

## ISKORIŠTENJE PRI IZRADI GRUBIH DRVNIH ELEMENATA IZ BUKOVIH (*Fagus sylvatica* L.) TRUPACA MANJIH PROMJERA I NIŽE KVALITETE

### YIELD OF LOW QUALITY AND SMALL-SIZED DIAMETER COMMON BEECH (*Fagus sylvatica* L.) LOGS IN ROUGH DIMENSION STOCK PRODUCTION

Vasil TANUŠEV\*, Josip IŠTVANIĆ\*\*, Maja MORO\*\*, Jurica BUTKOVIĆ\*\*\*

*SAŽETAK:* Cilj istraživanja ovog rada bio je utvrditi volumno, kvalitativno i vrijednosno iskorištenje bukovih trupaca manjih promjera i niže kvalitete pri njihovoj obradi u grube drvene elemente i parketne daščice. Za potrebe istraživanja izrađeni su bukovi trupci na lokaciji Šumskog gazdinstva "Borja" – Teslić u Bosni i Hercegovini. Trupci su prije piljenja razvrstani u tri razreda srednjih promjera 18 do 20, 21 do 23 i 24 do 26 cm. Primarno piljenje trupaca tehnikom piljenja u cijelo, provedeno je na tračnoj pili trupčari. Sve dobivene piljenice raspiljene su u drvene elemente i parketne daščice poprečno-uzdužnim načinom piljenja.

Najbolje volumno iskorištenja trupaca u obliku drvnih elemenata i parketnih daščica postigli su trupci razreda promjera 24 do 26 cm, zatim slijede trupci razreda promjera 21 do 23 te 18 do 20 cm sa neznatnom međusobnom razlikom. Rezultati pokazuju da su najkvalitetniji elementi ispiljeni iz trupaca razreda promjera 21 do 23 cm, zatim slijede trupci razreda promjera 24 do 26 te 18 do 20 cm. Najbolje rezultate vrijednosnog iskorištenja pokazali su trupci razreda promjera 24 do 26 cm, zatim slijede trupci razreda promjera 21 do 23 te 18 do 20 cm. Utvrđeno je da među njima postoji razlika ali ona nije statistički signifikantna.

Općenito gledajući rezultati su potvrdili neka dosadašnja istraživanja o ovoj tematici. Oni ukazuju na mogućnost uspješne pilanske obrade ovakve pilanske sirovine ako se razmatraju samo istraživani tehnološki čimbenici. Pri tomu je vrlo važan pristup njenom odabiru i kvalitativnom razvrstavanju. Također su značajni i kriteriji kvalitete i dimenzija drvnih elemenata koji će se izrađivati iz takve sirovine. Koliko god se to činilo neracionalno, trenutna situacija na tržištu pilanske sirovine i proizvoda dovela je do toga da se ovakva pilanska sirovina vrlo često koristi za energetske potrebe bilo kao ogrjevno drvo u svom tradicionalnom obliku ili usitnjeno u sječku. Glede takvog stanja tržišta bukovih pilanskih proizvoda u istraživanjima koja slijede, trebalo bi se više pozabaviti uz ove istraživane tehnološke pokazatelje i ekonomskim pokazateljima i kriterijima uspješnosti pilanske obrade ovakve pilanske sirovine.

*Ključne riječi:* Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.), tanka oblovina, pilanska proizvodnja, drveni elementi, volumno iskorištenje, kvalitativno iskorištenje, vrijednosno iskorištenje

\* Mr. sc. Vasil Tanušev, Lignaon, Krajiška bb, 74270 Teslić, Bosna i Hercegovina, e-mail: tanusev-vasil@teol.net

\*\* Dr. sc. Josip Ištvančić, Maja Moro, prof. matematike i fizike, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: istvanic@sumfak.hr, moro@sumfak.hr

\*\*\* Dr. sc. Jurica Butković, Viševica komp, Jordanovac 47, 10000 Zagreb, Hrvatska, jurica.butkovic@visevicakomp.hr

## UVOD – Introduction

Prema dogovoru, a u praksi ponekad i bez dogovora, na pilane se katkada dopremaju i trupci koji ne odgovaraju standardnim propisima za pilanske trupce. Najčešće se pritom radi o trupcima koji su ispod ili iznad normom propisane kvalitete ili dimenzija.

Potrajni manjak standardnih pilanskih trupaca, navodi pilane da potpunije iskoriste vlastite kapacitete obradom oblog drva manjih dimenzija tzv. tanke oblovine. Kod takve pilanske sirovine su dimenzije promjera, a najčešće i kvaliteta, ispod normom propisane. Promjeri tanke oblovine za bukovinu iznose od 15 do 24 cm, a duljine od 2 m na više.

Osim tanke oblovine kao ulazna sirovina može se svrstati i vrlo kvalitetno bukovo prostorno drvo u obliku cjepanica ili oblica (celulozno drvo, ogrjevno drvo, drvo za drvene ploče itd.). Ipak takav oblik sirovine rjeđe se koristi u većim industrijskim pilanama, zbog u najmanju ruku problematične rentabilnosti takve pilanske obrade i posebne pilanske tehnološke osnove (Ištvančić 2003).

Uzevši u obzir odnos volumnog iskorištenja i promjera trupaca, jasno je da se volumno iskorištenje pri obradi takve oblovine razlikuje od iskorištenja pri obradi uobičajene pilanske sirovine. S povećanjem promjera trupca raste njegovo teorijsko i praktično volumno iskorištenje. To je povećanje značajnije kod trupaca manjih nego kod većih promjera. Ovo posljednje pripisuje se utjecaju gubitka uslijed propiljka.

Zubčević (1973) u istraživanju iskorištenja niskokvalitetnih bukovih pilanskih trupaca III. klase izvedenom tračnim pilama trupčarama i jarmačama, i to tehnikama piljenja u cijelo, prizmiranjem i kružnim načinom, zaključuje da volumno iskorištenje prati povećanje srednjeg promjera. Kvalitativno iskorištenje piljenih elemenata izravno ovisi o njihovoj duljini. Srednji promjer nema bitan utjecaj na kvalitativno iskorištenje obradaka. Ukupno volumno iskorištenje je manje pri namjenskoj pilanskoj tehnologiji nego klasičnoj pilanskoj tehnologiji. Način izrade grubih obradaka iz trupaca, odnosno neobrađenih piljenica nema bitan utjecaj na kvalitetu istih. Vrijednosno iskorištenje pri namjenskoj tehnologiji redovito je veće nego pri klasičnoj pilanskoj tehnologiji.

Slično navodi i Palovič (1973) koji je došao je do zaključka da volumno iskorištenje bukovih pilanskih trupaca u obliku 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 volumno iskorištenje trupaca u obliku piljenih drvnih elemenata. Na kvalitativno iskorištenje u obliku piljenica najveće značenje imaju kvrga, nepravna srž i zakrivljenost trupaca. Prosječno kvalitativno iskorištenje trupaca jako opada s pojavom grešaka u srži i kvrga, a nešto manje i s pojavom za-

krivljenosti trupaca. Na volumno iskorištenje piljenica pri njihovoj obradi u drvene elemente najviše pak utječe veličina neprave srži i broj kvrga, dok je zakrivljenost od relativno manjeg značaja.

Istraživanja Prka i dr. (2009) su pokazala da ukupna postotna zastupljenost bukovih stabala s nepravom srži kao i apsolutne vrijednosti volumena osrženog dijela tehničke oblovine po debljinskim stupnjevima rasti od prorede prema dovršnom sijeku.

Najnižim srednjim vrijednostima ističu se stabla s nepravom srži prorednih sječina te zatim stabla pripremnog sijeka. Za sve vrste sijeka, osim dovršnog, postotni udjeli volumena osrženog dijela tehničke oblovine po debljinskim stupnjevima pokazuju padajući trend. No, s druge strane stabla manjih prsnih promjera s nepravom srži pokazuju veće udjele osrženog dijela tehničke oblovine, zbog manjeg udjela volumena same tehničke oblovine. Srednje vrijednosti prorednih sječina u tom pogledu pokazuju linearnu međuzavisnost.

Kako navodi Škaljić (2002) kod simuliranog raspiljivanja trupaca s manjim udjelom neprave srži po presjeku trupca piljenje u cijelo je dalo najveće volumno iskorištenje torusa trupca. Granične vrijednosti udjela neprave srži pri piljenju neokrajčenih piljenica za koje piljenje u cijelo daje najveće iskorištenje pri tome su iznosile od 10 % za trupce promjera 40 cm do 50 % za trupce promjera 70 cm. Pri piljenju okrajčenih piljenica ovi udjeli kreću se od 40 % za trupce promjera 40 cm do 60 % za trupce promjera 70 cm. Rezultati ukazuju da je za slučajeve većeg udjela neprave srži po presjeku trupca najpovoljniji kružni način piljenja. Granična vrijednost udjela neprave srži po presjeku trupca pri piljenju neokrajčenih piljenica za koje kružno piljenje daje najveće iskorištenje, kreće se od 20 % za trupce promjera 40 cm do 60 % za promjere trupaca 65 i 70 cm. Pri piljenju okrajčenih piljenica ovi udjeli kreću se od 50 % za trupce promjera 40 cm do 70 % za trupce promjera 70 cm.

Prema istraživanju Milinovića (1983) volumno iskorištenje pri obradi bukove tanke oblovine u primarnoj pilani iznosilo je za promjer trupaca 16 do 20 cm, 68 %, a za trupce promjera 21 do 24 cm, 69 %. U konačnici iskorištenje je iznosilo 44 i 45 %. Milinović i dr. (1984) u nešto promijenjenim uvjetima istraživanja postavljaju pitanje isplativosti obrade takvih trupaca u drvene elemente. Iskorištenja iznosila su u primarnoj pilani 65 %, u sekundarnoj 51 % te u konačnici 33 % ponajprije iz razloga strožih kriterija kvalitete elemenata koji su se izraživali.

Istraživanja volumnog iskorištenja pri pilanskoj obradi 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 iz-

nosi prosječno za prvu skupinu 70 %, a za drugu skupinu 71 %. Sveukupno iskorištenje pri obradi tanke bukove oblovinine u drvene elemente prosječno iznosi za prvu skupinu 48 %, a za drugu skupinu 50 %. Razlog za dobiveno relativno visoko volumno iskorištenje bio je taj, što su za pokusna raspiljivanja uzimani trupci kvalitete kao standardni trupci I. klase prema HRN-u.

Brežnjak (1977) navodi da je vrlo interesantna činjenica da je u nekim pilanama koje obrađuju bukovinu pretežito loše kvalitete, volumno iskorištenje uvođenjem tehnologije proizvodnje drvnih elemenata, ostalo podjednako onomu uz raniju tehnologiju izrade 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 sortimenti manjih dimenzija (parketne daščice). Ipak je uzimajući u obzir sve bukove pilane prosječno volumno iskorištenje bukovine uvođenjem tehnologije drvnih elemenata nešto opalo. 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 elemente za proizvodnju namještaja.

Nikolić i dr. (1977) utvrdili su da volumno iskorištenje pri pilanskoj obradi bukovog prostornog drva (metrice) u drvene elemente i parketne daščice iznosi oko 36 %. Pri tome oblik cjepanica vrlo malo utječe na povećanje postotka iskorištenja dok krupniji, a pravilniji oblici u pravilu imaju veći postotak iskorištenja. Za piljenje oblica potrebno je utrošiti gotovo 20 % više vremena nego na obradu cjepanica, polovina i četvrtina zbog nepodobnog oblika sirovine za obradu. Povećanje

iskorištenja, učinka i samim tim ekonomičnosti proizvodnje treba tražiti u pravilnosti izrade samih cjepanica, te u pravilno odabranim dimenzijama pilanskih proizvoda koji će se iz takve sirovine izrađivati.

Prema Zubčeviću (1983) prosječno volumno iskorištenje tanke bukove oblovinine duljine 1 m i promjera 10 do 25 cm pri izradi drvnih elemenata i parketnih daščica iznosilo je od 32 do 51 %. Udio parketnih daščica u ispiljenim drvnim proizvodima iz trupaca promjera 10 do 19 cm iznosio je 42 do 72 %. Kao najprikladniju pilansku tehnologiju preporučio je obradu na posebnoj visokomehaniziranoj liniji s osnovnim strojem specijalnom tračnom pilom uskog propiljka, velike točnosti i produktivnosti. Sekundarna obrada izvodila bi se na tanko-lisnim kružnim pilama ili tračnim pilama paralicama.

Analizirajući problematiku obrade takve pilanske sirovine četinjača i listača prevladava mišljenje da ona mora barem svojim dimenzijama i kvalitetom omogućiti izradu željenih proizvoda. Kao bitni elementi kvalitete navode se pravost i mali pad promjera. Također prevladava mišljenje da pri pilanskoj obradi nije odlučujuće i najvažnije volumno iskorištenje kao kod standardne oblovinine.

Cilj ovoga istraživanja bio je istražiti uspješnost pilanske obrade bukovih trupaca manjih promjera i niže kvalitete pri njihovoj obradi u grube drvene elemente i parketne daščice preko pokazatelja volumnog, kvalitativnog i vrijednosnog iskorištenja. Istraživanje bi trebalo potvrditi ili nadopuniti neka dosadašnja istraživanja po toj problematici.

## OBJEKT I METODA ISTRAŽIVANJA – Objects and methods of research

### Izbor i izmjera trupaca – Logs selection and measurement

Za potrebe istraživanja izrađeni su bukovi trupci s lokacije Šumskog gazdinstva "Borja" – Teslić u Bosni i Hercegovini.

Pri odabiru trupaca vodilo se računa da trupci nisu zahvaćeni nepravom srži dok su u pogledu ostalih kva-

litativnih značajki zadovoljavali kriterije III. klase pilanskih trupaca prema HRN D. B4. 028. Svi trupci prikraćeni su na duljinu od 2 m te razvrstani u tri razreda promjera i to: 18 do 20 cm, 21 do 23 cm i 24 do 26 cm. U svakom razredu bilo je po 30 trupaca.

Tablica 1. Deskriptivna statistika dimenzija i kvalitativnih značajki uzorka trupaca promjera 18 do 20 cm

Table 1 Descriptive statistics for the dimensions and quality factors of 18 to 20 cm diameter group common beech logs

Dimenzije trupca <i>Log size</i>	Uzorak trupaca promjera 18 do 20 cm <i>18 to 20 cm diameter group</i>					
	N	Min.	Median	Max.	Prosječno – <i>Average</i>	Std. dev.
Duljina, m – <i>Length, m</i>	30	2	2	2	2	0,00
Promjer na tanjem kraju, cm – <i>Top-end diameter, cm</i>	30	17	18	19	18,37	0,56
Srednji promjer, cm – <i>Mid diameter, cm</i>	30	18	19	20	19,07	0,74
Promjer na debljem kraju, cm – <i>But-end diameter, cm</i>	30	18	20	23	20,10	1,16
Pad promjera, cm/m' – <i>Log taper, cm/m'</i>	30	0	0,5	2	0,87	0,56
Promjer kvrga, mm – <i>Knot diameter, mm</i>	30	10	20	40	20	9,79
Broj kvrga, kom/trupcu – <i>Number of knot, pieces/log</i>	30	1	5	25	6,3	5,17
Zakrivljenost, mm/trupcu – <i>Crook, mm/log</i>	30	10	20	32	20,25	6,26
Volumen trupca, m <sup>3</sup> – <i>Log volume, m<sup>3</sup></i>	30	0,051	0,057	0,063	0,057	0,004

Svim trupcima u uzorku izmjerena je duljina, srednji promjer te promjeri na tanjemu i debljem kraju. Od čimbenika kvalitete na svim je trupcima utvrđena i izmjerena zastupljenost grešaka u pogledu veličine i broja kvrga te jednostrane zakrivljenosti. Za sve analizirane varijable provedena je deskriptivna statistika:

aritmetička sredina, standardna devijacija, minimum, median i maksimum. Ti parametri, zajedno s izmjerenim čimbenicima kvalitete trupca, omogućili su provedbu analize strukture sirovine za eksperimentalno piljenje (tablice 1, 2 i 3).

Tablica 2. Deskriptivna statistika dimenzija i čimbenika kvalitete uzorka trupaca promjera 21 do 23 cm

Table 2 Descriptive statistics for the dimensions and quality factors of 21 to 23 cm diameter group common beech logs

Dimenzije trupca <i>Log size</i>	Uzorak trupaca promjera 21 do 23 cm <i>21 to 23 cm diameter group</i>					
	N	Min.	Median	Max.	Prosječno – Average	Std. dev.
Duljina, m – <i>Length, m</i>	30	2	2	2	2	0,00
Promjer na tanjem kraju, cm – <i>Top-end diameter, cm</i>	30	20	21	23	21,43	0,77
Srednji promjer, cm – <i>Mid diameter, cm</i>	30	20	22	23	21,80	0,85
Promjer na debljem kraju, cm – <i>But-end diameter, cm</i>	30	20	23	25	22,60	1,22
Pad promjera, cm/m' – <i>Log taper, cm/m'</i>	30	0	0,5	2	0,58	0,44
Promjer kvrga, mm – <i>Knot diameter, mm</i>	30	10	20	60	20,68	13,38
Broj kvrga, kom/trupcu – <i>Number of knot, pieces/log</i>	30	1	3	8	3,63	1,83
Zakrivljenost, mm/trupcu – <i>Crook, mm/log</i>	30	11	20	32	20,27	6,17
Volumen trupca, m <sup>3</sup> – <i>Log volume, m<sup>3</sup></i>	30	0,063	0,076	0,083	0,075	0,006

Tablica 3. Deskriptivna statistika dimenzija i čimbenika kvalitete uzorka trupaca promjera 24 do 26 cm

Table 3 Descriptive statistics for the dimensions and quality factors of 24 to 26 cm diameter group common beech logs

Dimenzije trupca <i>Log size</i>	Uzorak trupaca promjera 24 do 26 cm <i>24 to 26 cm diameter group</i>					
	N	Min.	Median	Max.	Prosječno – Average	Std. dev.
Duljina, m – <i>Length, m</i>	30	2	2	2	2	0,00
Promjer na tanjem kraju, cm – <i>Top-end diameter, cm</i>	30	22	23	25	23,13	0,68
Srednji promjer, cm – <i>Mid diameter, cm</i>	30	23	23	25	23,47	0,68
Promjer na debljem kraju, cm – <i>But-end diameter, cm</i>	30	23	24	26	24,27	1,11
Pad promjera, cm/m' – <i>Log taper, cm/m'</i>	30	0	0,5	1,5	0,57	0,49
Promjer kvrga, mm – <i>Knot diameter, mm</i>	30	10	20	40	21,17	9,39
Broj kvrga, kom/trupcu – <i>Number of knot, pieces/log</i>	30	1	5,5	25	7,27	5,11
Zakrivljenost, mm/trupcu – <i>Crook, mm/log</i>	30	10	20	32	19,60	6,23
Volumen trupca, m <sup>3</sup> – <i>Log volume, m<sup>3</sup></i>	30	0,083	0,083	0,098	0,087	0,005

Volumen i pad promjera pojedinačnih trupaca i sveukupno bio je izračunat prema izrazima 1 i 2.

$$V_{\log} = \frac{D_{\text{mid}}^2 * \pi}{4} * L_{\log} \quad (1)$$

$$\text{Taper} = \frac{D_{\text{butt-end}} - D_{\text{top-end}}}{L_{\log}} \quad (2)$$

gdje je:  $V_{\log}$  volumen trupca;  $D_{\text{mid}}$  srednji promjer trupca;  $\text{Taper}$  pad promjera trupca;  $D_{\text{butt-end}}$  promjer trupca na debljem kraju;  $D_{\text{top-end}}$  promjer trupca na tanjem kraju i  $L_{\log}$  duljina trupca.

### Iskorištenje trupaca pri izradi grubih drvnih elemenata

#### *Yield of logs in rough dimension stock production*

Trupci su u primarnoj pilani piljeni u proizvodnim uvjetima na tračnoj pili trupčari promjera kotača 1400 mm. Korišten je list pile debljine 1,47 mm s proširenjem zubaca stlačivanjem 0,6 mm na svaku stranu te koraka ozubljenja 45 mm. Piljenje je izvedeno tehnikom piljenja u cijelo, paralelno s ravnom osi trupca. Sve piljenice

dobivene u ovom istraživanju bile su namijenjene daljnjoj proizvodnji u istome pogonu, te se nisu posebno razvrstavale obzirom na kvalitetu. Iz trupaca su izrađivane piljenice nominalnih debljina 25 mm i 38 mm za razred promjera 18 do 20 cm, odnosno 25 mm i 50 mm za razrede promjera 21 do 23 i 24 do 26 cm. Debljina pi-

ljenica proračunata je pri 22 %-tnom sadržaja vlage prema uobičajenim formulama (B r e ž n j a k, 1997.), te je sa svim ostalim potrebnim nadmjerama iznosila 27, 40 i 53 mm. Tanje piljenice ispiljivane su iz dopunske (bočne) zone trupca, deblje su piljenice ispiljivane iz središnjeg dijela trupaca. Sve piljenice dobivene raspiljivanjem trupaca u primarnoj pilani u sekundarnoj su pilani obrađene poprečno-podužnim načinom piljenja u grube drvene elemente i parketne daščice. Pri tome su za obradu korištene kružne pile za poprečno i uzdužno piljenje te stolarske tračne pile. Količina krupnoga pilanskog ostatka (okorci trupaca, odresci, okrajci, porupci piljenica i dr.) i piljevina nisu se mjerili niti su ulazili u razmatranje.

Pri određivanju kvalitete drvnih elemenata parketnih daščica vodilo se računa da nisu zahvaćeni nepravom srži, dok su u pogledu ostalih kvalitativnih značajki trebali zadovoljiti kriterije I. i II. klase parketnih daščica

$$Y_{\text{Volume log} \rightarrow \text{dim.stock}} = \frac{V_{d.s.1} \cdot N_{d.s.1} + V_{d.s.2} \cdot N_{d.s.2} + \dots + V_{d.s.n} \cdot N_{d.s.n}}{V_{\text{log}}} \quad (3)$$

gdje je:  $Y_{\text{Volume log} \rightarrow \text{dim.stock}}$  volumno iskorištenje trupaca u obliku drvnih elemenata i parketnih daščica;  $V_{d.s.1, \dots, n}$  = volumen drvnih elemenata i parketnih daščica;  $N_{d.s.1, \dots, n}$  broj drvnih elemenata i parketnih daščica istog volumena i  $V_{\text{log}}$  volumen trupca.

Cilj je da se uz što više volumno iskorištenje proizvede što više drvnih elemenata i parketnih daščica boljih klasa kvalitete, odnosno više cijene uz ograničenje zadano specifikacijom dimenzija elemenata. Kvalitativno iskorištenje izraženo je prosječnim koeficijentom kvalitete svih drvnih elemenata i parketnih daščica izrađenih

$$Y_{\text{Value d.s.}} = \frac{V_{d.s.1} \cdot k_{d.s.1} + V_{d.s.2} \cdot k_{d.s.2} + \dots + V_{d.s.n} \cdot k_{d.s.n}}{V_{d.s.1} + V_{d.s.2} + \dots + V_{d.s.n}} \quad (4)$$

$$Y_{\text{Value €/d.s.}} = Y_{\text{Value d.s.}} \cdot c_p \quad (5)$$

gdje je:  $Y_{\text{Value d.s.}}$  kvalitativno iskorištenje;  $k_{d.s.1, \dots, n}$  indeks kvalitete drvnih elemenata i parketnih daščica;  $V_{d.s.1, \dots, n}$  volumen drvnih elemenata i parketnih daščica;  $Y_{\text{Value €/d.s.}}$  novčana vrijednost kvalitativnog iskorištenja i  $c_p$  cijena najvrjednijeg drvnog elementa, čiji je indeks kvalitete odabran kao 1.

Vrijednosno iskorištenje trupaca u obliku drvnih elemenata i parketnih daščica izraženo je prosječnim koeficijentom vrijednosti svih drvnih elemenata i parketnih daščica u odnosu na trupce, a koji je rezultat umnoška koeficijenta volumnog i kvalitativnog iskorištenja prema izrazu 6. Ako se koeficijent vrijednosnog iskorištenja trupaca pomnoži sa novčanim iznosom za koji je kao indeksa kvalitete uzeta veličina 1, dobiva se prosječno

prema HRN D. C1. 022. Debljine i širine drvnih elemenata i parketnih daščica izračunate su prema obračunskoj debljini i širini koju bi trebale imati u prosušenom stanju pri 22 %-tnom sadržaju vlage, analogno objašnjenju za proračun debljine piljenica. Izrađivani su drveni elementi i parketne daščice obračunskih debljina 25, 38 i 50 mm, odnosno obračunskih širina 15, 20, 30, 35, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 100 i 105 mm. Debljine, uračunavši sve potrebne nadmjere, iznosile su 27, 40 i 53 mm, dok su širine sa svim potrebnim nadmjerama iznosile 20, 25, 34, 40, 50, 55, 60, 65, 70, 75 105 i 110 mm. Nadmjera na duljinu iznosila je 20 mm. Drvnim elementima i parketnim daščicama izmjerena je debljina, širina i duljina, te je izračunat volumen s obzirom na obračunske dimenzije.

Volumno iskorištenje trupaca izračunato je kao odnos volumena izrađenih drvnih elemenata i parketnih daščica naspram volumena trupaca prema izrazu 3:

iz trupaca prema izrazu 4. Kao što je prikazano u tablici 4, za indeks kvalitete 1 odabran je najvrjedniji proizvod, piljeni drveni element najviše klase odnosno cijene. Indeksi kvalitete drugih elemenata određeni su na način da je njihova trenutna tržišna cijena podijeljena s cijenom tog najvrjednijeg elementa. Ako se prosječni koeficijent kvalitete pomnoži s novčanim iznosom za koji je kao indeks kvalitete uzeta veličina 1, dobiva se prosječna kvaliteta svih elemenata i parketnih daščica izražena u novcu po jedinici volumena elemenata prema izrazu 5.

vrijednosno iskorištenje trupaca izraženo u novcu po jedinici volumena trupaca prema izrazu 7.

$$Y_{\text{Value log}} = Y_{\text{Volume log} \rightarrow \text{dim.stock}} \cdot Y_{\text{Value d.s.}} \quad (6)$$

$$Y_{\text{Value €/log}} = Y_{\text{Value log}} \cdot c_p \quad (7)$$

gdje je:  $Y_{\text{Value log}}$  vrijednosno iskorištenje trupaca;  $Y_{\text{Volume log} \rightarrow \text{dim.stock}}$  volumno iskorištenje trupaca u obliku drvnih elemenata i parketnih daščica;  $Y_{\text{Value €/log}}$  novčani iznos vrijednosnog iskorištenja i  $c_p$  cijena najvrjednijeg drvnog elementa, čiji je indeks kvalitete odabran kao 1.

Za statističku obradu podataka o volumnom, kvalitativnom i vrijednosnom iskorištenju korišten je računalni paket Microsoft Excel i Statistica 7.

## REZULTATI – Results

Ukupno je raspiljeno 1,715 m<sup>3</sup> trupaca razreda promjera 18 do 20 cm, 2,242 m<sup>3</sup> trupaca razreda promjera 21 do 23 cm te 2,596 m<sup>3</sup> trupaca razreda promjera 24 do 26 cm. Deskriptivna statistička obrada podataka o njihovim dimenzijama prikazana je u tablicama 1 do 3. za svaki razred promjera trupaca posebno. Iz trupaca razreda promjera 18 do 20 cm, ispiljeno je 1,16749 m<sup>3</sup> piljenica, iz razreda promjera 21 do 23 cm 1,55470 m<sup>3</sup>

piljenica te razreda promjera 24 do 26 cm 1,72728 m<sup>3</sup> piljenica.

Podaci o drvnim elementima i parketnim daščicama koji su ispiljeni iz trupaca, odnosno piljenica prikazani su u tablici 4. Volumno te kvalitativno i vrijednosno iskorištenje trupaca u obliku drvnih elemenata i parketnih daščica prikazano je u tablicama 5 do 7.

Tablica 4. Podaci o drvnim elementima i parketnim daščicama ispiljenih iz uzorka bukovich trupaca promjera 18 do 20, 21 do 23 i 24 do 26 cm

Table 4. Dimension stock and flooring components sawed from 18 to 20, 21 to 23 and 24 to 26 cm diameter group common beech logs

Debljina <i>Thickness</i>	Širina <i>Width</i>	Duljina <i>Length</i>	Uzorak trupaca promjera, cm – <i>Diameter group, cm</i>						Cijena <i>Price</i>	Indeks kvalitete <i>Quality index</i>
			18 – 20		21 – 23		24 – 26			
			Količina <i>Quantity</i>	Volumen <i>Volume</i>	Količina <i>Quantity</i>	Volumen <i>Volume</i>	Količina <i>Quantity</i>	Volumen <i>Volume</i>		
<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>kom. - pieces</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>kom. - pieces</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>kom. - pieces</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>€/m<sup>3</sup></i>	
25	70	1380	7	0,01691	42	0,10143	23	0,05555	400,00	1,00
25	60	880	31	0,04092	43	0,05676	42	0,05544	320,00	0,80
25	55	880	62	0,07502	26	0,03146	71	0,08591	305,00	0,76
25	105	630	16	0,02646	28	0,04631	28	0,04631	300,00	0,75
25	55	630	44	0,03812	29	0,02512	62	0,05371	270,00	0,68
25	100	530	43	0,05698	50	0,06625	30	0,03975	280,00	0,70
25	65	530	64	0,05512	33	0,02842	73	0,06287	260,00	0,65
25	100	380	15	0,01425	22	0,02090	52	0,04940	200,00	0,50
25	70	380	15	0,00998	43	0,02860	66	0,04389	180,00	0,45
25	15	375	80	0,01125	180	0,02531	152	0,02138	170,00	0,43
25	20	230	86	0,00989	357	0,04106	252	0,02898	140,00	0,35
	Σ <sub>25</sub>		463	0,35488	853	0,47161	851	0,54317		
38	35	940	59	0,07376	0	0,00000	0	0,00000	350,00	0,88
38	30	890	49	0,04972	0	0,00000	0	0,00000	230,00	0,58
38	35	500	78	0,05187	0	0,00000	0	0,00000	260,00	0,65
38	55	435	4	0,00364	0	0,00000	0	0,00000	250,00	0,63
	Σ <sub>38</sub>		190	0,17898	0	0,00000	0	0,00000		
50	60	1050	0	0,00000	30	0,09450	27	0,08505	400,00	1,00
50	50	730	0	0,00000	46	0,08395	60	0,10950	380,00	0,95
50	60	490	0	0,00000	20	0,02940	27	0,03969	280,00	0,70
50	45	390	0	0,00000	34	0,03009	50	0,04388	260,00	0,65
50	55	350	0	0,00000	4	0,00385	77	0,07411	230,00	0,58
	Σ <sub>50</sub>		0	0,00000	134	0,24179	241	0,35223		
	Σ <sub>25+38+50</sub>		653	0,53386	987	0,71340	1092	0,89540		

Najbolje volumno iskorištenja trupaca u obliku drvnih elemenata i parketnih daščica postigli su trupci razreda promjera 24 do 26 cm, zatim slijede trupci razreda promjera 21 do 23 te 18 do 20 cm s međusobnom razlikom koja nije statistički signifikantna (slika 1. i tablica 8). Dobiveni rezultati očekivani su i približno su istih ili nešto nižih vrijednosti od onih razmatranih u prethodnim istraživanjima.

Kvalitativno iskorištenje trupaca u obliku drvnih elemenata i parketnih daščica pokazuje nešto drukčije rezultate od volumnog. Za ovo iskorištenje je odluču-

jući čimbenik kvaliteta drvnih elemenata i parketnih daščica. Ona pak proizlazi iz kvalitete trupaca, odnosno piljenica. Rezultati pokazuju da su najkvalitetniji elementi ispiljeni iz trupaca razreda promjera 21 do 23 cm, zatim slijede trupci razreda promjera 24 do 26 te sa statistički signifikantnom razlikom trupci promjera 18 do 20 cm (slika 2. i tablica 9). Ovakvi rezultati mogu se protumačiti ako se pogledaju podaci o zastupljenosti grešaka po pojedinom razmatranom razredu promjera istraživanih trupaca u tablicama 1 do 3. Prema tim podacima, kod svih istraživanih razreda trupaca greške su

Tablica 5. Volumno, kvalitativno i vrijednosno iskorištenje trupaca promjera 18 do 20 cm

Table 5 Volume and value yield of 18 to 20 cm diameter group common beech logs

Iskorištenje – Yield	Uzorak trupaca promjera 18 do 20 cm – 18 to 20 cm diameter group					
	N	Min.	Median	Max.	Prosječno - Average	Std. dev.
Volumno trupac@element - $Y_{Volume \log@dim.stock}$	30	0,201	0,309	0,396	0,312	0,068
Kvalitativno drvni element - $Y_{Value d.s.}$	30	0,658	0,699	0,748	0,702	0,035
Kvalitativno €/drvnom elementu - $Y_{Value €/d.s.}$	30	263,02	279,56	299,20	280,88	14,08
Vrijednosno trupac - $Y_{Value log}$	30	0,132	0,223	0,278	0,220	0,054
Vrijednosno €/trupcu - $Y_{Value €/log}$	30	52,89	89,24	111,34	88,10	21,67

Tablica 6. Volumno, kvalitativno i vrijednosno iskorištenje trupaca promjera 21 do 23 cm

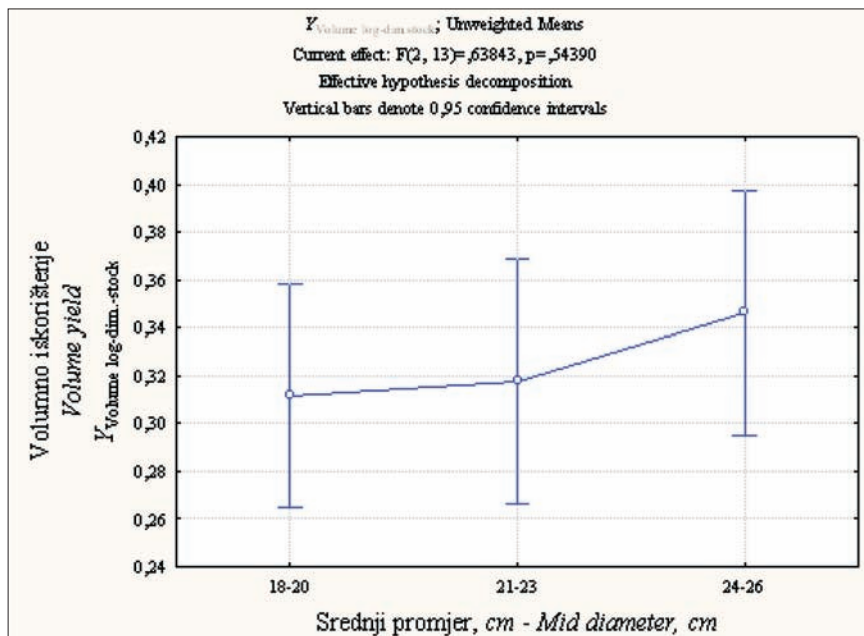
Table 6 Volume and value yield of 21 to 23 cm diameter group common beech logs

Iskorištenje – Yield	Uzorak trupaca promjera 21 do 23 cm – 21 to 23 cm diameter group					
	N	Min.	Median	Max.	Prosječno - Average	Std. dev.
Volumno trupac@element - $Y_{Volume log@dim.stock}$	30	0,284	0,313	0,366	0,319	0,034
Kvalitativno drvni element - $Y_{Value d.s.}$	30	0,754	0,765	0,811	0,773	0,023
Kvalitativno €/drvnom elementu - $Y_{Value €/d.s.}$	30	301,68	305,95	324,24	309,11	9,20
Vrijednosno trupac - $Y_{Value log}$	30	0,215	0,240	0,276	0,247	0,028
Vrijednosno €/trupcu - $Y_{Value €/log}$	30	85,86	95,85	110,31	98,72	11,12

Tablica 7. Volumno, kvalitativno i vrijednosno iskorištenje trupaca promjera 24 do 26 cm

Table 7 Volume and value yield of 24 to 26 cm diameter group common beech logs

Iskorištenje – Yield	Uzorak trupaca promjera 24 do 26 cm – 24 to 26 cm diameter group					
	N	Min.	Median	Max.	Prosječno - Average	Std. dev.
Volumno trupac@element - $Y_{Volume log@dim.stock}$	30	0,300	0,330	0,429	0,345	0,050
Kvalitativno drvni element - $Y_{Value d.s.}$	30	0,695	0,738	0,762	0,734	0,024
Kvalitativno €/drvnom elementu - $Y_{Value €/d.s.}$	30	277,89	295,04	304,90	293,41	9,75
Vrijednosno trupac - $Y_{Value log}$	30	0,223	0,243	0,317	0,253	0,038
Vrijednosno €/trupcu - $Y_{Value €/log}$	30	89,21	97,37	126,70	101,16	15,04



Slika 1. Usporedba srednjih vrijednosti volumnog iskorištenja trupaca u obliku drvnih elemenata i parketnih dasčica

Figure 1 Comparison of average log volume yields in form on dimension stock and flooring components

zakrivljenosti imale podjednake vrijednosti, no s obzirom na prosječnu zastupljenost kvrga po trupcu, trupci promjera 21 do 23 cm imali su gotovu upola manje vri-

jednosti od ostalih istraživanih razreda promjera, što je zacijelo utjecalo na ovakav rezultat.

Tablica 8. Testiranje signifikantnosti razlike srednjih vrijednosti volumnog iskorištenja trupaca u obliku drvnih elemenata i parketnih daščica

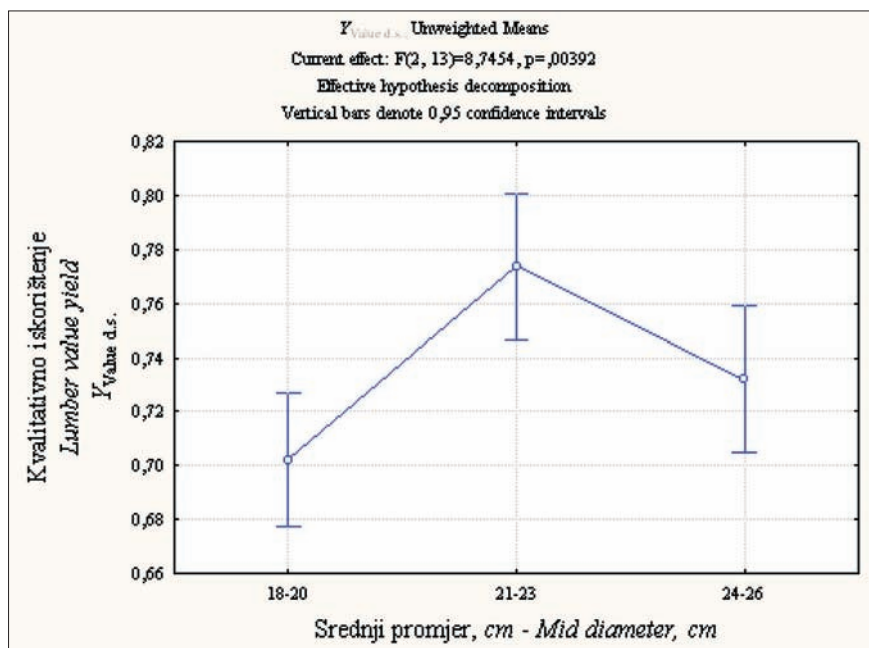
Table 8 Results of significant differences in testing log volume yields in form on dimension stock and flooring components

Bonferroni test; variable $Y_{\text{Volume log} \rightarrow \text{dim.stock}}$ Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00281, df = 13,000			
$D_{\text{mid}}, \text{cm}$	18-20	21-23	24-26
18-20		1	0,90346
21-23	1		1
24-26	0,90346	1	

Tablica 9. Testiranje signifikantnosti razlike srednjih vrijednosti kvalitativnog iskorištenja trupaca u obliku drvnih elemenata i parketnih daščica

Table 9 Results of significant differences in testing dimension stock value yields

Bonferroni test; variable $Y_{\text{Value d.s.}}$ Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00080, df = 13,000			
$D_{\text{mid}}, \text{cm}$	18-20	21-23	24-26
18-20		<b>0,0032</b>	0,3188
21-23	<b>0,0032</b>		0,1079
24-26	0,3188	0,1079	

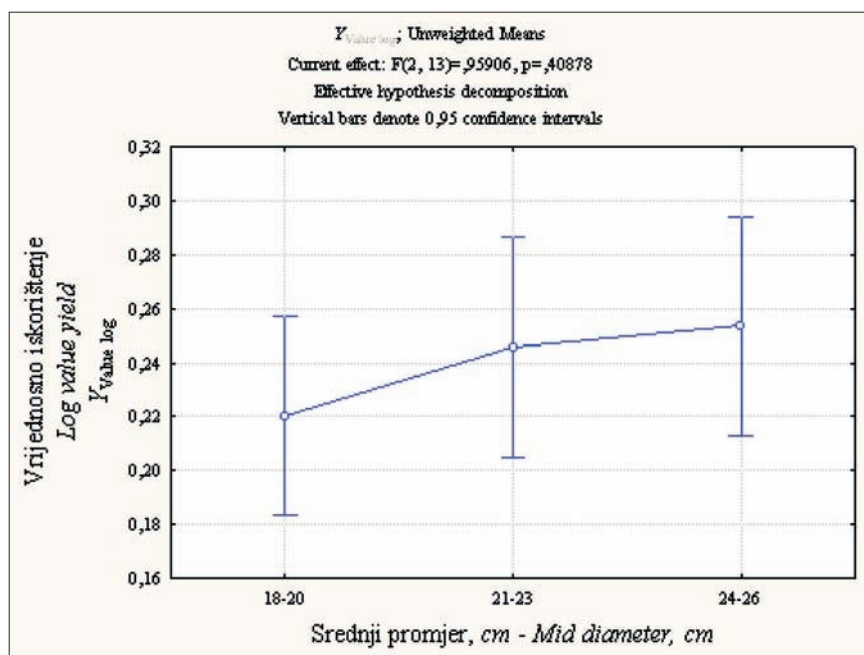


Slika 2. Usporedba srednjih vrijednosti kvalitativnog iskorištenja trupaca u obliku drvnih elemenata i parketnih daščica

Figure 2 Comparison of average dimension stock value yields

Slika 3. Usporedba srednjih vrijednosti vrijednosnog iskorištenja trupaca u obliku drvnih elemenata i parketnih daščica

Figure 3 Comparison of average log value yields





Najbolje rezultate vrijednosnog iskorištenja pokazali su trupci razreda promjera 24 do 26 cm, zatim slijede trupci razreda promjera 21 do 23 te 18 do 20 cm, (slika 3. i tablica 10). Iako između razmatranih razreda promjera nema statistički signifikantne razlike zapravo su i dobiveni očekivani rezultati.

Tablica 10. Testiranje signifikantnosti razlike srednjih vrijednosti vrijednosnog iskorištenja trupaca u obliku drvnih elemenata i parketnih daščica  
Table 10 Results of significant differences in testing log value yields

Bonferroni test; variable $Y_{\text{value log}}$ Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00177, df = 13,000			
$D_{\text{mid}} \text{ cm}$	18-20	21-23	24-26
18-20		1	0,64099
21-23	1		1
24-26	0,64099	1	

## DISKUSIJA I ZAKLJUČAK – Discussion and conclusion

Dobiveni rezultati potvrđuju dosadašnja istraživanja o ovoj tematici, a vezano na utjecaj promjera i kvalitete trupaca na iskorištenje. S obzirom na razmatrane tehnološke kriterije rezultati ukazuju na mogućnost uspješne pilanske obrade ovakve pilanske sirovine. Pri tome je vrlo važan pristup njenom odabiru i kvalitativnom razvrstavanju. Isto tako potrebno je voditi računa i o kriterijima kvalitete i dimenzija drvnih elemenata koji će se izrađivati iz takve sirovine. U ovom radu uspoređivano je iskorištenje tri vrlo uska razreda promjera. Utvrđeno je da među njima postoji razlika, ali ona osim u slučaju kvalitativnog iskorištenja nije statistički signifikantna. Ovo ne znači da treba zanemariti značaj utvrđene razlike iskorištenja, posebice vrijednosnog, no očito treba razmisliti pri daljnjim istraživanjima da li ima smisla uspoređivati tako uske razrede. Eksperimente bi izgleda trebalo postaviti na način da se usporedbe rade između nešto širih razreda promjera.

Koliko god se to činilo neracionalno, trenutna situacija na tržištu pilanske sirovine i proizvoda dovela je do toga da se ovakva pilanska sirovina vrlo često koristi za energetske potrebe, bilo kao ogrjevno drvo u svom tradicionalnom obliku ili usitnjeno u sječku, odnosno u obliku briketa i peleta. Zapravo, u pilanskoj obradi trenutno najracionalniji način korištenja ovakve sirovine je izrada elemenata za drvene palete. S obzirom na takvo stanje tržišta bukovih pilanskih proizvoda, u istraživanjima koje

slijede, trebalo bi se više pozabaviti uz ove istraživane tehnološke i ekonomskim pokazateljima i kriterijima uspješnosti pilanske obrade ovakve pilanske sirovine.

Ono što je još vrlo značajno pri razmatranju pilanske obrade ovakve sirovine je i tehnološka osnova kojom se izvodi. Za ovakvu sirovinu potrebna je specifična visoko mehanizirana tehnologija temeljena na strojevima s tankim listovima pila, bilo da se radi o tračnim ili kružnim pilama, odnosno jarmačama, što pozitivno utječe na volumno iskorištenje. Tehnologija mora biti usmjerena ka kompleksnom iskorištenju sirovine, dakle uz glavne pilanske proizvode mora biti riješeno i pitanje nusproizvoda, pilanskog ostatka. Kod obrade oblog drva malih dimenzija, kao osnovni problem nameće nam se i produktivnost. Naime, u istom razdoblju treba ispiliti puno više trupaca nego kod standardne oblovinine. Zbog toga za takav slučaj treba izabrati optimalnu tehnologiju koja jamči visoku produktivnost obrade. Najveća produktivnost postiže se u slučaju kontinuirane dopreme oblovinine na primarni stroj. Zato je pristup projektiranju i izgradnji pilana za takvu oblovinu vrlo složen i traži više predradnji i analiza nego kada se radi o standardnoj oblovinini. Iako je i o toj tematici za naše uvjete provedeno niz istraživanja (Ištvančić i dr. 2009), a i predloženo rješenje, u novoj konstelaciji tržišnih odnosa i razvoja tehnologije zasigurno bi to bila zanimljiva nadogradnja ovoga istraživanja.

## LITERATURA – References

- Brežnjak, M., 1977: Suvremene tendencije u pilanskoj preradi bukovine, Pilanska preradba niskokvalitetne bukovine i ostalih lišćara prvenstveno sa aspekta industrije namještaja, Šipad – Istraživačko razvojni centar, Živinice
- Brežnjak, M., J. Butković, V. Herak, 1978: Racionalna pilanska prerada niskokvalitetne oblovinine – prerada tanke oblovinine bukve, Bilten ZIDI, 6 (4): 20–38.
- Ištvančić, J. 2003: Pilanska obradba bukve (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj, Šumarski list, 127 (7–8): 373–378.
- Ištvančić, J., R. B. Lučić, M. Jug, R. Karan, 2009: Analysis of factors affecting log band saw capacity, Croatian Journal of Forestry Engineering, 30 (1): 27–35.
- Milinović, I., 1983: Prerada tanke oblovinine bukve, Bilten ZIDI, 11 (4): 84–96.
- Milinović, I., A. Gross, M. Vučinić, M. Božić, 1984: Iskorištenje tanke oblovinine bukve namjenskom preradom u elemente za sjedišta stolica, Bilten ZIDI, 12 (5): 90–107.
- Nikolić, M., 1977: Istraživanje procenta iskorištenja pri preradi bukovih cjepanica i oblica u rezane

sortimente, Pilanska preradba niskokvalitetne bukovine i ostalih liščara prvenstveno sa aspekta industrije namještaja, Šipad – Istraživačko razvojni centar, Živinice.

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.

Prka, M., Ž. Zečić, A. P. B. Krpan, D. Vusić, 2009: Characteristics and share of European beech false heartwood in felling sites of Central Croatia, *Croatian Journal of Forestry Engineering*, 30 (1): 37–49.

Škaljić, N., 2002: Simulirano piljenje kvalitetnih bukovih trupaca u zavisnosti od položaja i veličine

neprave srži, Magistarski rad, Mašinski fakultet Univerziteta u Sarajevu.

Zubčević, R., 1973: Utjecajni faktori pri izradi grubih obradaka iz niskokvalitetne bukove pilanske oblovine, *Disertacija*, Mašinski fakultet u Sarajevu.

Zubčević, R., 1983: Utjecaj kvalitete i dimenzija bukovih trupaca na iskorištenje, *Drvna industrija*, 34 (5–6): 131–136.

HRN D. B4. 028 – 1979. Trupci za piljenje, Listopadno drvo, Hrvatski zavod za norme, Zagreb.

HRN D. C1. 022 – 1982. Piljena bukova građa, Hrvatski zavod za norme, Zagreb.

*SUMMARY: By agreement, and in practice sometimes without that agreement, to sawmills sometimes are delivered logs which do not fit regulations for standard saw logs. Often those logs are below standard quality or dimensions. Namely, sawmills compensate the lack of standard saw logs, in aspiration to fully use own capacities, by processing round wood with smaller dimensions; so called thin round wood. In this form of sawmill raw material, diameter dimensions and more often quality are below regulations for sawmill raw materials (sawmill logs). Diameter of thin round wood can range from 15 to 24 cm, and length can range from 2 m and above.*

*Apart from thin round wood, high quality stacked wood in form of split or round wood (pulpwood, firewood, chemical conversion wood and others) can be used as input raw material. Nevertheless, that sort of raw material is infrequently used in large industrial sawmills, due to the problematic profitability of sawmill processing and unique sawmill technological basis. Considering the yield at sawing of these logs it is apparent that it is different from yield at processing of standard sawmill raw material.*

*Research aim of this paper was to determine volume yield, lumber value yield and log value yield of common beech (*Fagus sylvatica* L.) logs with smaller diameter and quality during their processing dimension stock and flooring components. The study is based on common beech trees harvested in Bosnia and Hercegovina. The object of research were beech logs divided into three groups with mid diameter ranging from 18 to 20, 21 to 23 and 24 to 26 cm (Table 1 to 3). Primary sawing of logs was performed by using live sawing technique on long band saw. All obtained sawn boards were sawn up into dimension stock and flooring components by cross – rip sawing method.*

*The best log volume yield in the form of dimension stock and flooring components showed logs with mid diameter ranging from 24 to 26 cm, followed by logs with diameter from 21 to 23 cm, and logs with diameter from 18 to 20 cm, with mutual insignificant difference (Figure 1 and Table 8). Results show that the best quality dimension stock and flooring components were sawn from logs with mid diameter ranging from 21 to 23 cm, followed by logs with diameter from 24 to 26 cm, and logs with diameter from 18 to 20 cm (Figure 2 and Table 9). The best log value yield results showed logs with mid diameter ranging from 24 to 26 cm, followed by logs with diameter from 21 to 23 cm, and logs with diameter from 18 to 20 cm (Figure 3 and Table 10).*

*The results confirmed some previous research. They indicate the possibility of successful processing of this kind of raw material regarding the research of technological criteria. In doing so, raw material selection and its qualitative classification is very important. Quality criteria and dimensions of dimension stock and flooring components which will be produced from that raw material are also important. In this paper the usage of three very confined diameter groups was compared. It was determined that there is slight but insignificant mutual difference. With further research it should be considered if there is any sense comparing such confined diameter groups, namely experiments should be set so that wider diameter groups are compared. Considering the market status of beech sawmill products, more attention should be given to economic indicators and success criteria of sawmill processing of this form of sawmill raw material.*

*Key words: Common beech (*Fagus sylvatica* L.), low quality and small-sized diameter logs, sawmilling production, dimension stock, log volume yield, lumber value yield, log value yield.*