Kružna pila za uzdužno raspiljivanje	33.
<b>Slika 13.</b> Složeni paketi piljenica	34.
<b>Slika 14.</b> Grafički prikaz udjela piljenica iz trupaca piljenih kružno	40.
<b>Slika 15.</b> Grafički prikaz udjela piljenica iz trupaca piljenih u cijelo	41.
<b>Slika 16.</b> Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca pri izradi neokrajčenih piljenica	44.
<b>Slika 17.</b> Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca pri izradi okrajčenih piljenica	44.
<b>Slika 18.</b> Grafički prikaz kvalitativnog iskorištenja pri izradi okrajčenih piljenica	47.
<b>Slika 19.</b> Grafički prikaz vrijednosnog iskorištenja pri izradi okrajčenih piljenica	50.

# Popis tablica

<b>Tablica</b>	<b>1.</b>	<i>Približna prosječna struktura kvantitativnog iskorištenja pilanskih bukovih trupaca te općenito pilanskih trupaca tvrdih listača klasičnom tehnologijom i tehnologijom drvnih elemenata (Brežnjak 1977)</i>	<b>17.</b>
<b>Tablica</b>	<b>2.</b>	<i>Prosječno kvantitativno, kvalitativno i vrijednosno iskorištenje pri raspiljivanju pilanskih trupaca bukve III. klase, uz klasičnu i namjensku tehnologiju (Zubčević 1973)</i>	<b>17.</b>
<b>Tablica</b>	<b>3.</b>	<i>Utjecaj karakterističnih grešaka bukovih trupaca na kvalitativnu strukturu ispiljenih piljenica (Palović 1973)</i>	<b>18.</b>
<b>Tablica</b>	<b>4.</b>	<i>Prosječno kvantitativno, kvalitativno i vrijednosno iskorištenje pri raspiljivanju pilanskih trupaca bukve III. klase radialnim i tangentnim načinom prizmiranja (Gregić 1979)</i>	<b>18.</b>
<b>Tablica</b>	<b>5.</b>	<i>Prosječno kvantitativno i vrijednosno iskorištenje pri raspiljivanju pilanskih trupaca bukve I, II. i III. klase tračnim pilama trupčarama tehnikama piljenja prizmiranjem i kružno (Zubčević 1983)</i>	<b>19.</b>
<b>Tablica</b>	<b>6.</b>	<i>Struktura kvantitativnog iskorištenja bukovih trupaca i piljenica iz stabala starosti 80 i 140 godina (Krutel 1983)</i>	<b>19.</b>
<b>Tablica</b>	<b>7.</b>	<i>Prosječno kvantitativno iskorištenje i utrošak vremena pri raspiljivanju bukovog prostornog drva različitih oblika (Nikolić i dr. 1977)</i>	<b>21.</b>
<b>Tablica</b>	<b>8.</b>	<i>Prikaz rezultata istraživanja utjecaja kvalitete bukovih trupaca na strukturu glavnih i sporednih proizvoda u pilanskoj preradi. ( Boris Šošić i Ranko Popadić 2007)</i>	<b>22.</b>
<b>Tablica</b>	<b>9.</b>	<i>Vrijednosti nekih fizikalnih i mehaničkih svojstava obične bukve</i>	<b>25.</b>
<b>Tablica</b>	<b>10.</b>	<i>Osnovni parametri strojeva u pilani</i>	<b>34.</b>
<b>Tablica</b>	<b>11.</b>	<i>Cijene i koeficijenti korišteni u istraživanju</i>	<b>36.</b>
<b>Tablica</b>	<b>12.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca I. klase piljenih kružno</i>	<b>38.</b>
<b>Tablica</b>	<b>13.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca II. klase piljenih kružno</i>	<b>38.</b>
<b>Tablica</b>	<b>14.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca III. klase piljenih kružno</i>	<b>38.</b>
<b>Tablica</b>	<b>15.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca I. klase piljeni u cijelo</i>	<b>39.</b>
<b>Tablica</b>	<b>16.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca II. klase piljeni u cijelo</i>	<b>39.</b>
<b>Tablica</b>	<b>17.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca III. klase piljeni u cijelo</i>	<b>39.</b>
<b>Tablica</b>	<b>18.</b>	<i>Podaci o ispiljenim piljenicama piljenih kružno sa odnosom dobivenog kvaliteta A i B</i>	<b>40.</b>
<b>Tablica</b>	<b>19.</b>	<i>Podaci o ispiljenim piljenicama piljenih u cijelo sa odnosom dobivenog kvaliteta A i B</i>	<b>41.</b>
<b>Tablica</b>	<b>20.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvantitativnog iskorištenja trupaca I. kla piljeni kružno</i>	<b>42.</b>
<b>Tablica</b>	<b>21.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvantitativnog iskorištenja trupaca II. klase piljeni kružno</i>	<b>42.</b>
<b>Tablica</b>	<b>22.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvantitativnog iskorištenja trupaca III. klase piljeni kružno</i>	<b>42.</b>
<b>Tablica</b>	<b>23.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvantitativnog iskorištenja trupaca I. klase piljeni u cijelo</i>	<b>43.</b>
<b>Tablica</b>	<b>24.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvantitativnog iskorištenja trupaca II. klase piljeni u cijelo</i>	<b>43.</b>
<b>Tablica</b>	<b>25.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvantitativnog iskorištenja trupaca III. klase piljeni u cijelo</i>	<b>43.</b>
<b>Tablica</b>	<b>26.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca I. klase piljeni kružno</i>	<b>45.</b>
<b>Tablica</b>	<b>27.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca II. klase piljeni kružno</i>	<b>45.</b>
<b>Tablica</b>	<b>28.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca III. klase piljeni kružno</i>	<b>45.</b>
<b>Tablica</b>	<b>29.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca I. klase piljeni u cijelo</i>	<b>46.</b>
<b>Tablica</b>	<b>30.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca II. klase piljeni u cijelo</i>	<b>46.</b>
<b>Tablica</b>	<b>31.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca III. klase piljeni u cijelo</i>	<b>46.</b>
<b>Tablica</b>	<b>32.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca I. klase piljeni kružno</i>	<b>48.</b>
<b>Tablica</b>	<b>33.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca II. klase piljeni kružno</i>	<b>48.</b>
<b>Tablica</b>	<b>34.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca III. klase piljeni kružno</i>	<b>48.</b>
<b>Tablica</b>	<b>35.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca I. klase piljeni u cijelo</i>	<b>49.</b>
<b>Tablica</b>	<b>36.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca II. klase piljeni u cijelo</i>	<b>49.</b>
<b>Tablica</b>	<b>37.</b>	<i>Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca III. klase piljeni u cijelo</i>	<b>49.</b>



# Korišteni znakovi

<b>V</b>	- volumen
<b>HRN</b>	- Hrvatska norma
<b>EN</b>	- Europska norma
<b>%</b>	- postotak
<b>m<sup>3</sup></b>	- metar kubni
<b>cm</b>	- centimetar
<b>mm</b>	- milimetar
<b>m</b>	- metar
<b>KW</b>	- kilovat
<b>god</b>	- godina
<b>JUS</b>	- Jugoslavenski standard
<b>BiH</b>	- Bosna i Hercegovina
<b>Ha</b>	- hektar

# Predgovor

Pri izradi ovog rada pomogao mi je doc. dr. sc. Josip Ištvančić kojem se zahvaljujem na ukazanoj pomoći, povjerenju, savjetima i potrebnim materijalima koji su mi bili nužni za izradu ovog rada. Zahvalio bih se djelatnicima tvrtke „Tonino-Holz“, pilane u Žepču, koja mi je omogućila da u njihovom prostoru u tijeku proizvodnje obavim mjerenja koja su mi bila potrebna za izradu ovog rada.

Hvala svim profesorima, asistentima i djelatnicima ovog fakulteta, kolegama koji su mi na bilo koji način pomogli prilikom studiranja.

I na kraju, zahvala mojoj cijeloj obitelji koja me podržavala tokom mog studija.

# Sadržaj

Administrativni protokol .....	I
Ključna dokumentacijska kartica .....	II
Key words documentation .....	III
Popis slika .....	IV
Popis tablica .....	V
Korišteni znakovi .....	VI
Predgovor .....	VII
Sadržaj .....	VIII
<b>1. Uvod.....</b>	<b>9</b>
1.1. Povijesni prikaz šuma i šumskog zemljišta u Bosni i Hercegovini.....	9
1.2. Obilježja bukovine za pilansku obradu.....	10
<b>2. Cilj istraživanja.....</b>	<b>13</b>
<b>3. Dosadašnja istraživanja.....</b>	<b>14</b>
3.1. Pokazatelji uspješnosti pilanske obrade drva.....	14
3.1.1. Iskorištenje u obliku piljenica.....	15
3.1.1.1. Kvantitativno iskorištenje.....	15
3.1.1.2. Kvalitativno iskorištenje.....	15
3.1.1.3. Vrijednosno iskorištenje.....	16
3.2. Iskorištenje pri pilanskoj obradi bukovine.....	16
<b>4. Objekt i metode istraživanja.....</b>	<b>23</b>
4.1. Osnovne karakteristike bukova drva.....	23
4.2. Pilanska sirovina obične bukve.....	26
4.2.1. Mjerenje trupaca.....	27
4.3. Pilanski proizvodi od obične bukve.....	28
4.3.1. HRN norme za piljenu građu obične bukve.....	28
4.3.2. Mjerenje piljenica.....	30
4.4. Piljenje trupaca obične bukve.....	32
4.4.1. Opis tehnološkog procesa.....	32
4.4.2. Kvantitativno iskorištenje u primarnoj pilani.....	35
4.4.3. Kvalitativno iskorištenje u primarnoj pilani.....	37
4.4.4. Vrijednosno iskorištenje u primarnoj pilani.....	36
4.4.5. Statistička obrada podataka.....	37
<b>5. Rezultati istraživanja.....</b>	<b>38</b>
5.1. Podaci o trupcima.....	38
5.2. Podaci o piljenicama.....	40
5.3. Kvantitativno iskorištenje trupaca.....	42
5.4. Kvalitativno iskorištenje trupaca.....	45
5.5. Vrijednosno iskorištenje .....	48
<b>6. Rasprava.....</b>	<b>51</b>
6.1. Iskorištenja u primarnoj pilani.....	51
6.1.1. Podaci o ispiljenim trupcima.....	51
6.1.2. Kvantitativno iskorištenje u primarnoj pilani.....	51
6.1.3. Kvalitativno iskorištenje u primarnoj pilani.....	52
6.1.4. Vrijednosno iskorištenje u primarnoj pilani.....	52
<b>7. Zaključci.....</b>	<b>54</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>55</b>
<b>Životopis .....</b>	<b>57</b>
<b>Zabilješke .....</b>	<b>59</b>

# 1. Uvod

Bosna i Hercegovina ima bogatu tradiciju obrade drva na pilanama. Povijesni prikazi kazuju da je prva pilana potočara za obradu četinjača i bukovog drva bila sagrađena na rijeci Miljacki u mjestu Koran 1837 god. No pravi razvoj pilana započeo je pronalaskom parnog stroja koji je i uvjetovao razvoj pilana na parni pogon. Prva parna pilana u BiH je sagrađena u sjevernom dijelu Kozare u mjestu Podgradici 1882 god. Glavni pilanski strojevi u prvim parnim pilanama bile su pune vertikalne jarmače, a kao strojevi koristile su se kružne pile. Za raspiljivanje jako debelih trupaca često su se koristile i venecijanske jarmače (sa jednim listom pile). Sljedeći korak u razvoju pilanskih strojeva bilo je ugradnja elektromotora u jedinstven sustav s različitim tipovima primarnih i sekundarnih strojeva u pilani. Nakon ugradnje elektromotora, sljedeći važan korak za piljenje trupaca bila je pojava tračne pile. Korištenje tračnih pila u Bosni i Hercegovini počelo je nakon šezdesetih godina 20. st.

Danas se u suvremenim pilanama kao glavni radni strojevi koriste razni tipovi tračnih pila, pila jarmača i kružnih pila. Kao sekundarni strojevi koriste se odgovarajuće vrste kružnih i tračnih pila.

## 1.1. Povijesni prikaz šuma i šumskog zemljišta u Bosni i Hercegovini

Bosna i Hercegovina osim što ima bogatu povijest na pilanama, bogata je i sa drvnim sirovinama. Šume i šumska zemljišta u Bosni i Hercegovini rasprostiru se na površini od oko 2,709.800 ha što čini 53% površine države. U državnom vlasništvu Federacije BiH i Republike Srpske je oko 2.186.300 ha ili 81% ,a u privatnom vlasništvu 523.500 ha ili 19 % . Pod pretežno prirodnim šumama raznih razvojnih stadija je oko 2.209.700 ha ili 81,5 % od čega je visokih šuma 1.291.900 ha ili 47,6 % i šuma panjača 917.800 ha ili 33,9 % . Šume panjače su posljedica čistih sječa na velikim površinama u visokim šumama za vrijeme Austro-Ugarske vladavine i stare Jugoslavije od 1918. do 1941. godine, čestih ratova na ovim prostorima i poslijeratnih obnova. Neobraslo šumsko zemljište zauzima oko 500.100 ha ili 18,5 % ,od čega je povoljno za pošumljavanje oko 392.300 ha, a nepovoljno za pošumljavanje oko 163.147 ha. Značajne devastacije šuma, pretežno oko urbanih područja dogodile su

se i u prethodnom ratu. Posljedica rata je i velika minirana površina od preko 100.000 ha, koja je za dulji vremenski period izgubljena za gospodarenje, a obzirom na oštećenost, predstavlja potencijalno žarište za razvoj biljnih bolesti i insekata. Drvna zaliha svih šuma se procjenjuje na oko 291.000.000 m<sup>3</sup>, od čega četinjača oko 108.000.000 m<sup>3</sup>, a listača oko 183.000.000 m<sup>3</sup>. Godišnji volumni prirast je 7.942.200 m<sup>3</sup>, od čega četinjača 3.123.100 m<sup>3</sup>, a listača 4.819.100 m<sup>3</sup>. Mogući godišnji sječni etat je 7.235.500 m<sup>3</sup>, od čega četinjača 2.589.200 m<sup>3</sup>, a listača 4.646.300 m<sup>3</sup>. Zbog nepotpunih podataka o stanju šuma zbog ratnih posljedica, da ne bi došlo do daljnjeg propadanja šuma, nakon rata ni jedne godine nije realiziran mogući obim sječa. Iz sječive drvene mase godišnja se može proizvesti neto drvene mase 5.351.000 m<sup>3</sup> šumskih drvnih sortimenata, od čega četinjača 2.191.000 m<sup>3</sup>, a listača 3.160.000 m<sup>3</sup>, za kemijsku preradu drveta 635.000 m<sup>3</sup>, rudnog i sitnog tehničkog drva 244.000 m<sup>3</sup> i ogrjevnog drva 447.000 m<sup>3</sup>. Šume s obzirom na njihovu samoobnovljivost, prirodnu strukturu, mješoviti sastav i prirodno obnavljanje, predstavljaju jedan od osnovnih resursa i u Strategiji razvoja Bosne i Hercegovine u narednom periodu. Obzirom na zemljopisni položaj Bosne i Hercegovine i utjecaju mediteranske, submediteranske, umjereno kontinentalne i planinske klime do ravnica Posavine u sastavu šuma se pojavljuje niz šumskih zajednica sa preko 100 drvenastih vrsta. Osnovne vrste drveća su jela, smreka, bijeli i crni bor, bukva i hrastovi, te manji postotak plemenitih listača i voćkarica. Ovakav sastav vrsta zahtjeva od šumarskih stručnjaka širok pogled znanja o razvoju i načinu gospodarenja istim, da bi se čuvalo i unaprijedilo stanje šumskog fonda.

## 1.2. Obilježja bukovine za pilansku obradu

Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) jedna je od značajnijih vrsta drva središnje i južne Europe, zauzima dominantno mjesto po površinskim, gospodarskim i ostalim vrijednostima. Šume toga tipa imaju dosta važno ekološko uporište Europe i šire. Njihova je vrijednost neprocjenjiva.

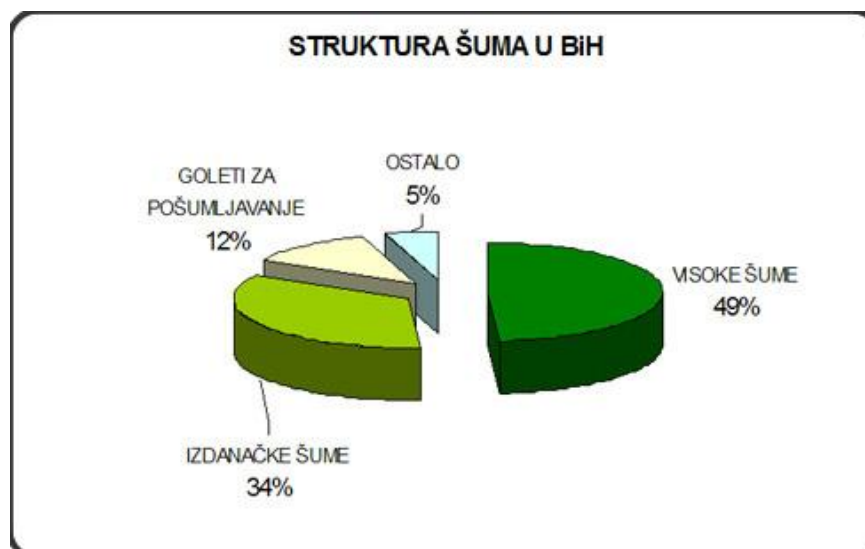


**Slika 1.** Bukova šuma

Visinsku raširenost bukve obilježava više pojaseva od nizinskog pa do predplaninskog. Bukva je jedina vrsta drveća u Europi koja se javlja prirodno na nadmorskim visinama od 100 m pa do 2000 m. Takva površinska rasprostranjenost a i visinska uz njena biološka tehnička i ekološka svojstva svrstavaju bukvu u razred najznačajnije i najrasprostranjenije vrste drveća u Europi.



**Slika 2.** Zemljopsni prikaz BiH



**Slika 3.** Struktura šuma BiH

Obična bukva je jedna od najrasprostranjenijih vrsta drveća u Bosni i Hercegovini. Zauzima oko polovine šumske površine u mješovitim sastojinama. Bukove šume u Bosni i Hercegovini su zadržale svoju prirodnu strukturu, svoj areal prirodnog rasprostiranja time su zadržale mogućnost prirodne obnove. U Bosni i Hercegovini ne postoje umjetno podignute bukove šume ili šumske kulture jer je prirodno podmlađivanje jedini način obnove bukove šume, šta je temeljna pretpostavka njihove biološke raznolikosti i stabilnosti.

U ukupnom šumskom fondu bukva je s obzirom na količinu proizvedenih pilanskih trupaca od velikog značenja za pilansku industriju Bosne i Hercegovine. Bukova piljena građa ima niz pozitivnih i negativnih svojstava. U pilanskoj obradi bukovine značajna je posebno njena dobra obradljivost njena fina tekstura ali i njene negativne osobine nepravna srž, slaba prirodna trajnost, sklona je piravosti, slaba otpornost na mikroorganizme, dimenzijska nestabilnost, sklonoš raspucavanju prilikom sušenja i transporta.

## 2. Cilj istraživanja

U Bosanskim šumama bukva je jedna od najzastupljenijih vrsta drva. Samim time je i jedna od najzastupljenijih sirovina na Bosanskim pilanama. Pošto tehnologija napreduje i kako pilane mogu preraditi sve više sirovine tako prave i kvalitetne sirovine ima sve manje u šumama.

Cilj ovog istraživanja je utvrditi postoji li razlika u uspješnosti pilanske obrade bukovih pilanskih trupaca I. II. i III. klase kvalitete piljenjem kružnim načinom piljenja i načinom piljenja u cijelo.

Uspješnost pilanske obrade utvrdit će se preko čimbenika:

- Kvantitativnog iskorištenja pri obradi trupaca u piljenice,
- Kvalitativnog iskorištenja pri obradi trupaca u piljenice i
- Vrijednosnog iskorištenje pri obradi trupaca u piljenice.

Kao objekt istraživanja u ovoj radnji korištena je pilanska sirovina obične bukve. Ovo istraživanje je ograničenog karaktera jer je provedeno na relativno malom uzorku sirovine, odnosno na 30 uzoraka trupaca u tri različite kvalitete.



## 3. Dosadašnja istraživanja

### 3.1. Pokazatelji uspješnosti pilanske obrade drva

Iskorištenje sirovine (trupaca) u primarnoj (pilanskoj) obradi ovisi o nizu čimbenika. Od same vrste i kvalitete drva, vrste (raspored pila) stroja, način piljenja trupca, vrste piljenja trupaca (namjensko ili nenamjensko) do iskustva i znanja radnika koji manipulira strojem. Kako bi se iz trupca dobilo što više piljenica, sa što većom kvalitetom, osim vanjskog izgleda, potrebno bi bilo sagledati i unutarnji izgled trupca. Vrlo često, unutar trupca se nalaze greške koje nisu vidljive izvana te se zbog toga na pilanama trupac ne ispili na najbolji mogući način. U pojedinim zemljama, pogotovo na moderniziranim pilanama postoje skeneri kojima je moguće otkriti takve greške te putem računala ponuditi način kako optimalno raspiliti trupac. Sama ta tehnologija je izrazito skupa, a i nije do kraja razvijena te još nije našla svoju pravu primjenu u industriji.

Kako je maloprije navedeno, da bi iskorištenje bilo optimalno, trebalo bi iz trupca dobiti što više kvalitetnih piljenica. Na pilanama često se trupci pile forsirajući kvantitativno iskorištenje, bez puno razmišljanja o kvaliteti izrađenih piljenica. Zbog toga su potrebna istraživanja i o kvantitativnom i kvalitativnom iskorištenju, kako bi se došlo do optimalnog načina piljenja pojedine vrste drva.

Pilanskom se obradom trupaca, osim pilanskih proizvoda, dobivaju i neki drugi nusproizvodi. Međutim, svrha je pilanske obrade drva upravo proizvodnja piljenog materijala. Kako su piljenice daleko najznačajniji i najvrjedniji pilanski proizvod, to je iskorištenje trupaca u obliku proizvodnje piljenica najznačajniji vid tog iskorištenja. Iskorištenje trupaca u obliku proizvodnje piljenica može se promatrati sa stanovišta kvantitativnog (količinskog, volumnog), kvalitativnog i vrijednosnog iskorištenja (Brežnjak 1997).

Podaci o stvarnim iskorištenjima u pilanskoj obradi drva mogu se od pilane do pilane razlikovati, jer ta iskorištenja ovise o velikom broju činitelja. Analogno je i sa istraživanjima koja su se bavila ovom problematikom. Ulazna kvaliteta pilanske sirovine izrazito se razlikuje, pa je teško postići optimizaciju iskorištenja sirovine uz željenu produktivnost rada.

### **3.1.1. Iskorištenje u obliku piljenica**

U pilnanskoj se obradi drva osim piljenica dobivaju i neki drugi proizvodi. Sama svrha pilanske obrade drva proizvodnja je piljenog materijala. Piljenice su daleko najznačajniji najvrijedniji pilanski proizvod te je tako iskorištenje trupca u vidu piljenica najznačajnije.

Iskorištenje trupca u obliku proizvodnje piljenica može se promatrati kao kvantitativno, kvalitativno i vrijednosno iskorištenje. (Brežnjak 1997)

#### **3.1.1.1. Kvantitativno iskorištenje**

Pod kvantitativnim iskorištenjem mislimo na količinu piljenica koja je proizvedena iz jednog, odnosno iz određene količine trupca. Također se može izračunati i kvantitativno iskorištenje piljenica ako iz njih izrađujemo neke druge pilanske sortimente kao što su npr. drvni elementi i popruge. Kvantitativno iskorištenje se može izračunati u obliku koeficijenta ili postotka. Pri tome treba znati radi li se o volumenu sirovih piljenica ili piljenica osušenih na neki sadržaj vode, odnosno, je li volumen piljenica obračunan s nadmjerama ili bez njih. Obično se računa sa nominalnim dimenzijama piljenica, odnosno dimenzijama bez nadmjera. Cilj kod prerade trupca jest postići što veće kvantitativno iskorištenje imajući na umu njihovu cijenu (Brežnjak, 1997.).

#### **3.1.1.2. Kvalitativno iskorištenje**

Cilj je svake racionalne obradbe da se, osim što većeg kvantitativnog iskorištenja trupca, proizvedu i piljenice što bolje kvalitete. To znači da treba nastojati iz trupca ispiliti u što većim količinama što vrednije sortimente, u što boljim klasama kakvoće, odnosno piljenice koje na tržištu postižu što višu cijenu. Naravno da smo pri tom u praksi često ograničeni i traženom specifikacijom piljenica.

Kvalitativno iskorištenje trupca obično se izražava prosječnim koeficijentom kvalitete svih piljenica izrađenih iz trupca, odnosno iz dane količine trupca. Također se može izračunati i kvalitativno iskorištenje piljenica ako iz njih izrađujemo neke druge pilanske sortimente. Koeficijenti kvalitete iste kvalitetne skupine piljenica zapravo znače relativni odnos cijena piljenica različite kvalitete. Obično se za

najskuplje pilanske proizvode uzima da je vrijednost koeficijenata kvalitete 1,00. S cijenom tih najvrijednijih pilanskih proizvoda podijele se zatim cijene ostalih pilanskih proizvoda i tako se dobiju njihovi koeficijenti kvalitete. Umjesto koeficijenata kvalitete, može se prosječni koeficijent kvalitete izračunati uzimajući u proračun samo cijene određenih proizvoda (Brežnjak, 1997.).

### **3.1.1.3. Vrijednosno iskorištenje**

Samo prosječno kvantitativno ili samo prosječno kvalitativno iskorištenje trupca ne može dati uvijek i pouzdanu sliku o uspješnosti određenog načina obradbe u pilani, gledano sa stanovišta iskorištenja sirovine. To je stoga što uz nastojanje da se postigne što veće količinsko iskorištenje trupca može doći do osjetnog smanjenja njihova kvalitativnog iskorištenja, tj. do proizvodnje piljenica slabije kvalitete. Vrijedi i obrnuto: uz zahtjev proizvodnje visokokvalitetnih piljenica može jako opasti kvantitativno iskorištenje trupca. Stoga tek istodobno uzimanje u obzir i kvantitativnog i kvalitativnog iskorištenja može dati pravi uvid u uspješnost iskorištenja trupca, odnosno uspješnost načina njihove prerade u piljenice.

Pokazatelj koji u isti mah uzima u obzir i kvalitativno i kvantitativno iskorištenje trupca jest koeficijent (prosječnog) vrijednosnog iskorištenja trupca. On se može izračunati kao umnožak prosječnog koeficijenta kvantitativnog i kvalitativnog iskorištenja trupca. Također se može izračunati i vrijednosno iskorištenje piljenica ako iz njih izrađujemo neke druge pilanske sortimente. Cilj uspješnog raspiljivanja trupca je, dakle, prvenstveno postizanje što većeg vrijednosnog iskorištenje trupca iako će naravno biti slučajeva kada će se iz raznih razloga biti potrebno zahtijevati ili što veće kvantitativno ili što veće kvalitativno iskorištenje (uzimajući u proračun samo cijene određenih proizvoda (Brežnjak, 1997.).

## **3.2. Iskorištenje pri pilanskoj obradi bukovine**

Vrlo je interesantna činjenica da je u nekim pilanama koje obrađuju bukovinu pretežito loše kakvoće, količinsko iskorištenje uvođenjem tehnologije drvnih elemenata, ostalo podjednako onomu uz raniju tehnologiju izradbe standardne piljene građe. Obrazloženje se može naći u većem korištenju tračnih pila kao primarnih i sekundarnih strojeva, kao i tomu da su i u klasičnoj tehnologiji napadali pretežito "sitni" sortimenti (popruge). Ipak je uzimajući u obzir sve bukove pilane

prosječno količinsko iskorištenje bukovine uvođenjem tehnologije drvnih elemenata nešto opalo (tablica 2). To je logično, imajući u vidu da se tom tehnologijom skoro sve primarne piljenice (osim najkvalitetnijih samica i polusamica te najlošijih srčanica) dalje u samoj pilani obrađuju u, pretežito, sitne elemente za proizvodnju namještaja (Brežnjak 1977).

**Tablica 1.** Približna prosječna struktura kvantitativnog iskorištenja pilanskih bukovih trupaca te općenito pilanskih trupaca tvrdih listača klasičnom tehnologijom i tehnologijom drvnih elemenata (Brežnjak 1977)

Struktura proizvoda	Prosječna struktura iskorištenja obzirom na primjenjenu pilansku tehnologiju %			
	Klasična tehnologija		Namjenska tehnologija	
	Bukva	Ostale tvrde listače	Bukva	Ostale tvrde listače
Piljenice, odnosno drveni elementi	50	52	45	40
Krupni pilanski ostatak	23	20	25	27
Piljevina	18	15	19	17
	9	13	11	16

Zubčević (1973) je utvrdio da je ukupno količinsko iskorištenje bukovih trupaca III. klase manje pri namjenskoj pilanskoj tehnologiji nego klasičnoj pilanskoj tehnologiji. Kvantitativno iskorištenje prati povećanje srednjeg promjera. Kvalitativno i vrijednosno iskorištenje pri namjenskoj tehnologiji redovito je veće nego pri klasičnoj pilanskoj tehnologiji (tablica 2).

**Tablica 2.** Prosječno kvantitativno, kvalitativno i vrijednosno iskorištenje pri raspiljivanju pilanskih trupaca bukve III. klase, uz klasičnu i namjensku tehnologiju (Zubčević 1973)

Promjer trupaca cm	Iskorištenja obzirom na primijenjenu pilansku tehnologiju			
	Primijenjena pilanska tehnologija	Kvantitativno, %	Kvalitativno, koef.	Vrijednosno, koef.
25 – 30	Klasična pilanska tehnologija	39,66	1,028	0,407
31 – 35		43,85	1,047	0,458
36 – 45		44,23	1,076	0,475
≥ 46		47,82	1,025	0,490
25 – 30	Namjenska pilanska tehnologija	38,23	1,497	0,560
31 – 35		40,15	1,503	0,558
36 – 45		42,02	1,412	0,581
≥ 46		46,53	1,429	0,651

Palovič je (1973) došao je do zaključka da kvantitativno iskorištenje u obliku bukovih piljenica raste linearno od oko 64% za trupce promjera 20 cm do oko 80% za trupce 60 cm promjera. Također je utvrdio da se povećanjem promjera trupaca povećava i kvantitativno iskorištenje trupaca u vidu piljenih drvnih elemenata. Nadalje je utvrdio je da na kvalitativno iskorištenje u obliku bukovih piljenica najveće značenje

imaju kvрге, neprava srži i zakrivljenost trupaca. Kao što je vidljivo u tablici 4. prosječno kvalitativno iskorištenje bukovih trupaca jako opada s pojavom grešaka u srži i kvrga, a nešto manje i sa pojavom zakrivljenosti trupaca. Na kvantitativno iskorištenje bukovih piljenica pri njihovoj obradbi u drvene elemente najviše pak utječe veličina neprave srži i broj kvrga, dok je zakrivljenost od relativno manjeg značaja.

**Tablica 3.** Utjecaj karakterističnih grešaka bukovih trupaca na kvalitativnu strukturu ispiljenih piljenica (Palović 1973)

Karakteristika bukove pilanske sirovine	Struktura ispiljenih piljenica obzirom na njihovu klasu kakvoće				
	%				
	A	I	II	III	Σ
Bez neprave srži	7,71	18,98	48,33	24,98	100
S malom nepravom srži	7,42	15,33	45,63	31,62	100
S velikom nepravom srži	4,49	13,38	22,61	59,52	100
Bez kvrga	9,33	19,09	45,70	25,88	100
S kvrgama	5,15	14,04	41,54	39,27	100
Bez zakrivljenosti	7,87	17,56	43,51	31,06	100
Sa zakrivljenošću	6,45	13,51	44,38	35,66	100

Gregić je (1979) utvrdio da se pilanskom obradom bukovih trupaca III. klase radijalnim načinom raspiljivanja prizama postižu bolji efekti nego uobičajenim tangencijalnim načinom, što se posebno ogleda u većem vrijednosnom iskorištenju pri radijalnom raspiljivanju prizama (tablica 4).

**Tablica 4.** Prosječno kvantitativno, kvalitativno i vrijednosno iskorištenje pri raspiljivanju pilanskih trupaca bukve III. klase radijalnim i tangencijalnim načinom prizmiranja (Gregić 1979)

Promjer trupaca cm	Iskorištenja	Iskorištenja obzirom na mjesto i primjenjeni način piljenja					
		Primarna pilana		Doradna pilana		Konačni asortiman	
		Tangenti	Radijalni	Tangenti	Radijalni	Tangenti	Radijalni
34 – 39	Kvantitativno, %	68,99	71,61	51,11	51,74	43,04	39,80
	Kvalitativno, koef.	0,451	0,461	1,221	1,268	0,932	1,162
	Vrijednosno, koef.	0,310	0,232	0,623	0,656	0,401	0,462
40 – 45	Kvantitativno, %	70,00	73,36	58,07	51,29	49,43	42,56
	Kvalitativno, koef.	0,443	0,465	1,302	1,323	0,927	1,135
	Vrijednosno, koef.	0,310	0,339	0,756	0,679	0,458	0,483
46 – 50	Kvantitativno, %	68,66	69,80	53,54	58,89	48,43	50,53
	Kvalitativno, koef.	0,467	0,473	1,203	1,303	0,833	0,942
	Vrijednosno, koef.	0,323	0,330	0,644	0,767	0,403	0,476
50 – 54	Kvantitativno, %	65,85	73,94	57,61	51,77	48,32	46,60
	Kvalitativno, koef.	0,451	0,444	1,282	1,368	0,858	1,014
	Vrijednosno, koef.	0,298	0,329	0,739	0,708	0,414	0,473

Zubčević je u istraživanju (1972 i 1983.) razmatrao odnose iskorištenja bukovih trupaca I, II, i III. klase promjera preko 34 cm prilikom njihova raspiljivanja na tračnim pilama prizmiranjem i kružno u oba slučaja paralelno sa osi i plaštom trupca. Utvrdio je da je kvantitativno iskorištenje za trupce I. i II. klase bilo najveće kada su raspiljivani prizmiranjem paralelno sa osi. Kod trupaca III. klase najveće kvantitativno iskorištenje je dalo kružno piljenje paralelno sa osi trupca. Vrijednosno iskorištenje za I. klasu trupaca je bilo najveće kada su trupci raspiljeni paralelno sa osi. Trupci II. klase dali su najveće iskorištenje kada su raspiljeni kružnim piljenjem paralelno sa plaštem trupca. III. klasa trupaca dala je najbolje rezultate kada su trupci raspiljeni prizmiranjem paralelno sa plaštem trupca. Općenito gledano bukovi trupci sa nepravom srži I. klase promjera preko 34 cm, daju veće vrijednosno iskorištenje ako se na tračnim pilama trupčarama prerađuju prizmiranjem. Trupci II. i III. klase daju pak veće iskorištenje uz kružno piljenje (tablica 5).

**Tablica 5.** Prosječno kvantitativno i vrijednosno iskorištenje pri raspiljivanju pilanskih trupaca bukve I, II. i III. klase tračnim pilama trupčarama tehnikama piljenja prizmiranjem i kružno (Zubčević 1983)

Promj. trupca	Klasa	Kvantitativno i vrijednosno iskorištenje obzirom na način piljenja i duljinu trupca											
		Prizmiranje						Kružno piljenje					
		Kvantitativno iskorištenje, % obzirom na duljinu trupca, m					Vrijednosno iskorištenje koef.	Kvantitativno iskorištenje, % obzirom na duljinu trupca, m					Vrijednosno iskorištenje koef.
		2	3	4	5	2-5		2	3	4	5	2-5	
34 – 35	I	58,46	67,70	63,07	52,30	60,38	0,426	59,23	60,77	57,70	63,84	60,38	0,417
	II	53,84	55,00	53,07	55,38	54,32	0,386	55,38	59,31	51,54	59,23	56,36	0,389
	III	47,69	47,31	43,07	45,38	45,86	0,366	53,07	52,31	46,92	49,61	50,47	0,372
44 – 45	I	61,92	63,84	69,23	68,07	65,76	0,427	61,54	66,15	67,69	64,61	64,99	0,423
	II	57,69	55,38	58,46	52,31	55,96	0,391	56,92	56,54	61,15	53,84	57,11	0,403
	III	46,92	52,69	51,54	50,76	50,47	0,373	54,61	51,54	52,69	52,21	52,76	0,387
54 – 55	I	57,69	59,23	57,69	...	58,20	0,424	53,84	56,92	58,84	...	56,53	0,418
	II	48,46	51,54	56,92	...	52,30	0,385	50,76	56,92	59,23	...	55,63	0,392
	III	33,84	39,61	43,07	...	38,84	0,369	38,46	41,92	46,15	...	42,17	0,373

Rezultati istraživanja (Krutel 1983) prikazani u tablici 6, pokazali su da je i kvantiteta i kakvoća pilanskih proizvoda izrađenih iz bukovih trupaca opadala s povećanjem vijeka života stabla iznad 80 godina.

**Tablica 6.** Struktura kvantitativnog iskorištenja bukovih trupaca i piljenica iz stabala starosti 80 i 140 godina (Krutel 1983)

Iskorištenje obzirom na	Životna dob stabla iz kojeg su izrađeni trupci, godina	Struktura kvantitativnog iskorištenje obzirom na vrstu pilanskih proizvoda, %				
		Drvni elementi	Samice	Popruge	Ostalo	Σ
Piljenice	80	32,2	8,2	24,1	2,1	66,6
	140	17,7	8,7	14,4	3,2	44,0
Trupce	80	23,6	6,0	17,7	1,5	48,8
	140	13,5	6,6	11,1	2,4	33,5

Rezultati istraživanja (Gotycz i Hruzik 1996) su pokazali da je vrijednosno iskorištenje ukoliko se razmatraju samo elemenati teksture blistače za 3 do 8% veće prilikom primarnog piljenja izvedenog kružnim načinom paralelno sa izvodnicama trupca. Ovo iskorištenje ima tendenciju rasta porastom promjera. Sveukupno gledano vrijednost elemenata je ipak veća uobičajenim načinom kružnog piljenja paralelno sa osi trupca, no razlike su vrlo male i imaju težnju ka izjednačenju porastom promjera.

Škaljić (2002) je istraživao utjecaj rasprostiranja neprave srži po duljini trupca te njen značaj na kvantitativno iskorištenje torusa (čiste bjeljike) trupca zavisno o načinu simuliranog piljenja. Utvrdio je da na uzorku koji je istraživao postoji značajna razlika između promjera neprave srži na tanjem kraju trupca i na polovici duljine, dok ne postoji značajna razlika promjera neprave srži na debljem kraju trupca i na polovici duljine. S porastom promjera trupca rastao i porast promjera neprave srži kako na tanjem tako i na debljem kraju trupca. Kod simuliranog raspiljivanja trupaca sa manjim udjelom neprave srži po presjeku trupca piljenje u cijelo je dalo najveće iskorištenje torusa trupca. Granične vrijednosti udjela neprave srži pri piljenju neokrajčenih piljenica za koje piljenje u cijelo daje najveće iskorištenje su pri tome iznosile od 10% za trupce promjera 40 cm do 50% za trupce promjera 70 cm. Pri piljenju okrajčenih piljenica ovi udjeli se kreću od 40% za trupce promjera 40 cm do 60% za trupce promjera 70 cm.

Za slučajeve većeg udjela neprave srži po presjeku trupca najpovoljniji je kružni način piljenja. Granična vrijednost udjela neprave srži po presjeku trupca pri piljenju neokrajčenih piljenica za koje kružno piljenje daje najveće iskorištenje se kreće od 20% za trupce promjera 40 cm do 60% za promjere trupaca 65 i 70 cm. Pri piljenju okrajčenih piljenica ovi udjeli se kreću od 50% za trupce promjera 40 cm do 70% za trupce promjera 70 cm.

Istraživanja iskorištenja pri pilanskoj obradbi tanke bukove oblovine promjera 16 – 20 cm i 21 – 24 cm (Brežnjak i dr. 1978) pokazala su da iskorištenje pri raspiljivanju tanke oblovine za prvu skupinu iznosi prosječno 68%, a za drugu skupinu 69%. Iskorištenje tako dobivenih piljenica pri izradbi elemenata iznosi prosječno za prvu skupinu 70%, a za drugu skupinu 71%. Sveukupno iskorištenje pri obradbi tanke bukove oblovine u drvne elemente prosječno iznosi za prvu skupinu 48%, a za drugu skupinu 50%. Razlog za dobiveno relativno visoko kvantitativno iskorištenje je bio taj što su za pokusna raspiljivanja uzimani trupci najbolje kakvoće, tj kakvoće kao standardni trupci I. klase.

Milinović i dr. (1984) su utvrdili istraživanjem da kvantitativno iskorištenje pri obradbi tanke bukove oblovice promjera 21 do 24 cm iznosi 65,42%, a u daljnjoj obradbi tako dobivenih piljenica iznosi 50,99%. Zaključili su da je, obzirom na dobivene rezultate upitna isplativost obradbe bukove tanke oblovice u drvene elemente.

Problematikom pilanske obradbe bukovog prostornog drva (metrica) su se bavili Nikolić i dr. (1977). U jednom od istraživanja utvrđivali su kakav odnos ima oblik bukovog prostornog drva na iskorištenje i učinak pri obradbi u drvene elemente i popruge.

Utvrđili su da oblik cjepanica vrlo malo utječe na povećanje postotka iskorištenja dok krupniji, a pravilniji oblici u pravilu imaju veći postotak iskorištenja. Za obradbu oblica potrebno je utrošiti gotovo 20% više vremena nego na obradbu cjepanica, polovina i četvrtina zbog nepodobnog oblika sirovine za obradbu. Povećanje iskorištenja, učinka i samim tim ekonomičnosti proizvodnje treba tražiti u pravilnosti izradbe samih cjepanica te u pravilno odabranim dimenzijama pilanskih proizvoda koji će se iz takve sirovine izrađivati.

Ovdje nećemo dalje ulaziti u širu problematiku pilanske obradbe tanke oblovice i prostornog drva (kvalitativne i dimenzionalne osobine, mala količina takvih trupaca na jednoj pilani, neadekvatna tehnika i tehnologija obradbe i dr.).

**Tablica 7.** Prosječno kvantitativno iskorištenje i utrošak vremena pri raspiljivanju bukovog prostornog drva različitih oblika (Nikolić i dr. 1977)

Oblik prostornog drva	Kvantitativno iskorištenje i utrošak vremena	
	Kvantitativno iskorištenje, %	Utrošeno vrijeme po jedinici proizvoda min/m <sup>3</sup>
Standardne cjepanice različitih oblika	36,88	433,5
Četvrtine i polovine	36,78	571
Oblice	36,81	750

Šoškić i Popadić (2007) istraživali su strukturu glavnih i sporednih proizvoda u pilanskoj preradi bukovine. Istraživanje je izvršeno na 45 bukovih trupaca, dužine 4 metra i poprečnog presjeka 40 do 49 cm, prerađenih na tračnoj pili trupčari. Kvantitativno iskorištenje računato prema standardu za trupce I. klase iznosilo je 64,61%, za trupce II. klase 62,97%, a za trupce III. klase 60,32%. Sa padom kvalitete oblovice dolazi do smanjenja iskorištenja i do lošije strukture sortimenata odnosno povećanog učešća sitnijih sortimenata. Realni volumen trupca veći je od volumena računatog po standardu za 6% i ova razlika je manje izražena kod kvalitetnih trupaca.



Ovo utječe na činjenicu da je realno kvalitativno iskorištenje manje nego šta se dobije računanjem prema standardu i iznosi 59%. Sporednih proizvoda je približno 31%, dok je preostalih 10 % otpalo na nadmjeru. Učešće krupnih i sitnih sporednih proizvoda je približno podjednako.

**Tablica 8.** Prikaz rezultata istraživanja utjecaja kvalitete bukovih trupaca na strukturu glavnih i sporednih proizvoda u pilanskoj preradi (Šoškić i Popadić 2007).

Klase trupaca	Volumen trupaca m <sup>3</sup>	Kvantitativno iskorištenje %	Piljena građa %	Srčanica %	Sitni proizvodi %	Ukupno %
<b>I klasa</b>	10,86	64,61	59,80	23,03	17,17	100
<b>II klasa</b>	10,44	62,97	52,79	26,38	20,83	100
<b>III klasa</b>	10,24	60,32	46,24	27,55	26,21	100
<b>ukupno</b>	31,54					

## 4. Objekt i metode istraživanja

### 4. 1. Osnovne karakteristike bukova drva

Drvo trgovačkog naziva obična bukva ili europska bukva pripada botaničkoj vrsti *Fagus sylvatica* L., iz porodice Fagaceae. Strani nazivi su buche, Gemeine Buche (Njemačka), beech (Velika Britanija, SAD), hêtre (Francuska), faggio (Italija).

Bjelogorično je drvo, jako rasprostranjeno u zapadnoj, srednjoj i južnoj Europi. Najbolje uspijeva u umjereno toploj klimi sa dosta oborina. Zbog toga je u Bosni najbujnija na sjevernim padinama planina, ali uspijeva i na rubu submediteranskog područja, na južnim i zapadnim stranama, gdje su oborine zbog veće nadmorske visine vrlo obilne.

Stablo obične bukve je visoko do 40 m s glatkim ravnim *deblom* visokim 15 do 20 m srednjeg promjera 0,9 do 1 m. *Krošnja* joj je u mladosti stožasta, kasnije metlasta, sa jakim granama koje rastu pod kutem nešto većim od 45°. *Kora* mlade bukve je glatka, tamnomaslinastozelena do sivosmeđa, sjajna. Kod starih stabala kora je sedefastog sjaja, srebrnastosiva, prekrivena lišajima.



**Slika 4.** Bukovo stablo (lijevo), lišće bukve (desno)

Bukovina je tipična difuzno porozna vrsta drva, izgrađena je od članaka traheja, drvnih vlakana te radijalnoga i aksijalnoga parenhima. Cjevasti članci traheja raspoređeni su unutar godova pojedinačno, u kratkim radijalnim nizovima i

malim skupinama. Drvna su vlakanca libriformska. Radijalni parenhim bukovine izgrađuje homocelularne, jednoredne do višeredne drvene trakove. Staničje trakova čini u prosjeku 18 % obujma bukovine. Što su udjeli drvnih trakova veći, omjeri njihovih visina i širina su manji. Visina višerednih trakova iznosi 1,5 mm, a širina 0,125 mm, pa su oni dobro vidljivi običnim okom na svim presjecima drva. Aksijalni je parenhim malobrojan i njegov je udio u građi domaće bukovine zanemariv. Udio članaka traheja stalno raste, a udio se drvnih vlakana i drvnih trakova u deblu stalno smanjuje od srčike prema kori. Premda debljina staničnih stijenki drvnih vlakana od srčike prema kori raste, raste i promjer drvnih vlakana. Zbog toga se udio stijenki stanica u drvnim vlakancima vrlo malo mijenja.



**Slika 5.** Detalj obratka od bukovine sa obojenim srcem (kern)

Drvo je bjelkasto do vrlo blijedo smeđe, a stajanjem na zraku potamni do lagano crvenkasto smeđe boje. Neka stabla stvaraju tamnije obojen srednji dio tj. crveno srce (fakultativno obojena srž) sa tamnim prugama (slika ).

Široki drvni traci vidljivi su bez povećala. Na poprečnom i tangentnom presjeku zauzimaju 1/10 površine, a na radijalnom presjeku daju svilenkasti sjaj. Na poprečnom presjeku uočljivi su godovi. Struktura godova je fina.

Širina goda kreće se od 0,05 do 11,8 mm, s prosjekom 1,03 mm. Pad vrijednosti širine goda uočljiv je promatrajući izjednačenu krivulju rasporeda u radijalnom smjeru počevši od srčike do 70 – tih godina starosti s tendencijom porasta

u smjeru kore. Povećanjem nadmorske visine lokaliteta širina se goda bukova drva smanjuje. Sadržaj vode u živom stablu se kreće od 70 do 140 %, s prosjekom 110 %, a raste, promatrajući u radijalnom smjeru, od srčike prema kori.

Srednje vrijednosti fizikalnih i mehaničkih svojstava bukova drva, dobivene na temelju svih istraživanja, upućuju na veliku varijabilnost i značajan utjecaj nadmorske visine. Vrijednosti osnovnih fizikalnih i mehaničkih svojstava bukovine prikazane su u tablici 10.

Bukovina se općenito dobro obrađuje bilo ručno ili strojno, naročito se dobro tokari. Dobro se ljušti, a valjkasti oblik trupaca dozvoljava kružno ljuštenje furnira. Bez poteškoća se lijepi i može se obojiti lazurama tako da odgovara hrastovini, mahagonijevini ili orahovini. Bukovina se izuzetno dobro savija omekšana parenjem. Uspješno se savijaju komadi s kvrgama i komadi nepravilne građe.

Bukovina se može prilično brzo osušiti, ali je podložna pucanju i vitoperenju. Za vrijeme sušenja i utezanje je prilično veliko. Velika dimenzionalna nestabilnost bukovine predstavlja njen glavni tehnološki problem.

**Tablica 9.** Vrijednosti nekih fizikalnih i mehaničkih svojstava obične bukve

Bukva ( <i>Fagus Sylvatica L.</i> )					
Fizikalna svojstva			Mehanička svojstva		
Gustoća (kg/m <sup>3</sup> )	standardno suhog drva ( $\rho_0$ )	490...680...880	Čvrstoća (MPa)	na tlak	41...62...99
	prosušenog drva ( $\rho_{12-15}$ )	540...720...910		na vlak,    s vlakancima	57...135...180
	sirovog drva ( $\rho_s$ )	820...1070...1270		na vlak, ⊥ na vlakanca	
	nominalna ( $\rho_n$ )	560		na savijanje	74...123...210
Poroznost (%)		oko 55		na smicanje	8...9,5
Utezanje (%)	radijalno ( $\beta_r$ )	oko 5,8	Tvrdoća po Janki (MPa)	s vlakancima	oko 83
	tangentno ( $\beta_t$ )	oko 11,8		⊥ na vlakanca	oko 65
	volumno ( $\beta_v$ )	14,0...17,9...21,0			
Točka zasićenosti vlakanca (%)		32...35	Modul elastičnosti (GPa)		10...16...18

Nezaštićeno prirodno drvo nije otporno na napad ksilofagnih insekata i gljiva uzročnika truleži. Prilično se dobro može zaštititi raznim postupcima zaštite kao npr. vrućim i hladnim potapanjem u zaštitna sredstva bez tlaka, ili tlačnim postupcima

zaštite. Neprava srž (crveno srce) koja se često javlja u stablima vrlo je otporna na impregnaciju.

U Europi je bukovina najzastupljenija vrsta drva listača. Njena vrlo dobra mehanička i tehnološka svojstva omogućuju joj široku primjenu. Najviše se upotrebljava u industriji ljuštenog furnira, pokućstva (savijeno), a posebno stolica, u parketarstvu, kolarstvu, bačvarstvu i tokarstvu, za držala i ručke alata i oruđa, za dijelove strojeva, kundake, sportske potrepštine, klompe, za vlaknatice i iverice. Kemijski zaštićena pogodnim postupcima, bukovina se može koristiti i za konstrukcije na otvorenom, u vodogradnji i brodogradnji te za željezničke pragove. Bukovina je također celulozno i ogrjevno drvo.

## 4.2. Pilanska sirovina obične bukve

Na pilanu se može dopremiti bukova pilanska sirovina različitih specifičnih karakteristika koje ovise o načinu razvrstavanja, organizaciji i tehničkoj koncepciji proizvodnje, karakteristikama šumske eksplantacije, pilanskim sortimentima koji se proizvode i načinu mogućnosti prijevoza te sirovine do pilane.

Europske norme su koncipirane na takav način da se oblo drvo dijeli prvenstveno prema kakvoći razredima i podrazredima promjera. Prema preradbenoj namjeni izdvaja se drvo za pragove i sitno industrijsko drvo.

Prema europskim normama postoje četiri klase kakvoće bukovih trupaca, F-A, F-B, F-C i F-D s podjelom na deset razreda promjera. F-A i F-B imaju dvije podklase klasa F-A crvena i F-B crvena koja dozvoljava 100% zdravu nepravu srž.

Norme proizašle iz JUS-a sačinjene na taj način da pilansku sirovinu odnosno oblo drvo dijele prvenstveno prema namjeni, uporabi i promjeru i iz toga dolaze nazivi za pojedine oblike oblovine (furnirski trupci, pilanski trupci, trupci za ljuštenje, pragovska oblovina, itd).

Prema tom standardu, standardni pilanski trupci su po svojoj kakvoći, dimenzijama i nekim drugim parametrima već određeni za preradbu na pilanama. Prema ovim normama postoje tri razreda kvalitete bukovih trupaca, I, II, III. Najmanja duljina trupca je dva metra a najmanji promjer je 25 cm na polovici duljine trupca kod trupca II i III klase. Na pilanama se i obrađuje bukova pragovska oblovina. Za izradu



pragova oblovina može biti i lošije kvalitete ali mora biti ravna i zdrava. Kod ovakve oblovine bitan je odnos promjera i nepravne srži u odnosu na poprečni presjek praga

Bukova oblovina se može na stovarište trupaca dopreмати i u većim duljinama od standardne duljine pilanskih trupaca. Prikrajanje duge oblovine na centralnom stovarištu obavlja se tako da se trupci prikraju prema kvaliteti i standardnim duljinama. Takvi trupci se na pilanu dopremaju obično pod korom pa se ujedno i na centralnom stovarištu vrši okoravanje. Na pilanama se u dosta primjera raspiljuju trupci namjenjeni ljuštenim ili rezanim furnirima ali se s takvim trupcima želi dopuniti asortiman piljenica najbolje kvalitete.

### 4.2.1. Mjerenje trupaca

Za potrebe istraživanja trupci su na pilanu dopremljeni kamionima. Zatim se pristupilo njihovom razvrstavanju i mjerenju. Ukupno je razvrstano i izmjereno 30 bukovih trupaca, po 15 za svako piljenje, odnosno po pet trupaca I. klase, pet trupaca II. klase i pet trupaca III. klase za kružno piljenje, te isto tako za piljenje u cijelo. Svi trupci bili su približnog promjera te približne duljine.



*Slika 6. Mjerenje promjera i duljine trupaca*

Na svim trupcima u uzorku izmjereni su: duljina pomoću metra zaokružena na puni decimetar na niže te srednji promjer unakrsno izmjeren pomoću promjerke na puni centimetar na niže bez kore.

Volumen pojedinačnih trupaca obične bukve izračunat je prema formuli (1).

$$V_t = \frac{D_s^2 * \pi}{4} * L \quad \dots\dots\dots(1)$$

$V_t$  – volumen trupca obične bukve, m<sup>3</sup>

$D_s$  – srednja vrijednost unakrsnih promjera trupca obične bukve na sredini duljine, cm

$L$  – duljina trupca obične bukve, m

### 4.3. Pilanski proizvodi od obične bukve

#### 4.3.1. HRN norme za piljenu građu obične bukve

Nekada su se iz najkvalitetnijih pilanskih trupaca izrađivale kladarke i bulovi kao najkvalitetniji primarani proizvodi. Samice i polusamice odnosno okrajčene i neokrajčene piljenice danas su takav najkvalitetniji proizvod. Prema standardnim dimenzijama i prema dogovoru obično se izrađuju samice. Sama kvaliteta samica određena je normama. I, II, III i IV klasa određena je prema HRN a prema europskim normama određena je F- BA F-B1 F-B2 i F-B3, ako se na piljenicama nalazi u velikom obujmu zdrava neprava srž tada se te piljenice razvrstavaju u F-BAR , F-B1R, IF-B2R klasu. Razvrstavanje po klasama na hrvatskim pilanama se vrši prema tržišnim kriterijima koji su bazirani na dogovorima s kupcima određenih proizvoda koji se razlikuju od propisanih normi. A prema tim dogovorima samice se razvrstavaju na I/II, M (merkantil) III i IV. Mogući su i drugi načini razvrstavanja. Samice se rade obično na više načina najčešće tehnikom piljenje u cijelo. One piljenice koje se po kvaliteti ne mogu svrstati u kladarke svrstavaju se u samice. Samice se mogu svrstati u sve one neokrajčane piljenice dobivene iz centralne ili bočne zone trupca. Samice se izrađuju i iz duljih neokrajčenih piljenica koje ne zadovoljavaju kvalitetom pa se dodatnim poprečnim krojenjem same takve piljenice dobivaju se dijelovi od kojih je jedan samica (Ištvančić 2003).

Sekundarnim raspiljivanjem neokrajčenih piljenica kružnom pilom nastojimo izbaciti srce, greške oko srca ili nepravu srž te na taj način izrađujemo polusamice. Također ih se može izraditi odstranjivanjem rubnih grešaka ili zbog nekih specifičnih tehnoloških zahtjeva. Tehnikom kružnog piljenja trupaca također se mogu dobiti polusamice. Kvaliteta polusamica propisana je normama i odgovara onoj kao i za samice.

Sekundarnim raspiljivanjem u primarnim i doradnim pilanama izrađuju se bukove paralelno okrajčene piljenice. Obično se izrađuju u standardnim debljinama od 25 mm naviše, širinama 8 cm naviše i duljinama od 0,5 m naviše. Kvalitativno se razvrstavaju zavisno o normi. Prema europskim normama razvrstavaju se na F-F1 (tri od 4 strane čiste), F-F2 (tri od četiri strane čiste) a prema hrvatskim normama razvrstavaju se na I, II, III i IV klasu. Kod nas u hrvatskim pilanama korise se uglavnom tržišni kriteriji (I/II, merkantil, I/IV). Doradne piljenice namijenjene su najčešće daljnjoj obradbi za izradu popruga i drvnih elemenata u našim pilanama (Ištvančić 2003).

Iz bukovih piljenica sekundarnom obradbom najčešće se izrađuju popruge, lamel građa i drvni elementi. Tradicionalni pilanski proizvod prizmatičnog oblika obično manjih dimenzija namjenjen za daljnju obradbu i parket je popruga. Izrađuje se obično iz ostataka pri izradi krupnijih okrajčenih i neokrajčenih piljenica. Bukove popruge se klasiraju obično u I, II i III klasu prema HRN a prema europskim normama F-FA (sve četiri strane čiste), F-F1 (tri od četiri strane čiste) i F-F2 (do tri strane čiste). Klasiranje u našim pilanama obično se vrši prema normama I/II izvozna te popruge za vlastitu obradbu koje su obično lošije kvalitete u pravilu.

Iz piljenica lošije kvalitete obično se u kombinaciji sa poprugama izrađuje građa za lamel parket. To je građa pravilnog prizmatičnog oblika a dimenzije su određene prema tehnologiji proizvodnje lamel parketa kojom raspolažu kupac i proizvođač. Takva se građa obično ne klasira ali opet mora biti određene kvalitete uz koju će se omogućiti zadovoljavajući tehnološki proces i iskorištenje kod izrade lamel parketa.

Namjenski piljeni bukovi elementi pravilnog su i prizmatičnog oblika sličnog kao i popruge. Standardizirani su kod nas i proizvode se prema posebnim specifikacijama prema kojima je i utvrđena kvaliteta, suhoća, dimenzija i obrađenost. Kod europskih normi drvni elementi razvrstavaju se kao i popruge i okrajčene piljenice u F-FA (sve četiri strane čiste) F-F1 (tri od četiri strane čiste) i F-F2 (do tri strane čiste). A u praksi se klasiraju obzirom na teksturu i greške u I/II i III/IV klasu.



Klasifikacija prema stupnju obrade obično se klasificira kao grubi, poludovršeni i gotovi proizvodi. Grubi elementi su obično okarakterizirani izradom pila s nadmjerama zbog sušenja i daljnje obrade. A mogu biti u sirovom prosušenom ili željenom suhom stanju. Poludovršeni elementi su prosušeni ili suhi i obrađeni osim pila i drugim strojevima npr. blanjeni. Gotovi proizvodi su proizvodi obrađeni do te mjere da se mogu ugraditi u finalni proizvod (Ištvančić 2003).

Iz bukovine se također mogu izraditi željeznički pragovi izrađuju se radi potrebe izgradne željezničkih pruga. Prema namjeni mogu se dijeliti: obični, pragovi za skretnice, mostove i druge kolosjake. Obično se jedan prag ili dva izgrađuju iz industrijske oblovine a sama potražnja za drvenim pragovima je u opadanju zbog zamjene betonskih pragova.

Srčanice su specifičan pilanski proizvod iz bukovine. Srčanica obuhvaća srce trupca s nepravom srži. Tehnologijom prizmiranja i kružnim piljenjem najčešće se dobivaju srčanice. Mogu se također i tehnikom piljenja u cijelo i sekundarnim odstranjivanjem neprave srži na kružnim pilama za uzdužno piljenje. Izrađuju se u običnim standardnim dimenzijama piljenica greda ili prema zahtjevu. Mogu se koristiti i kod izrade namještaja kostura tapeciranog namještaja ako zadovoljavaju kvalitativno. Koriste se uglavnom kod pokrivanja složajeva vrjednije građe te za izradu podloga za složajeve piljenica (lega).

### 4.3.2. Mjerenje piljenica

Za potrebe istraživanja izrađivale su se neokrajčene i okrajčene piljenice nominalnih debljina 50 i 26 mm. No piljenice 26 mm, koje su se pilile samo za otvaranje trupca nisu se uzimale u obzir. Istraživanje se vršilo samo za piljenice debljine 50 mm. Debljina ovih piljenica sa svim nadmjerama iznosila je 55 mm. Za duljine piljenica 0,4 do 2 m, širina je trebala iznositi 9 cm naviše, a za duljine 2,1 m i više 12 cm naviše. Neokrajčene piljenice nisu po kvaliteti posebno razvrstavane dok su okrajčene piljenice razvrstavane u dvije klase kvalitete. Kriterij kvalitete za A klasu su bili: piljenice moraju biti oštrobriđna piljene, sve 4 strane čiste, bez pukotina, bez izbočenosti, sabljatosti koritavosti i vitoperosti, bez kvrga, bez neprave srži (kerna). Kriterij za B klasu: piljenice moraju biti oštrobriđna piljene, barem 3 strane čiste, bez pukotina, bez izbočenosti, sabljatosti koritavosti i vitoperosti, na jednoj strani

dopušten svijetla neprava srž, na jednoj strani dopuštene zdrave kvрге do 3 cm promjera.

Mjerenje dimenzija okrajčenih piljenica izvršeno je ručno prema normama proizišlim iz bivšeg JUS-a. Duljina piljenica mjerena je pomoću metra na puni decimetar na niže. Širina piljenica također je mjerena pomoću metra na polovini duljine piljenice ili približno na polovini (ako je to onemogućeno nekom od grešaka građe drva). Širina na neokrajčenim piljenicama je mjerena na užim stranama od sredine zaobljenja jedne strane do sredine zaobljenja druge strane sukladno EN normama. Izmjerena širina piljenice zaokružena se na pune centimetre na niže (do 5 mm preko punog centimetra), odnosno na više (6 i više mm preko punog centimetra). Širina okrajčenih piljenica mjerena je u složenim paketima sa jedne strane.

Volumen pojedinačnih piljenica obične bukve izračunat je prema formuli (2).

$$V_p = L_p * b_p * d_p \quad \dots\dots\dots(2)$$

$L_p$  – duljina piljenice obične bukve, m

$b_p$  – širina piljenice obične bukve, cm

$d_p$  – debljina piljenice obične bukve, mm

## 4.4. Piljenje trupaca obične bukve

### 4.4.1. Opis tehnološkog procesa

Bukovi trupci su dopremljeni do pilane kamionima te su odloženi na pomoćno stovarište. Svaki kamion prati popratnica na kojoj je evidentiran svaki trupac koji je dopremljen na pomoćno stovarište. Nakon toga sa lančanom pilom su prepiljeni na određene duljine i prema potrebi očeljeni.



*Slika 7. Doprema trupaca na pilanu*



*Slika 8. Stovarište trupaca*



*Slika 9. Trupci pripremljeni za istraživanje*



*Slika 10. Tračna pila trupčara*

Raspiljivanje trupaca je obavljeno na horizontalnoj tračnoj pili trupčari prema zadanom programu. Za potrebe istraživanja trupci su raspiljeni, piljenjem u cijelo i kružnim načinom piljenja. Izrađene piljenice su valjčanim transporterom transportirane do kružne pile za poprečno piljenje (slika 11). Na ovom stroju piljenice su prikraćene i definirana im je duljina. Nakon toga slijedilo je okrajčivanje i definiranje širine na jednolisnoj kružnoj pili za uzdužno raspiljivanje. Osnovni parametri korištenih strojeva u pilani navedeni su u tablici (10).



**Slika 11.** Kružna pila za poprečno raspiljivanje



**Slika 12.** Kružna pila za uzdužno raspiljivanje

Ovisno o namjeni kvaliteti i daljnjoj preradi prilikom uobičajene proizvodnje složajevi se dalje sortiraju te transportiraju na daljnju obradu ili se odmah pripremaju za utovar i transport kupcima.





Slika 13. Složeni paketi piljenica

Tablica 10. Osnovni parametri strojeva u pilani

Tračna pila trupčara			
Parametri osnovnog stroja		Parametri radnog alata	
Prizvođač	Mebor	Debljina lista pile	1,20 mm
Tip i godina proizvodnje	HTZ 1200, 2011	Širina novog lista pile	1400 mm
Pogonska snaga	30 KW	Duljina lista pile	7350 cm
Promjer kotača	1200 mm	Korak ozubljenja	35 mm
Tip kolica	...	Oblik zuba	SB
Brzina lista pile	...	Jednostrano proširenje zubaca	Stlačenje 0,6 mm
Posmična brzina	...	Stražnji kut	...
		Kut oštrenja	22
		Prednji kut	...
Kružna pila za poprečno krojenje iza TPT			
Parametri osnovnog stroja		Parametri radnog alata	
Proizvođač	Bottene	Promjer lista pile	350 mm
Tip i godina proizvodnje	1978.	Debljina lista pile	2,8 mm
Pogonska snaga	4 KW	Provrt lista pile	30 mm
Broj okretaja lista pile	2800	Broj zubi	32
		Oblik zubi	KV
		Jednostrano proširenje zubaca	Razvraka 0,6 mm
Kružna pila za uzdužno raspiljivanje iza TPT			
Parametri osnovnog stroja		Parametri radnog alata	
Proizvođač	Bratstvo	Promjer lista pile	350 mm
Tip i godina proizvodnje	AC 3, 1977.	Debljina lista pile	2,8 mm
Pogonska snaga	16 KW	Provrt lista pile	30 mm
Broj okretaja lista pile	...	Broj zubi	32
		Oblik zubi	KV
		Jednostrano proširenje zubaca	Razvraka 0,6 mm

Izvor: Pilana Tonino-Holz

#### 4.4.2. Kvantitativno iskorištenje u primarnoj pilani

Kvantitativno iskorištenje u primarnoj pilani definirano je kao odnos volumena piljenica i volumena trupaca obične bukve iz kojih su te piljenice ispiljene. U ovom istraživanju praćeno je kvantitativno iskorištenje trupaca obzirom na izrađene neokrajčene i u konačnici okrajčene piljenice. Izraženo je u vidu postotka ili koeficijenta prema formulama (3) i (4).

$$Im_{n.p.} = \frac{V_{n.p.}}{V_t} \dots\dots\dots(3)$$

$$Im_{o.p.} = \frac{V_{o.p.}}{V_t} \dots\dots\dots(4)$$

$Im_{n.p.}$  – kvantitativno iskorištenje trupaca obične bukve pri izradi neokrajčenih piljenica, koef;

$Im_{o.p.}$  – kvantitativno iskorištenje trupaca obične bukve pri izradi okrajčenih piljenica, koef;

$V_{n.p.}$  – volumen neokrajčenih piljenica obične bukve, m<sup>3</sup>

$V_{o.p.}$  – volumen okrajčenih piljenica obične bukve, m<sup>3</sup>

$V_t$  – volumen trupaca obične bukve, m<sup>3</sup>

#### 4.4.3. Kvalitativno iskorištenje u primarnoj pilani

Cilj svake racionalne pilanske obrade je da se osim što većeg kvantitativnog iskorištenja trupca, proizvedu i piljenice što bolje kvalitete. Treba nastojati iz trupca ispiliti u što većim količinama što vrednije sortimente, u što boljim klasama kvalitete.

Kvalitativno iskorištenje trupaca obične bukve izraženo je prosječnim koeficijentom kvalitete svih piljenica izrađenih iz trupca, odnosno dane količine trupaca prema formuli (5).

$$Ik_p = \frac{k_1 * V_{p_1} + k_2 * V_{p_2} + \dots\dots\dots + k_n * V_{p_n}}{V_{p_1} + V_{p_2} + \dots\dots\dots + V_{p_n}} \dots\dots\dots(5)$$

$Ik_p$  – prosječni koeficijent kvalitete piljenica obične bukve proizvedenih u primarnoj pilani

$k_{1.....n}$  – koeficijent kvalitete piljenica obične bukve iste kvalitativne skupine

$V_{p_{1.....n}}$  – volumen piljenica obične bukve istog koeficijenta kvalitete, m<sup>3</sup>

Za koeficijent 1,00 odabrane su piljenice najviše klase kakvoće (tablica 11.)

**Tablica 11.** Cijene piljenica i koeficijenti kvalitete bukovih okrajčenih piljenica korišteni za potrebe istraživanja

Jedinične cijene bukovih okrajčenih piljenica s obzirom na debljinu i klase sa pripadajućim koeficijentima kvalitete			
Klasa	A	B	Oznaka
Debljina	400	250	EUR/m <sup>3</sup> piljenica
50 mm	1	0,65	Koeficijent

Ako se prosječni koeficijent kvalitete pomnoži sa novčanim iznosom za koji je kao koeficijent kvalitete uzeta veličina 1,00 dobiva se prosječna kvaliteta svih piljenica obične bukve izražena u novcu po jedinici volumena piljenica prema formuli (6).

$$Np_p = Ik_p * cp \quad \dots\dots\dots(6)$$

$Np_p$  – prosječna kvaliteta proizvedenih piljenica obične bukve u primarnoj pilani izražena u novcu, EUR/m<sup>3</sup> piljenica

$Ik_p$  – prosječni koeficijent kvalitete piljenica obične bukve proizvedenih u primarnoj pilani

$cp$  – cijena piljenica obične bukve čija je vrijednost koeficijenata kvalitete odabrana kao 1,00, EUR/m<sup>3</sup> piljenica

#### 4.4.4. Vrijednosno iskorištenje u primarnoj pilani

Samo prosječno kvantitativno ili samo kvalitativno iskorištenje trupaca ne može uvijek dati i pouzdanu sliku o uspješnosti određenog načina obrade u pilani, gledano sa stanovišta pilanske obrade drva. To je stoga što su kategorije kvantitativnog i kvalitativnog iskorištenja antagonističke.

Pokazatelj koji istodobno uzima u obzir i kvantitativno i kvalitativno iskorištenje trupaca jest koeficijent vrijednosnog iskorištenja trupaca. On se može izračunati kao umnožak prosječnog kvantitativnog i kvalitativnog iskorištenja trupca prema formuli (7).

$$Iv_p = Im_p * Ik_p \quad \dots\dots\dots(7)$$

$Iv_p$  – koeficijent vrijednosnog iskorištenja trupaca obične bukve u primarnoj pilani

$Im_p$  – koeficijent kvantitativnog iskorištenja trupaca obične bukve u primarnoj pilani

$Ik_p$  – prosječni koeficijent kvalitete piljenica obične bukve proizvedenih u primarnoj pilani

Ako se koeficijent vrijednosnog iskorištenja pomnoži sa novčanim iznosom za koji je kao koeficijent kvalitete uzeta veličina 1,00 dobiva se prosječno vrijednosno iskorištenje trupca obične bukve izraženo u novcu po jedinici volumena trupca prema formuli (8).

$$Np_t = Iv_p * cp \quad \dots\dots\dots(8)$$

$Np_t$  – novčani izraz prosječnog vrijednosnog iskorištenja trupaca obične bukve u primarnoj pilani, EUR/m<sup>3</sup> trupaca

$Iv_p$  – koeficijent vrijednosnog iskorištenja trupaca obične bukve u primarnoj pilani

$cp$  – cijena pilanskog proizvoda obične bukve čija je vrijednost koeficijenata kvalitete odabrana kao 1,00, EUR/m<sup>3</sup> piljenica

#### 4.4.5. Statistička obrada podataka

Za izradu rada korišteni su računalni paketi Microsoft Word i Excel. U njima su obrađeni svi podaci, a njihov prikaz dat je u tablicama.



## 5. Rezultati istraživanja

### 5.1. Podaci o trupcima

Podaci o ispiljenim trupcima obične bukve I, II, i III. klase piljenih tehnikom kružnog piljenja prikazani su u tablicama 12 do 14.

**Tablica 12.** Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca I. klase piljenih kružno

Podaci o uzorcima trupaca I. klase piljenih kružno							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Ds</b>	cm	5	34	37	41	38	2,88
<b>D<sub>srži</sub></b>	cm	5	7	9	19	11,20	5,22
<b>Lt</b>	m	5	2,5	2,6	2,6	2,56	0,05
<b>Vt</b>	m <sup>3</sup>	5	0,240	0,270	0,340	0,284	0,040

**Tablica 13.** Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca II. klase piljenih kružno

Podaci o uzorcima trupaca II. klase piljenih kružno							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Ds</b>	cm	5	38	40	42	40	1,79
<b>D<sub>srži</sub></b>	cm	5	0	14	22	11,20	8,70
<b>Lt</b>	m	5	2,5	2,6	2,6	2,56	0,05
<b>Vt</b>	m <sup>3</sup>	5	0,280	0,330	0,360	0,318	0,033

**Tablica 14.** Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca III. klase piljenih kružno

Podaci o uzorcima trupaca III. klase piljenih kružno							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Ds</b>	cm	5	35	36	41	37	2,51
<b>D<sub>srži</sub></b>	cm	5	0	11	18	9,40	9,04
<b>Lt</b>	m	5	2,5	2,6	2,6	2,56	0,05
<b>Vt</b>	m <sup>3</sup>	5	0,250	0,260	0,330	0,280	0,037

Podaci o ispiljenim trupcima obične bukve I, II, i III. klase piljenih tehnikom piljenja u cijelo prikazani su u tablicama 15 do 17.

**Tablica 15.** Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca I. klase piljenih u cijelo

Podaci o uzorcima trupaca I. klase piljenih u cijelo							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Ds</b>	cm	5	35	40	42	40	2,86
<b>D<sub>srži</sub></b>	cm	5	0	11	21	10,80	7,73
<b>Lt</b>	m	5	2,5	2,6	2,6	2,56	0,05
<b>Vt</b>	m <sup>3</sup>	5	0,240	0,330	0,360	0,322	0,048

**Tablica 16.** Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca II. klase piljenih u cijelo

Podaci o uzorcima trupaca II. klase piljenih u cijelo							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Ds</b>	cm	5	36	37	41	38	2,17
<b>D<sub>srži</sub></b>	cm	5	12	16	21	15,80	3,90
<b>Lt</b>	m	5	2,5	2,6	2,6	2,58	0,05
<b>Vt</b>	m <sup>3</sup>	5	0,250	0,280	0,340	0,288	0,038

**Tablica 17.** Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca III. klase piljenih u cijelo

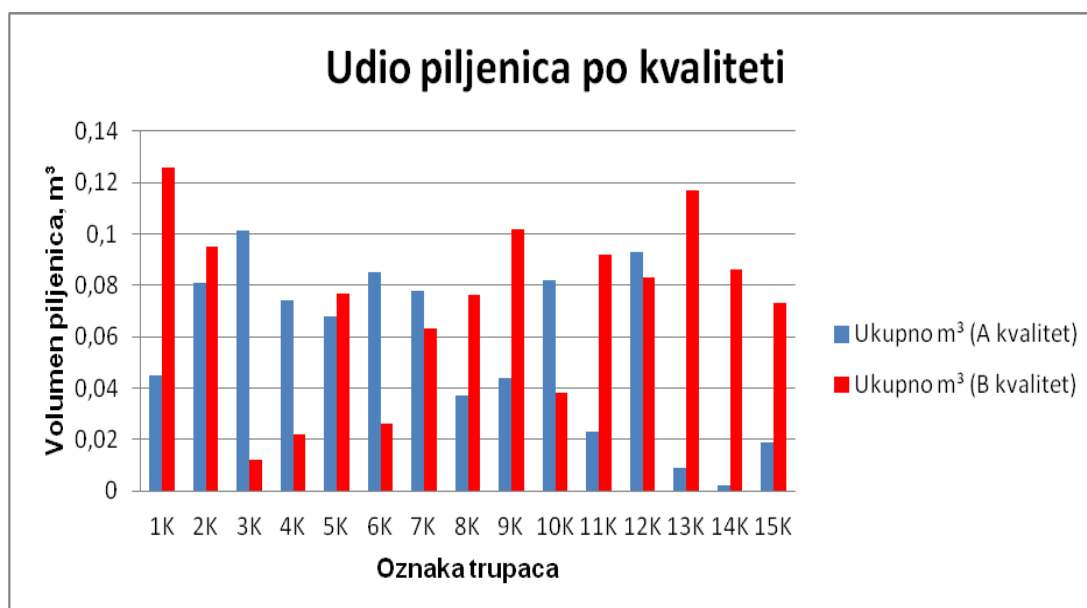
Podaci o uzorcima trupaca III. klase piljenih u cijelo							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Ds</b>	cm	5	34	37	41	37	2,51
<b>D<sub>srži</sub></b>	cm	5	12	13	20	14,40	3,36
<b>Lt</b>	m	5	2,6	2,6	2,6	2,60	0,00
<b>Vt</b>	m <sup>3</sup>	5	0,240	0,280	0,340	0,286	0,036

## 5.2. Podaci o piljenicama

Podaci o udjelima piljenica obzirom na njihovu kvalitetu piljenih iz trupaca kružnom tehnikom piljenja prikazani su u tablici (18) i na slici (14).

**Tablica 18.** Podaci o piljenicama iz trupaca piljenih kružno sa udjelima dobivene A i B kvalitete

Oznaka trupca	Ukupno m <sup>3</sup> (A kvalitet)	Ukupno m <sup>3</sup> (B kvalitet)	Ukupno m <sup>3</sup>
1K	0,045	0,126	0,171
2K	0,081	0,095	0,176
3K	0,101	0,012	0,113
4K	0,074	0,022	0,096
5K	0,068	0,077	0,145
6K	0,085	0,026	0,111
7K	0,078	0,063	0,141
8K	0,037	0,076	0,113
9K	0,044	0,102	0,146
10K	0,082	0,038	0,120
11K	0,023	0,092	0,115
12K	0,093	0,083	0,176
13K	0,009	0,117	0,126
14K	0,002	0,086	0,088
15K	0,019	0,073	0,092
Ukupno	0,841	1,088	1,929
Ukupno %	0,436	0,564	1

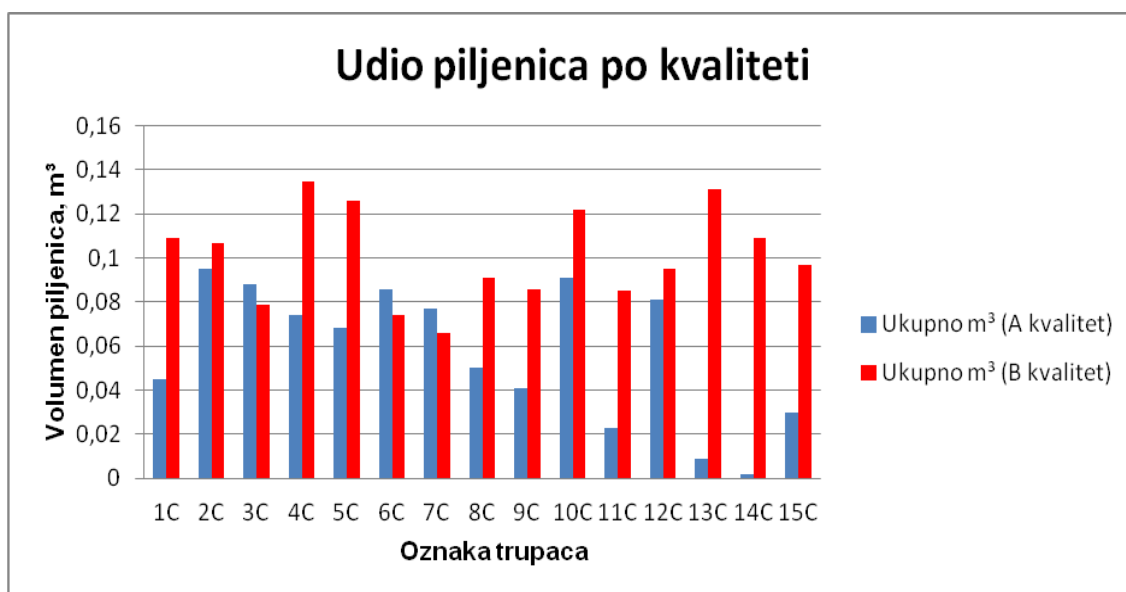


**Slika 14.** Grafički prikaz udjela piljenica iz trupaca piljenih kružno

Podaci o udjelima piljenica obzirom na njihovu kvalitetu piljenih iz trupaca tehnikom piljenja u cijelo prikazani su u tablici (19) i na slici (15).

**Tablica 19.** Podaci o piljenicama iz trupaca piljenih u cijelo sa udjelima dobivene A i B kvalitete

Oznaka trupca	Ukupno m <sup>3</sup> (A kvaliteta)	Ukupno m <sup>3</sup> (B kvaliteta)	Ukupno m <sup>3</sup>
1C	0,045	0,109	0,154
2C	0,095	0,107	0,202
3C	0,088	0,079	0,167
4C	0,074	0,135	0,209
5C	0,068	0,126	0,194
6C	0,086	0,074	0,160
7C	0,077	0,066	0,143
8C	0,050	0,091	0,141
9C	0,041	0,086	0,127
10C	0,091	0,122	0,213
11C	0,023	0,085	0,108
12C	0,081	0,095	0,176
13C	0,009	0,131	0,140
14C	0,002	0,109	0,111
15C	0,030	0,097	0,127
Ukupno	0,860	1,512	2,372
Ukupno %	0,363	0,637	1



**Slika 15.** Grafički prikaz udjela piljenica iz trupaca piljenih u cijelo

### 5.3. Kvantitativno iskorištenje trupaca

Podaci o kvantitativnom iskorištenju trupaca obične bukve I, II. i III. klase piljenih tehnikom piljenja u cijelo i kružno prikazani su u tablicama (20) do (25).

**Tablica 20.** Deskriptivna statistička obrada kvantitativnog iskorištenja trupaca I. klase piljenih kružno

Podaci o uzorcima trupaca I. klase piljenih kružno							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,240	0,270	0,340	0,284	0,040
Vn.p.	m <sup>3</sup>	5	0,156	0,208	0,237	0,201	0,037
Vo.p.	m <sup>3</sup>	5	0,096	0,145	0,176	0,140	0,035
Im <sub>n.p.</sub>		5	0,649	0,688	0,771	0,704	0,060
Im <sub>o.p.</sub>		5	0,400	0,518	0,552	0,488	0,067

**Tablica 21.** Deskriptivna statistička obrada kvantitativnog iskorištenja trupaca II. klase piljenih kružno

Podaci o uzorcima trupaca II. klase piljenih kružno							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,280	0,330	0,360	0,318	0,033
Vn.p.	m <sup>3</sup>	5	0,194	0,221	0,246	0,220	0,020
Vo.p.	m <sup>3</sup>	5	0,111	0,120	0,146	0,126	0,016
Im <sub>n.p.</sub>		5	0,636	0,668	0,791	0,696	0,068
Im <sub>o.p.</sub>		5	0,342	0,383	0,504	0,400	0,063

**Tablica 22.** Deskriptivna statistička obrada kvantitativnog iskorištenja trupaca III. klase piljenih kružno

Podaci o uzorcima trupaca III. klase piljenih kružno							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,250	0,260	0,330	0,280	0,037
Vn.p.	m <sup>3</sup>	5	0,158	0,197	0,220	0,194	0,022
Vo.p.	m <sup>3</sup>	5	0,088	0,115	0,176	0,119	0,035
Im <sub>n.p.</sub>		5	0,634	0,667	0,805	0,698	0,076
Im <sub>o.p.</sub>		5	0,352	0,406	0,533	0,421	0,077

**Tablica 23.** Deskriptivna statistička obrada kvantitativnog iskorištenja trupaca I. klase piljenih u cijelo

Podaci o uzorcima trupaca I. klase piljenih u cijelo							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,240	0,330	0,360	0,322	0,048
Vn.p.	m <sup>3</sup>	5	0,216	0,264	0,291	0,262	0,029
Vo.p.	m <sup>3</sup>	5	0,154	0,194	0,209	0,185	0,024
Im <sub>n.p.</sub>		5	0,775	0,807	0,901	0,818	0,048
Im <sub>o.p.</sub>		5	0,506	0,581	0,642	0,579	0,048

**Tablica 24.** Deskriptivna statistička obrada kvantitativnog iskorištenja trupaca II. klase piljenih u cijelo

Podaci o uzorcima trupaca II. klase piljenih u cijelo							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,250	0,280	0,340	0,296	0,038
Vn.p.	m <sup>3</sup>	5	0,209	0,218	0,297	0,242	0,040
Vo.p.	m <sup>3</sup>	5	0,127	0,143	0,213	0,157	0,034
Im <sub>n.p.</sub>		5	0,746	0,817	0,874	0,815	0,059
Im <sub>o.p.</sub>		5	0,485	0,508	0,626	0,527	0,057

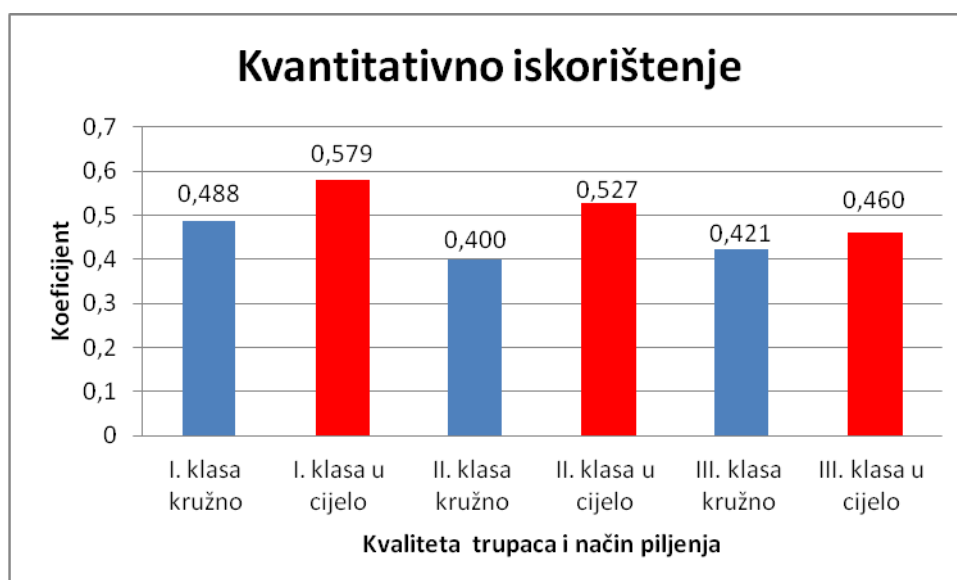
**Tablica 25.** Deskriptivna statistička obrada kvantitativnog iskorištenja trupaca III. klase piljenih u cijelo

Podaci o uzorcima trupaca III. klase piljenih u cijelo							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,280	0,290	1,430	0,524	0,507
Vn.p.	m <sup>3</sup>	5	0,203	0,229	1,105	0,404	0,392
Vo.p.	m <sup>3</sup>	5	0,111	0,140	0,662	0,243	0,235
Im <sub>n.p.</sub>		5	0,724	0,773	0,819	0,769	0,035
Im <sub>o.p.</sub>		5	0,396	0,460	0,518	0,462	0,044

Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca obične bukve I, II. i III. klase piljenih tehnikom piljenja u cijelo i kružno pri izradi neokrajčenih i poluokrajčenih (nedovršenog piljenog materijala) i okrajčenih piljenica prikazani su na slikama (16 i 17).



**Slika 16.** Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca pri izradi neokrajčenih piljenica



**Slika 17.** Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca pri izradi okrajčenih piljenica

## 5.4. Kvalitativno iskorištenje trupaca

Podaci o kvlitativnom iskorištenju trupaca obične bukve I, II. i III. klase piljenih tehnikom piljenja u cijelo i kružno prikazani su u tablicama (26) do (31).

**Tablica 26.** Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca I. klase piljenih kružno

Podaci o uzorcima trupaca I. klase piljenih kružno							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,240	0,270	0,340	0,284	0,040
V o.p.A	m <sup>3</sup>	5	0,045	0,074	0,101	0,074	0,020
V o.p.B	m <sup>3</sup>	5	0,012	0,077	0,126	0,066	0,049
V o.p.A+B	m <sup>3</sup>	5	0,096	0,145	0,176	0,140	0,035
Ikp		5	0,724	0,801	0,960	0,839	0,096
Npp	EUR/m <sup>3</sup> piljenica	5	289,47	320,34	384,07	335,71	38,36

**Tablica 27.** Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca II. klase piljenih kružno

Podaci o uzorcima trupaca II. klase piljenih kružno							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,280	0,330	0,360	0,318	0,033
V o.p.A	m <sup>3</sup>	5	0,037	0,078	0,085	0,065	0,023
V o.p.B	m <sup>3</sup>	5	0,026	0,063	0,102	0,061	0,030
V o.p.A+B	m <sup>3</sup>	5	0,111	0,120	0,146	0,126	0,016
Ikp		5	0,738	0,832	0,912	0,822	0,078
Npp	EUR/m <sup>3</sup> piljenica	5	295,21	332,98	364,86	328,93	31,18

**Tablica 28.** Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca III. klase piljenih kružno

Podaci o uzorcima trupaca III. klase piljenih kružno							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,250	0,260	0,330	0,280	0,037
V o.p.A	m <sup>3</sup>	5	0,002	0,019	0,093	0,029	0,037
V o.p.B	m <sup>3</sup>	5	0,073	0,086	0,117	0,090	0,016
V o.p.A+B	m <sup>3</sup>	5	0,088	0,115	0,176	0,119	0,035
Ikp		5	0,634	0,700	0,823	0,702	0,074
Npp	EUR/m <sup>3</sup> piljenica	5	253,41	280,00	329,26	280,87	29,59



**Tablica 29.** Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca I. klase piljenih u cijelo

Podaci o uzorcima trupaca I. klase piljenih u cijelo							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,240	0,330	0,360	0,322	0,048
V o.p.A	m <sup>3</sup>	5	0,045	0,074	0,095	0,074	0,019
V o.p.B	m <sup>3</sup>	5	0,079	0,109	0,135	0,111	0,021
V o.p.A+B	m <sup>3</sup>	5	0,154	0,194	0,209	0,185	0,024
Ikp		5	0,735	0,758	0,823	0,775	0,036
Npp	EUR/m <sup>3</sup> piljenica	5	293,83	303,11	329,04	309,82	14,47

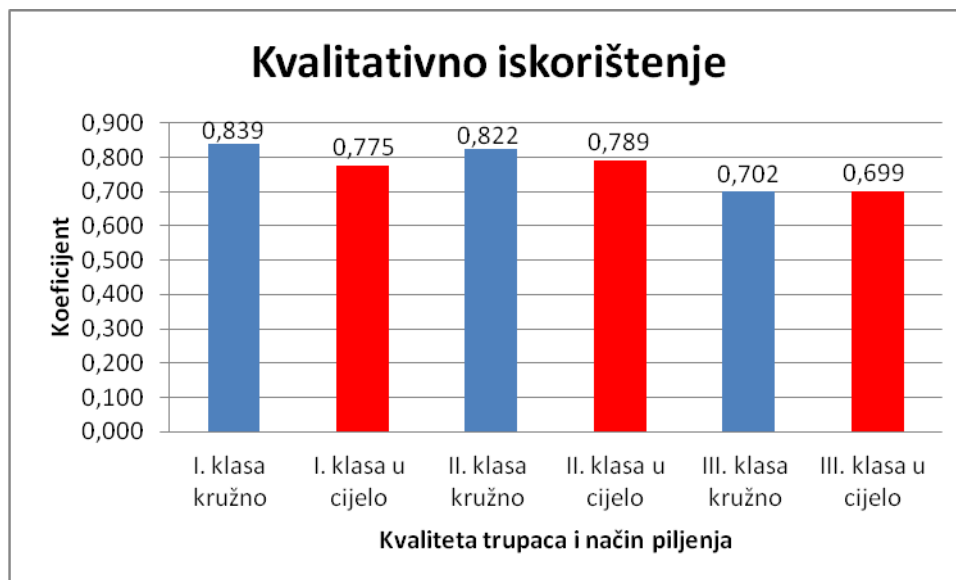
**Tablica 30.** Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca II. klase piljenih u cijelo

Podaci o uzorcima trupaca II. klase piljenih u cijelo							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,250	0,280	0,340	0,296	0,038
V o.p.A	m <sup>3</sup>	5	0,041	0,077	0,091	0,069	0,022
V o.p.B	m <sup>3</sup>	5	0,066	0,086	0,122	0,088	0,021
V o.p.A+B	m <sup>3</sup>	5	0,127	0,143	0,213	0,157	0,034
Ikp		5	0,746	0,785	0,827	0,789	0,038
Npp	EUR/m <sup>3</sup> piljenica	5	298,43	314,08	330,77	315,42	15,06

**Tablica 31.** Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca III. klase piljenih u cijelo

Podaci o uzorcima trupaca III. klase piljenih u cijelo							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,240	0,280	0,340	0,286	0,036
V o.p.A	m <sup>3</sup>	5	0,002	0,023	0,081	0,029	0,031
V o.p.B	m <sup>3</sup>	5	0,085	0,097	0,131	0,103	0,018
V o.p.A+B	m <sup>3</sup>	5	0,108	0,127	0,176	0,132	0,028
Ikp		5	0,632	0,705	0,798	0,699	0,065
Npp	EUR/m <sup>3</sup> piljenica	5	252,70	281,94	319,03	279,75	26,06

Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca obične bukve I, II. i III. klase piljenih tehnikom piljenja u cijelo i kružno pri izradi okrajčenih piljenica prikazan je na slici (18).



**Slika 18.** Grafički prikaz kvalitativnog iskorištenja pri izradi okrajčenih piljenica

## 5.5. Vrijednosno iskorištenje trupaca

Podaci o vrijednosnom iskorištenju trupaca obične bukve I, II. i III. klase piljenih tehnikom piljenja u cijelo i kružno prikazani su u tablicama (32) do (37).

**Tablica 32.** Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca I. klase piljenih kružno

Podaci o uzorcima trupaca I. klase piljenih kružno							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,240	0,270	0,340	0,284	0,040
V o.p.A+B	m <sup>3</sup>	5	0,045	0,074	0,101	0,074	0,020
Im o.p.	m <sup>3</sup>	5	0,400	0,518	0,552	0,488	0,067
lkp	m <sup>3</sup>	5	0,724	0,801	0,960	0,839	0,096
lvp		5	0,366	0,413	0,430	0,405	0,025
Npt	EUR/m <sup>3</sup> trupaca	5	146,25	165,26	172,03	162,08	9,87

**Tablica 33.** Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca II. klase piljenih kružno

Podaci o uzorcima trupaca II. klase piljenih kružno							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,280	0,330	0,360	0,318	0,033
V o.p.A+B	m <sup>3</sup>	5	0,111	0,120	0,146	0,126	0,016
Im o.p.	m <sup>3</sup>	5	0,342	0,383	0,504	0,400	0,063
lkp	m <sup>3</sup>	5	0,738	0,832	0,912	0,822	0,078
lvp		5	0,256	0,320	0,419	0,329	0,061
Npt	EUR/m <sup>3</sup> trupaca	5	102,42	128,18	167,68	131,53	24,34

**Tablica 34.** Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca III. klase piljenih kružno

Podaci o uzorcima trupaca III. klase piljenih kružno							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,250	0,260	0,330	0,280	0,037
V o.p.A+B	m <sup>3</sup>	5	0,088	0,115	0,176	0,119	0,035
Im o.p.	m <sup>3</sup>	5	0,352	0,406	0,533	0,421	0,077
lkp	m <sup>3</sup>	5	0,634	0,700	0,823	0,702	0,074
lvp		5	0,223	0,265	0,439	0,299	0,086
Npt	EUR/m <sup>3</sup> trupaca	5	89,20	105,97	175,61	119,80	34,42

**Tablica 35.** Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca I. klase piljenih u cijelo

Podaci o uzorcima trupaca I. klase piljenih u cijelo							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,240	0,330	0,360	0,322	0,048
V o.p.A+B	m <sup>3</sup>	5	0,154	0,194	0,209	0,185	0,024
Im o.p.	m <sup>3</sup>	5	0,506	0,581	0,642	0,579	0,048
lkp	m <sup>3</sup>	5	0,735	0,758	0,823	0,775	0,036
lvp		5	0,416	0,445	0,471	0,447	0,021
Npt	EUR/m <sup>3</sup> trupaca	5	166,52	177,88	188,54	178,78	8,56

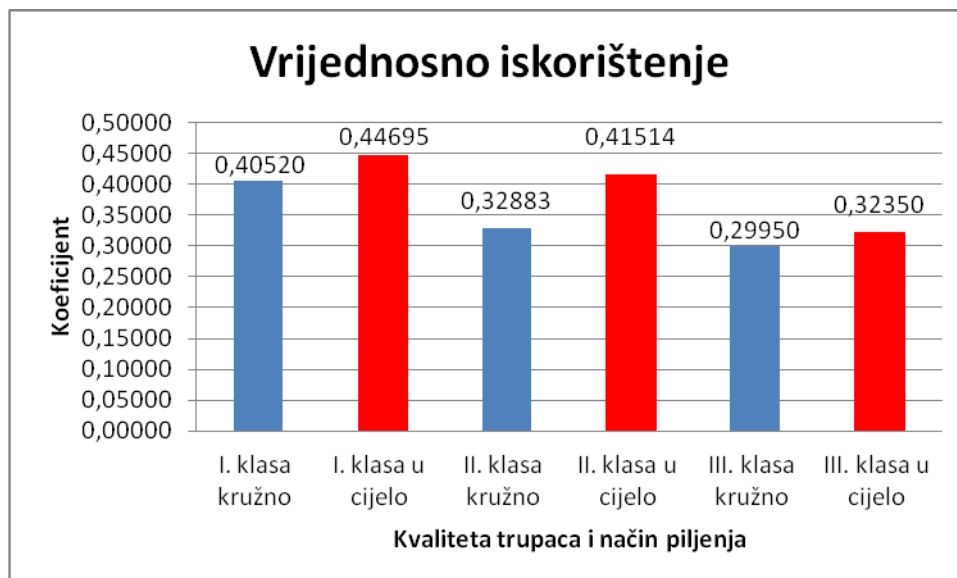
**Tablica 36.** Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca II. klase piljenih u cijelo

Podaci o uzorcima trupaca II. klase piljenih u cijelo							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,250	0,280	0,340	0,296	0,038
V o.p.A+B	m <sup>3</sup>	5	0,127	0,143	0,213	0,157	0,034
Im o.p.	m <sup>3</sup>	5	0,485	0,508	0,626	0,527	0,057
lkp	m <sup>3</sup>	5	0,746	0,785	0,827	0,789	0,038
lvp		5	0,379	0,401	0,492	0,415	0,046
Npt	EUR/m <sup>3</sup> trupaca	5	151,60	160,30	196,76	166,05	18,52

**Tablica 37.** Deskriptivna statistička obrada kvalitativnog iskorištenja trupaca III. klase piljenih u cijelo

Podaci o uzorcima trupaca II. klase piljenih u cijelo							
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Median	Max.	Aritm. sred.	St. dev.
1	2	3	4	5	6	7	8
Vt	m <sup>3</sup>	5	0,240	0,280	0,340	0,286	0,036
V o.p.A+B	m <sup>3</sup>	5	0,108	0,127	0,176	0,132	0,028
Im o.p.	m <sup>3</sup>	5	0,396	0,454	0,518	0,460	0,045
lkp	m <sup>3</sup>	5	0,632	0,705	0,798	0,699	0,065
lvp		5	0,250	0,317	0,413	0,324	0,058
Npt	EUR/m <sup>3</sup> trupaca	5	100,18	127,40	165,15	130,03	26,75

Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca obične bukve I, II. i III. klase piljenih tehnikom piljenja u cijelo i kružno pri izradi okrajčenih piljenica prikazan je na slici (19).



**Slika 19.** Grafički prikaz vrijednosnog iskorištenja pri izradi okrajčenih piljenica

## 6. Rasprava

### 6.1. Iskorištenja u primarnoj pilani

#### 6.1.1. Podaci o ispiljenim trupcima

Iz rezultata istraživanja vidljivo je da je promjer trupaca iznosio od 35 do 42 cm, a sama stvarna duljina svih trupaca iznosila je u intervalu od 2,59 m do 2,64 m. Trupci piljeni na pilani dopremljeni su iz iste šumarije, te su rasli u istoj sastojini. Ovaj odabir trupaca iz iste sastojine i približno jednakog promjera te približne duljine je napravljen iz razloga da bismo dobili vjerodostojnije rezultate.

Trupci su se raspiljivali na tračnoj horizontalnoj pili marke Mebor na zadanu debljinu od 50 mm. Prosječan broj piljenica dobiven piljenjem u cijelo iznosio je 5 piljenica po trupcu, a kod kružnog piljenja 7 piljenica po trupcu a razlog toga jeste taj što smo okretanjem trupca dobili uže piljenice a veći broj nego kod piljenja u cijelo.

#### 6.1.2. Kvantitativno iskorištenje u primarnoj pilani

Iz prikaza kvantitativnog iskorištenja trupaca u obliku okrajčenih piljenica u tablicama 20 do 25 i grafičkog prikaza na slici 17. može se vidjeti da koeficijent za I. klasu piljenih kružno iznosi 0,488 dok za trupce piljene u cijelo koeficijent iznosi 0,579. Koeficijent II. klase trupaca piljenih kružno isnosi 0,400 dok kod piljenja u cijelo koeficijent iznosi 0,527. Koeficijent III. klase trupaca kod kružnog piljenja iznosi 0,421 dok kod piljenja u cijelo koeficijent iznosi 0,460.

Zanimljivi rezultati su ti da s većom kvalitetom trupca dobivamo i veće iskorištenje, a važno je istaknuti da kod kvantitativnog iskorištenja II. klase kod kružnog piljenja gotovih okrajčenih piljenica smo dobili manje iskorištenje nego kod III. klase kružnog piljenja što bi trebalo biti suprotno. Razlog tome je bio nevidljive greške trupca koje su se pojavile usred piljenja te je time I samo iskorištenje bilo manje.

Uzimajući u obzir dobivene rezultate piljenje u cijelo je pokazalo znatno veće iskorištenje od oko 10 % u odnosu na kružno piljenje, što nije zanemariv rezultat

Kvantitativno iskorištenje nalazi se unutar pozitivnih granica za iskorištenje trupaca obzirom da se rezultati podudaraju sa malim odstupanjima sa dosadašnjim istraživanjima.

### **6.1.3. Kvalitativno iskorištenje u primarnoj pilani**

Prema dobivenim rezultatima mjerenja prikazanim u tablicama 26 do 31 i na slici 18. te izračunima za I. klasu piljenja kružno koeficijent iznosi 0,839 odnosno 335,71 EUR/m<sup>3</sup> piljenica dok za trupce piljene u cijelo koeficijent iznosi 0,775 odnosno 309,82 EUR/m<sup>3</sup> piljenice. Koeficijent II. klase trupaca pijenih kružno isnosi 0,822 odnosno 328,93 EUR/m<sup>3</sup> piljenice dok kod piljenja u cijelo koeficijent iznosi 0,789 odnosno 315,42 EUR/m<sup>3</sup> piljenica. Koeficijent III. trupaca kod kružnog piljenja iznosi 0,702 odnosno 280,87 EUR/m<sup>3</sup> piljenice dok kod piljenja u cijelo koeficijent iznosi 0,699 odnosno 279,75 EUR/m<sup>3</sup> piljenica.

Gledano iz dobivenih rezultata najbolje kvalitativno iskorištenje imaju trupci piljeni kružno u I. klasi sa koeficijentom 0,839 dok najlošije kvalitativno iskorištenje imaju trupci III. klase gdje se po iskorištenju dobila mala razlika u oba načina piljenja sa koeficijentom 0,702 i 0,699.

Važno je napomenuti da kod piljenja u cijelo kod I. i II. klase omjer koeficijenta je bio veći kod II. klase što bi trebalo biti obrnuto. Razlog tomu i objašnjenje jeste da se kod trupaca I. klase pojavile neočekivane i nevidljive greške u samom trupcu što je utjecalo na samu kvalitetu piljenica.

Kod kvalitativnog iskorištenja u odnosu na način piljenja bolje iskorištenje smo dobili kružnim načinom piljenja. Razlog tome može biti da prilikom okretanja trupca dobijemo više kvalitetnih piljenica, te izbjegnemo moguće greške u trupcu.

### **6.1.4. Vrijednosno iskorištenje u primarnoj pilani**

Vrijednosno iskorištenje ovisno je o kvalitativnom i kvantitativnom iskorištenju. Iz grafičkog prikaza vrijednosnog iskorištenja u tablicama 32 do 37. i slici 19. može se vidjeti da koeficijent za I. klasu piljena kružno iznosi 0,40520 odnosno 162,08 EUR/m<sup>3</sup> trupaca dok za trupce piljene u cijelo koeficijent iznosi 0,44695 odnosno 178,78 EUR/m<sup>3</sup> trupaca. Koeficijent II. klase trupaca pijenih kružno isnosi 0,32883

odnosno 131,53 EUR/m<sup>3</sup> trupaca dok kod piljenja u cijelo koeficijent iznosi 0,41514 odnosno 166,01 EUR/m<sup>3</sup> trupaca. Koeficijent III. klase trupaca kod kružnog piljenja iznosi 0,29950 odnosno 119,80 EUR/m<sup>3</sup> trupaca dok kod piljenja u cijelo koeficijent iznosi 0,32350 odnosno 130,03 EUR/m<sup>3</sup> trupaca.

Dobivenim rezultatima možemo zaključiti da su najveće vrijednosno iskorištenje imali trupci prve klase piljeni u cijelo, a najmanje trupci treće klase piljeni kružno. Općenito najveće vrijednosno iskorištenje dobili smo kod sve tri klase piljenja u cijelo gdje je iskorištenje veće 4-8% ovisno o klasi trupca.

Kod vrijednosnog iskorištenja u odnosu na način piljenja i različitu klasu trupaca dobili smo veće iskorištenje piljenjem trupaca u cijelo. Razlog tome jest kvantitativno iskorištenje koje je bilo veće piljenjem u cijelo što je u konačnici rezultiralo i samim većim vrijednosnim iskorištenjem.



## 7. Zaključci

Na temelju razmatranih dosadašnjih istraživanja i rezultata dobivenih ovim istraživanjem možemo iznijeti slijedeće najznačajnije zaključke:

1. Ovim istraživanjem bili su obuhvaćeni pilanski trupci pridobiveni iz istog staništa I, II, i III. klase kvalitete,
2. Razmatrajući prosječno kvantitativno iskorištenje pilanskih trupaca pri izradi neokrajčenih i poluokrajčenih piljenica tehnikom piljenja u cijelo dobiveni su bolji rezultati nego piljenjem kružnim načinom,
3. Prosječno kvantitativno iskorištenje pilanskih trupaca pri izradi okrajčenih piljenica tehnikom piljenja cijelo također je pokazalo bolje rezultate nego piljenje kružnim načinom,
4. Prosječno kvalitativno iskorištenje pilanskih trupaca pri izradi okrajčenih piljenica tehnikom piljenja kružno pokazalo je bolje rezultate nego piljenje u cijelo,
5. U konačnici prosječno vrijednosno iskorištenje pilanskih trupaca pri izradi okrajčenih piljenica tehnikom piljenja u cijelo pokazalo je bolje rezultate nego piljenje kružnim načinom,
6. Sveukupno gledano možemo potvrditi ranije spoznaje da viša kvaliteta trupaca daje i više iskorištenje gledano isti način piljenja,
7. Što se tiče usporedbe piljenja tehnikom piljenja u cijelo i kružno rezultati ovoga istraživanja su pokazali da je bolje rezultate u kvantitativnom i vrijednosnom iskorištenju dala tehnika piljenja u cijelo dok je kružna tehnika piljenja pokazala bolje rezultate u kvalitativnom iskorištenju.

## Literatura

1. Brežnjak, M. 2000: Pilanska tehnologija drva II dio, Šumarski fakultet Zagreb
2. Brežnjak, M. 1997: Pilanska tehnologija drva I dio, Šumarski fakultet Zagreb
3. Popadić, R. ; Šoškić, B. 2007: Utjecaj kvalitete bukove oblovine na strukturu glavnih i sporednih proizvoda u pilanskoj preradi, naučni rad, Šumarski fakultet u Beogradu
4. Brežnjak, M. 1967: Iskorištenje bukovih pilanskih trupaca kod piljenja na tračnoj pili i jarmači, Drvna industrija, 18, (2): 3-21.
5. Brežnjak, M. 1977: Suvremene tendencije u pilanskoj preradi bukovine, Pilanska preradba niskokvalitetne bukovine i ostalih liščara prvenstveno sa aspekta industrije namještaja, Zbornik radova, Živinice
6. Brežnjak, M., Butković, J. i Herak, V. 1978: Racionalna pilanska prerada niskokvalitetne oblovine – prerada tanke oblovine bukve, Bilten ZIDI, 6, (4): 20-38.
7. Gregić, M. 1979: Dvije varijante prizmiranja tračnim pilama niskokvalitetne bukove oblovine kod prerade u drvene elemente, Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
8. Krutel, F. 1983: Iskorištenje bukovine u pilanskoj preradi u ovisnosti od kvalitete trupaca, Bilten ZIDI, 11, (3): 26-38.
9. Milinović, I.; Gross, A.; Vučinić, M.; Božić, M. 1984: Iskorišćenje tanke oblovine bukve namjenskom preradom u elemente za sjedišta stolica, Bilten ZIDI, 12, (5): 90-107.
10. Nikolić, M, 1977: Istraživanje procenta iskorištenja pri preradbi bukovih cjepanica i oblica u rezane sortimente, Pilanska preradba niskokvalitetne bukovine i ostalih liščara prvenstveno sa aspekta industrije namještaja, Zbornik radova, Živinice
11. Palovič, J. 1973: The influence of the quality of Beech roundwood on the yield of sawn timber and furniture stock, Holzindustrie., 26, (7): 211-215; NLL; 8 ref.
12. Petrić, B. 1986: Značaj svojstava drva kao sirovine u tehnologiji drva s osvrtom na bukovinu, kolokvij o bukvi, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.

13. Škaljić, N. 2002: Simulirano piljenje kvalitetnih bukovih trupaca u zavisnosti od položaja i veličine nepravne srži, Magistarski rad, Mašinski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
14. Zubčević, R. 1973: Uticajni faktori pri izradi grubih obradaka iz niskokvalitetne bukove pilanske oblovine, Disertacija, Mašinski fakultet u Sarajevu.
15. Zubčević, R. 1983: Utjecaj kvalitete i dimenzija bukovih trupaca na iskorištenje, Drvna industrija, 34, (5-6): 131-136.
16. Sead Vojniković 2009: Karakteristike vegetacije i diverzitet bukovih šuma u kantonu Sarajevo.
17. \*\*\*\*\*Food and Agriculture Organization of the United Nations 2015. Analiza sektora šumarstva u Bosni i Hercegovini.
18. \*\*\*\*\*[http://www.pilinarstvo.com/nastava/vjezbe-pdf/6\\_naputak.pdf](http://www.pilinarstvo.com/nastava/vjezbe-pdf/6_naputak.pdf)
19. \*\*\*\*\*[http://www.usitfbih.ba/sumarstvo\\_bih.html](http://www.usitfbih.ba/sumarstvo_bih.html)

# Životopis

## OSOBNE OBAVIJESTI

Ime IVAN RAVNJAK  
Adresa LJUBNA 32, 72 230 ŽEPČE  
Telefon 00387 63 453 639  
Faks  
E-pošta ivan0590@net.hr; ivantoninoholz@gmail.com

Državljanstvo hrvatsko

Datum rođenja 13.05.1990.

## RADNO ISKUSTVO

Zaposlen u pilani Tonino-Holz

## ŠKOLOVANJE I IZOBRAZBA

- Datum (od – do) 2009. – 2014.
- Naziv i vrsta obrazovne ustanove Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
  - Osnovni predmet /zanimanje Drvnotehnološki odsjek
  - Naslov postignut obrazovanjem Inženjer drvne tehnologije
  - Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji) VSS
- Datum (od – do) 2004 - 2008
- Naziv i vrsta obrazovne ustanove Srednja mješovita škola Žepče u Žepču
  - Osnovni predmet /zanimanje šumarski odsjek
  - Naslov postignut obrazovanjem šumarski tehničar
  - Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji) SSS
- Datum (od – do) 1997.– 2004.
- Naziv i vrsta obrazovne ustanove Osnovna škola Žepče u Žepču
  - Osnovni predmet /zanimanje
  - Naslov postignut obrazovanjem
  - Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji) NSS

MATERINSKI JEZIK	<b>HRVATSKI</b>
DRUGI JEZICI	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• sposobnost čitanja</li> <li>• sposobnost pisanja</li> <li>• sposobnost usmenog izražavanja</li> </ul>	NJEMAČKI Dobro Dobro Dobro
SOCIJALNE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI <i>Življenje i rad s drugim ljudima u višekulturnim okolinama gdje je značajna komunikacija, gdje je timski rad osnova (npr. u kulturnim ili sportskim aktivnostima).</i>	Navikao sam na život u velikoj obitelji, velikom krugu prijatelja, kolega i poznanika. Volim kretanje, izazove, putovanja, upoznavanja i učenje, vezano uz posao ali i privatno.
ORGANIZACIJSKE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI <i>Npr. koordinacija i upravljanje osobljem, projektima, financijama; na poslu, u dragovoljnom radu (npr. u kulturi i športu) i kod kuće, itd.</i>	Sposobnost rada s ljudima, koordinacije i komunikacije s kolegama kao i širim krugom poslovnih partnera, rješavanje svakodnevnih problema, rad na nizu projekata istodobno, organizacija rada i ljudi, djelovanje pod stresnim okolnostima i rokovima, odgovoran.
TEHNIČKE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI <i>S računalima, posebnim vrstama opreme, strojeva, itd.</i>	Poznavanje rada na računalu: MS Office 2007 paket (Excell, Word, PowerPoint), AutoCAD.
VOZAČKA DOZVOLA	A,B,C,D kategorije

# Zabilješke