Uspješnost pilanske obrade hrastovih neokrajčenih piljenica klasičnom tehnologijom i tehnologijom piljenja optimiranjem uz podršku računala

Mihić, Mijo

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:229767

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

DRVNOTEHNOLOŠKI PROCESI

MIJO MIHIĆ

USPJEŠNOST PILANSKE OBRADE HRASTOVIH NEOKRAJČENIH PILJENICA KLASIČNOM TEHNOLOGIJOM I TEHNOLOGIJOM PILJENJA OPTIMIRANJEM UZ PODRŠKU RAČUNALA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

DRVNOTEHNOLOŠKI PROCESI

USPJEŠNOST PILANSKE OBRADE HRASTOVIH NEOKRAJČENIH PILJENICA KLASIČNOM TEHNOLOGIJOM I TEHNOLOGIJOM PILJENJA OPTIMIRANJEM UZ PODRŠKU RAČUNALA

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: **Drvnotehnološki procesi**

Predmet: **Pilanska tehnologija drva II**

Ispitno povjerenstvo:

1. **Doc. dr. sc. Josip Ištvanić, mentor**
2. **Prof. dr. sc. Ružica Beljo Lučić, član**
3. **Doc. dr. sc. Matija Jug, član**
4. **Doc. dr. sc. Branimir Šafran, zamjenski član**

Student: **Mijo Mihić**

JMBAG: **0068222545**

Broj indeksa: **1029/18**

Datum odobrenja teme: **17. 04. 2020.**

Datum predaje rada: **21. 09. 2020.**

Datum obrane rada: **25. 09. 2020.**

Zagreb, rujan 2020.

	IZJAVA **O IZVORNOSTI RADA**	**OB ŠF 05 07**
		Revizija: 1
		Datum: 11.8.2020.

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

_____

vlastoručni potpis

Mijo Mihić

U Zagrebu, *21. 9. 2020.*

ADMINISTRATIVNI PROTOKOL

Naslov diplomskog rada	Uspješnost pilanske obrade hrastovih neokrajčenih piljenica klasičnom tehnologijom i tehnologijom piljenja optimiranjem uz podršku računala
Kratki biografski podaci o autoru	Mijo Mihić, rođen 02.09.1994. u Vinkovcima. Maturirao šk. god. 2012/2013. u tehničkoj školi „Ruđer Bošković“ Vinkovci. Upisao preddiplosmki studij Drvne tehnologije na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu šk. god. 2013/2014., te isti završio 21.09.2018. Upisao diplomski studij Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu šk. god. 2018/2019. te na istome diplomirao u šk. god. 2019/2020.
Adresa e - mail	Petra Zrinskog 15, 32221 Nuštar mijo.mihic1892@gmail.com
Izvođenje eksperimenta i obrada podataka	Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb
Mentor	Doc. dr. sc. Josip Ištvanić, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet
Neposredni voditelj	Doc. dr. sc. Josip Ištvanić, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet
Rad sadrži	I – X + 34 stranica + 13 tablica + 14 slika + 10 navoda literature
Administrativni postupak	Prijava i odobrenje teme diplomskog rada pod naslovom „Uspješnost pilanske obrade hrastovih neokrajčenih piljenica klasičnom tehnologijom i tehnologijom piljenja optimiranjem uz podršku računala ” 17. 04. 2020. i imenovanje povjerenstva za obranu teme diplomskog rada u sastavu: Doc. dr. sc. Josip Ištvanić, mentor Prof. dr. sc. Ružica Beljo Lučić, član Doc. dr. sc. Matija Jug, član Doc. dr. sc. Branimir Šafran, zamjenski član
Mjesto i datum obrane	Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zavod za tehnologije materijala, Svetošimuska cesta 25, 10 000 Zagreb 25. 09. 2020.

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

TI (naslov)	Uspješnost pilanske obrade hrastovih neokrajčenih piljenica klasičnom tehnologijom i tehnologijom piljenja optimiranjem uz podršku računala
AU (autor**)**	Mijo Mihić
AD (adresa)	Petra Zrinskog 15, 32221 Nuštar
SO (izvor)	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Drvnotehnološki odsjek
PY (godina objave)	2020
LA (izvorni jezik)	Hrvatski
LS (jezik sažetka)	Hrvatski
DE (ključne riječi)	Sekundarna pilana, hrastove neokrajčene piljenice, drvni elementi, kvantitativno iskorištenje, kvalitativno iskorištenje, vrijednosno iskorištenje
GE (zemlja objave)	Hrvatska
PT (vrsta objave)	Diplomski rad
VO (volumen)	I – X + 34 stranica + 13 tablica + 14 slika + 10 navoda literature
AB (sažetak)	U radu su prikazani rezultati istraživanja uspješnosti pilanske obrade hrastovih (Quercus spp.) neokrajčenih piljenica klasičnom tehnologijom. Cilj je bio eksperimentalno u proizvodnim uvjetima uobičajenim metodama istražiti i utvrditi kvantitativno, kvalitativno i vrijednosno iskorištenje pri njihovoj obradi u drvne elemente i popruge. Piljenice su kvalitativno bile razvrstane prema uobičajenim kriterijima razvrstavanja u hrvatskim pilanama. Dodatno su razvrstane u tri duljinska razreda: kratke (1,5 do 2,5 m), srednje (2,5 do 3,5 m) i duge (3,5 m i više). Ako kao najvažniji činitelj uspješnosti pilanske obrade piljenica u drvne elemente uzmeno vrijednosno iskorištenje najbolje iskorištenje postignuto je obradom piljenica iz srednje dugih paketa, zatim slijede dugi paketi te na kraju kratki paketi.

KEY WORDS DOCUMENTATION

TI (Title)	The success of sawmill processing of oak unedged sawn boards with classic and computer-optimized sawing technology
OT (Original Title)	Uspješnost pilanske obrade hrastovih neokrajčenih piljenica klasičnom tehnologijom i tehnologijom piljenja optimiranjem uz podršku računala
AU (Author)	Mijo Mihić
AD (Adress of Author)	Petra Zrinskog 15, 32221 Nuštar
SO (Source)	Library of Forestry Faculty of Zagreb University, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Croatia
PY (Publication Year)	2020
LA (Language of Text)	Croatian
LS (Language of Summary)	English
DE (Descriptors)	Secondary sawmill, oak unedged sawnboard, wooden elements, quantitative yield, qualitative yield, value yield
GE (Geo. Headings)	Croatia
PT (Publication Type)	Graduate thesis
VO (Volume)	I - X + 34 pages + 13 tables + 14 figures + 10 references
AB (Abstract)	The paper presents the results of research on the success of sawmill machining of oak (Quercus spp.) unedged sawnboards with classical technology. The aim was to experimentally investigate and determine the quantitative, qualitative and value yield in their processing into wood elements by common methods in production conditions. Unedged sawnboard were qualitatively classified according to the usual classification criteria in Croatian sawmills. They are additionally classified into three length classes: short (1.5 to 2.5 m), medium (2.5 to 3.5 m) and long (3.5 m and more). The best yield was achieved by processing sawnboard from medium-long packages, followed by long packages and finally short packages.

POPIS SLIKA

Slika 1. Šume i šumska zemljišta prema vlasništvu **2**

Slika 2. Drvna zaliha prema vrstama drveća u Republici Hrvatskoj **2**

Slika 3. Šuma hrasta lužnjaka s običnim grabom **3**

Slika 4. Poprečno – uzdužni način **8**

Slika 5. Uzdužno – poprečni način **8**

Slika 6. Tlocrt klasične sekundarne pilane temeljene na poprečno – uzdužnom načinu obrade piljenica **9**

Slika 7. Tlocrt djelomično računalom upravljanje sekundarne pilane temeljene na uzdužno - poprečnom načinu obrade piljenica **9**

Slika 8. Računalom vođena tehnologija izrade drvnih elemenata podužno - poprečnim načinom piljenja sa predblanjanjem piljenica **10**

Slika 9. Izbor i mjerenje neokrajčenih piljenica **16**

Slika 10. Karakteristične faze obrade piljenica u doradnoj pilani **17**

Slika 11. Shematski prikaz tehnološke linije doradne pilane Spačva d.d. **17**

Slika 12. Izmjera drvnih elemenata i popruga **18**

Slika 13. Prikaz udjela ulazne sirovine po klasama **22**

Slika 14. Prikaz udjela dobivenih elemenata i popruge iz neokrajčenih piljenica neto **26**

POPIS TABLICA

Tablica 1. Ukupni trošak proizvodnje po jedinici proizvoda **11**

Tablica 2. Sumarni trošak po jedinici proizvoda **12**

Tablica 3. Podaci o ispiljenim piljenicama na doradnoj pilani – kratki paketi **21**

Tablica 4. Podaci o ispiljenim piljenicama na doradnoj pilani – srednji paketi **21**

Tablica 5. Podaci o ispiljenim piljenicama na doradnoj pilani – dugi paketi **22**

Tablica 6. Iskorištenje piljenica u obliku drvnih elemenata i popruge kratkih paketa **23**

Tablica 7. Iskorištenje piljenica u obliku drvnih elemenata i popruge srednjih paketa **24**

Tablica 8. Iskorištenje piljenica u obliku drvnih elemenata i popruge dugih paketa **25**

Tablica 9. Prikaz kvantitativnog iskorištenja u doradnoj pilani prikazan u % **26**

Tablica 10. Kvalitativno iskorištenje piljenica i prosječna cijena kvalitete elemenata i popruga izražena u novcu u doradnoj pilani – kratki paketi **27**

Tablica 11. Kvalitativno iskorištenje piljenica i prosječna cijena kvalitete elemenata i popruga izražena u novcu u doradnoj pilani – srednji paketi **27**

Tablica 12. Kvalitativno iskorištenje piljenica i prosječna cijena kvalitete elemenata i popruga izražena u novcu u doradnoj pilani – dugi paketi **28**

Tablica 13. Vrijednosno iskorištenje piljenica i prosječna cijena kvalitete elemenata i popruga izražena u novcu u doradnoj pilani **28**

PREDGOVOR

Kada sam se odlučio za ovo istraživanje nisam ni očekivao na kakove ću poteškoće i probleme naići. Naime ni slutio nisam da će tijek istraživanja poremetiti COVID-19 ugroza. Iz toga razloga postavljeni ciljevi istraživanja vezani za sam naslov rada nisu u potpunosti ispunjeni. Istraživanja vezana za uspješnost pilanske obrade piljenica klasičnom tehnologijom su uspješno obavljena i prezentirana u ovome radu. Nažalost daljnja predviđena istraživanja uspješnosti pilanske obrade tehnologijom piljenja optimiranjem uz podršku računala bila su onemogućena uslijed pojave COVID-19 virusa i svih popratnih preporuka o socijalnoj distanci i odgovornom ponašanju.

Jednostavno iz sigurnosno - zdravstvenih razloga nije bilo mogućnosti obaviti drugi dio praktičnih mjerenja u proizvodnim uvjetima u poduzeću gdje je dogovoreno istraživanje. Iz toga razloga neko će možda iščitavajući ovaj rad zamjeriti tu manjkavost. Žao mi je zbog toga no zasigurno će se sređivanjem situacije otvoriti mogućnosti nastavka istraživanja i njihovog dovršetka.

Rad je izrađen za potrebe projekta IRI „Istraživanje u poduzeću Spačva d.d u svrhu razvoja inovativnih masivnih vrata od slavonske hrastovine“ stoga se zahvaljujem i voditeljici projekta prof. dr. sc. Ružici Beljo Lučić što mi je omogućila da dam svoj doprinos ovom projektu.

Želio bih zahvaliti i svom mentoru doc. dr. sc. Josipu Ištvaniću na strpljenju, uloženom trudu i vremenu te pomoći pruženoj tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Također veliko hvala mojoj obitelji, prijateljima i djevojci na nesebičnoj i velikoj potpori pruženoj tijekom cjelokupnog studija.

Mijo Mihić

SADRŽAJ

ADMINISTRATIVNI PROTOKOL IV
DOKUMENTACIJSKA KARTICA V
KEY WORDS DOCUMENTATION VI
POPIS SLIKA VII
POPIS TABLICA VIII
PREDGOVOR IX
SADRŽAJ X
1. UVOD 1
1.1. Prikaz šuma i šumskog zemljišta u Republici Hrvatskoj 1
1.2. Obilježja hrastovine 3
1.3. Drvna industrija Spačva d.d. Vinkovci 4
2. CILJ ISTRAŽIVANJA 6
3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA 7
3.1. Načini raspiljivanja piljenica 7
3.2. Blanjanje piljenica 8
3.3. Tehnologije obrade 8
4. OBJEKT I METODE ISTRAŽIVANJA 13
4.1. Izbor i mjerenje sirovine 15
4.2. Obrada piljenica u doradnoj pilani 16
4.2.1. Kvantitativno iskorištenje u doradnoj pilani 19
4.2.2. Kvalitativno iskorištenje u doradnoj pilani 19
4.2.3. Vrijednosno iskorištenje u doradnoj pilani 20
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA 21
5.1. Podaci o piljenicama 21
5.2. Iskorištenja u doradnoj pilani 23
5.2.1. Podaci o ispiljenim elementima i poprugama 23
5.2.2. Rezultati kvantitativnog iskorištenja 26
5.2.3. Rezultati kvalitativnog iskorištenja 27
5.2.4. Rezultati vrijednosnog iskorištenja 28
6. RASPRAVA I ZAKLJUČAK 29
7. LITERATURA 31
Životopis 32
Zabilješke 34

1. UVOD

Republika Hrvatska je država čija je gotovo polovica kopnene površine prekrivena šumom, zbog čega se ubraja u sam vrh europskih zemalja po šumovitosti. Osim za preživljavanje, kroz povijest, šume su služile i za gospodarski oporavak nakon ratova. Zbog nekontrolirane sječe i straha od težih posljedica koje bi nastale obešumljavanjem javlja se potreba za uravnoteženim gospodarenjem šumskim resursima, što dovodi do pojave šumarstva kao struke koja se bavi gospodarenjem i očuvanjem šuma za trajnu dobit čovjeka i okoliša.

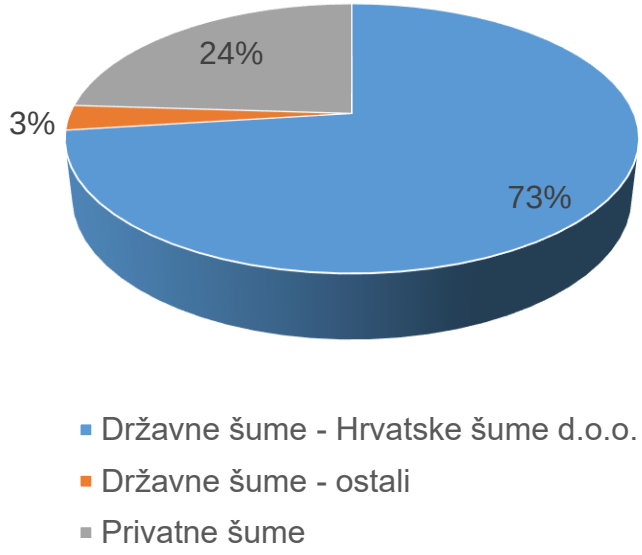
Paralelno sa razvojem šumarstva dolazi do razvoja i drvne industrije. Početci mehaničke obrade drva raspiljivanjem datiraju daleko u prošlost dok se moderna obrada drva povezuje sa razvojem pila jarmača i pila na vodeni pogon koje se u Hrvatskoj pojavljuju u 15. stoljeću. Preokret u pilanskoj proizvodnji javlja se u 18. stoljeću izumom parnog stroja, zbog čega industrijska obrada u pilanskoj proizvodnji postaje najznačajnija gospodarska grana Hrvatske sve do početka drugog svjetskog rata. Nakon drugog svjetskog rata dolazi do pojave raznih strojeva (tračne pile trupčare, kružne pile, elektromotora itd.) koji su značajno utjecali na kvalitetu i brzinu obrade. Danas se u suvremenim pilanama kao glavni strojevi koriste različiti tipovi tračnih i kružnih pila, te pila jarmača. (Ištvanić i sur., 2008)

Pilanska obrada drva nalazi se u području mehaničke obrade u kojem drvo mijenja svoj oblik i dimenzije dok anatomska i kemijska građa ostaju identične kao i prije same obrade. Osnovni pilanski proizvod su piljenice, koje se dijele na neokrajčene (samice, polusamice, kladarke) i okrajčene piljenice. Također razlikujemo i druge vrste pilanskih proizvoda kao što su: grede, gredice, letve, pragovi i dr. (Ištvanić i sur., 2008)

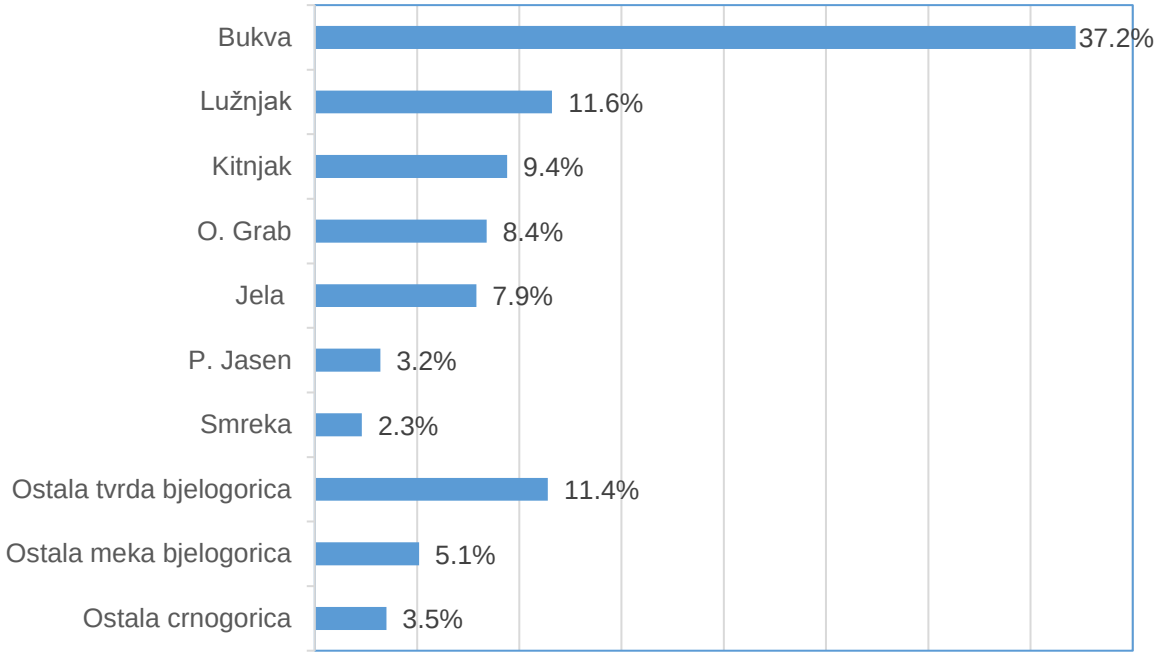
1.1. Prikaz šuma i šumskog zemljišta u Republici Hrvatskoj

Hrvatske šume, kao javni šumoposjednik, u ime Republike Hrvatske upravljaju s 2.024.461 ha šuma što u ukupnom postotku iznosi 73% dok je ostatak u privatnom vlasništvu (661.721 ha). Republika Hrvatska raspolaže drvnom zalihom u iznosu od 418,6 milijuna m³ od toga je 315,8 milijuna m³ u vlasništvu Hrvatskih šuma, 83,7 milijuna m³ pripada privatnim šumoposjednicima dok ostalo odlazi na državne šume kojima se koriste drugi pravni subjekti (slike 1. i 2.) . Ukupni godišnji prirast drvne zalihe

iznosi 10,1 milijuna m³. Hrvatske šume gospodare sa dijelom od 7,5 milijuna m³ a godišnji etat (ETAT- sječiva drvna masa označava količinu drvne mase koju je dopušteno iskorištavati u gospodarske svrhe) u tim šumama prosječno iznosi 6,4 milijuna m³. Vidljivo je da se godišnje manje drvne mase iskoristi od prirasta, čime je osigurana budućnost održivog gospodarenja.



Slika 1. Šume i šumska zemljišta prema vlasništvu (Sitaš i sur.,2019)



Slika 2. Drvna zaliha prema vrstama drveća u Republici Hrvatskoj (Sitaš i sur., 2019)

1.2. Obilježja hrastovine

Hrast lužnjak pripada listopadnim vrstama drveća koje se mogu pronaći u nizinskim šumama cijele Europe, te na području južnog dijela Skandinavije pa sve do Sredozemnog mora. Dosežu visine do 50 metara i promjer oko 2,5 metra, ali također su poznati primjeri stari 2000 godina i debljine 6 metara. Mogu izdržati visoke temperature, ali osjetljivi su na mraz. Obično rastu u dolinama i ravnicama na pješčanom, svježem, plodnom ili vlažnom zemljištu, gdje ponekad dolazi do poplava. Slavonske šume hrasta lužnjaka poznate su zbog svoga kvalitetnog drveta u cijelom svijetu. Nalaze se u području rijeke Save i njenih pritoka na glinastom plodnom zemljištu koje karakterizira relativno visok nivo podzemnih voda a često i poplava. Uz njega, na području spačvanskog bazena rastu također i poljski jasen te joha (Potočić (ur.), 1983.). Pravilnost godova, njihova podjednaka širina, zlatnožuta boja i trajnost svrstavaju hrastovinu u sam vrh međunarodne tehnološke sirovine

Uz jednostavno ručno i strojno obrađivanje, hrast lužnjak se također dobro reže, ljušti, lijepi i površinski obrađuje. Preporučljiva brzina rezanja iznosi 33 m/s, a ovisi o širini godova gdje se drvo uskih godova bolje obrađuje.

Zbog svoje visoke kvalitete pogodno je za izradu rezanog furnira, parketa, namještaja od punog drva, građevne stolarije, željezničkih pragova, drvnih obloga te konstrukcijskih drva za vanjsku i unutrašnju ugradnju. „Drvo iz područja Slavonije izrazite je kakvoće zbog jednoličnih uskih godova i kao takvo poznato na svjetskom tržištu drva kao Slavonska hrastovina.“ (Petrić i Trajković, 1995).



Slika 3. Šuma hrasta lužnjaka s običnim grabom (https://www.mmm-vukelic.hr/drvo/hrast/)

1.3. Drvna industrija Spačva d.d. Vinkovci

Službeni datum osnutka Spačve, onaj koji je poznat i danas, dogodio se spajanjem dviju tvrtki – stolarske tvrtke Slavonski hrast i tvrtke za piljenje drva i drvene stolarije Cerna. Procesom spajanja 1956. stvorena je drvna industrija Slavonski hrast Vinkovci. No, sve što je prethodilo navedenom događaju seže mnogo dublje u prošlost. Ime tvrtke se nekoliko puta mijenjalo kroz povijest. Naime, 1961. se naziv Spačva počeo koristiti kao službeni naziv tvrtke, dok je puni naziv bio Spačva – šumarski poljoprivredno-industrijski konglomerat Vinkovci. Današnji naziv, Drvna industrija Spačva, koristi se od 1992., nakon što je tvrtka postala dioničko društvo

Iako je teško uspoređivati Spačvu na početcima i ovu od danas, može se zaključiti kako njeno poslovanje, uz sve uspone i padove, i dalje ima pozitivan trend. Naime, od osnutka pa do danas, put razvitka tvrtke se može promatrati kroz dva razdoblja. Prvo razdoblje započinje osnutkom i završava s 1996. godinom dok drugo razdoblje traje od 1996. pa sve do danas. U prvom je razdoblju Spačva pronalazila put napretka prilagođavajući se složenim zahtjevima tržišta, u čemu se uvelike pomogle gradske i županijske vlasti koje su prepoznale važnost takve tvrtke za napredak gospodarstva lokalne zajednice, a samim time i čitave države. Drugo razdoblje je obilježio dolazak lokalnog dioničara koji je polako povećavao svoj udjel u vlasništvu te su se tim činom okolnosti odlučnije počele kretati na bolje. Danas Spačva djeluje u potpuno drugačijim gospodarskim i proizvodnim okolnostima. Ona se danas odlikuje sposobnošću brze prilagodbe tržištu i produktivnošću pomoću koje može odgovoriti na sve zahtjeve koje jedno takvo tržište zahtjeva od nje.

Spačva se sastoji od 5 tvornica :

- pilana
- parketarija
- finalna
- tvornica furnira
- tvornica bioenergenata

Broj zaposlenih se mijenjao kroz godine. 1990. broj zaposlenih iznosio je 1.710 radnika, što se drastično smanjilo 2005. godine kada je u Spačvi radilo 964 radnika. Upravo je u smanjenu broja zaposlenika vidljiv najveći pomak. Iako je to smanjenje za bivše zaposlenike bilo egzistencijalno teško razdoblje, za tvrtku je to bio jedini način za stabiliziranje, a nakon toga i napredovanje te održanje na tržištu (Virc (ur.), 2006).

Danas tvrtka zapošljava 850 zaposlenih, po čemu se također vidi napredak ako se promotri stanje od prije samo četiri godine kada je Spačva brojala gotovo sto zaposlenika manje (Katalog Spačve, 2018).

Budućnost tvrtke planira se kroz tri cilja:

- kontinuirano ulaganje u ekološku proizvodnju uz stalan razvoj proizvoda
- žele postati tržišni lider drvne industrije u regiji iako već danas svoje proizvode izvoze u 30 zemalja
- žele postati sinonim za kvalitetu usluga i izvrsnost proizvoda

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

U poduzeću “Spačva d.d.” iz Vinkovaca za potrebe projekta IRI „Istraživanje u poduzeću Spačva d.d u svrhu razvoja inovativnih masivnih vrata od slavonske hrastovine“ provesti snimanje stanja pilanske proizvodnje sa naglaskom na eksperimentalno piljenje sa svrhom utvrđivanja uspješnosti pilanske obrade hrastovih neokrajčenih piljenica klasičnom tehnologijom i tehnologijom piljenja optimiranjem uz podršku računala.

Cilj je eksperimentalno u proizvodnim uvjetima, uobičajenim metodama istražiti i utvrditi slijedeće pokazatelje uspješnosti pilanske obradbe piljenica hrasta (Quercus spp.) pri njihovoj obradi u drvne elemente i popruge:

- kvantitativno iskorištenje pri preradbi piljenica u drvne elemente,
- kvalitativno iskorištenje pri preradbi piljenica u drvne elemente,
- vrijednosno iskorištenje pri preradbi piljenica u drvne elemente.

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Vrijednost manje kvalitetnih pilanskih proizvoda se bitno povećava izradom drvnih elemenata od lošije piljene građe. Taj se proces najčešće izvodi u doradnim odnosno sekundarnim pilanama.

Tehnološki proces pilanske obrade može se izvršiti na dva načina: jednofazniim ili dvofaznim postupkom. Osnovna razlika između dva navedena načina je kontinuiranost procesa. Naime, kod jednofazne se obrade čitav proces mehaničke obrade odvija u jednom, neprekinutom tehnološkom tijeku dok su kod dvofazne obrade primarna i sekundarna faza prostorno i vremenski odvojene. Drugim riječima, kod dvofazne obrade se „poslije primarnog raspiljivanja trupaca i odvajanja (ili ne-odvajanja) kvalitetne, obično neokrajčene komercijalne građe, ostala dobivena piljena građa djelomično ili potpuno suši, a potom, u drugoj fazi se vrši krojenje u okrajčenu građu i drvne elemente“ (Faletar i sur., 2016)

3.1. Načini raspiljivanja piljenica

Način raspiljivanja piljenica, kao i kod piljenja trupaca, također ovisi o: dimenzijama i kvaliteti piljenica, vrsti drva, raspoloživoj tehnologiji za piljenje, vrsti pilanskih sortimenata koji se žele proizvesti, željenom učinku, kvantitativnom, kvalitativnom i vrijednosnom kriteriju piljenja. Postoje dva načina industrijskog raspiljivanja piljenica, te u oba načina debljina piljenica u završnoj fazi može činiti širinu ili debljinu izrađenih proizvoda (slike 4 i 5):

- poprečno – uzdužni način
- uzdužno – poprečni način

Kod prvog načina se piljenica prvo prikrati kako bi uklonili manje greške koje se nalaze na čelu piljenice. Ukoliko postoje još neke druge greške na piljenici ili je ona zakrivljena, potrebno ju je dodatno prepiliti na jednom ili više mjesta. Na kraju procesa preostali iskrojeni dio se uzdužno raspiljuje u elemente, uzimajući u obzir položaj mogućih preostalih grešaka i zadanih širina elemenata.

Kod uzdužno – poprečnog načina piljenja prva operacija obrade uvjetuje uzdužno piljenje, koje u pravilu zahtjeva da piljenice budu bez grešaka i zakrivljenosti. Nakon uzdužnog se radi poprečno prepiljivanje kako bi dobili drvne elemente zadanih

duljina. Kako bi odredili mjesto poprečnog raspiljivanja, potrebno je odrediti položaj nedopuštenih grešaka te širinu i duljinu elemenata (Ištvanić i dr., 2015).



Slika 4. Poprečno – uzdužni način



Slika 5. Uzdužno – poprečni način

3.2. Blanjanje piljenica

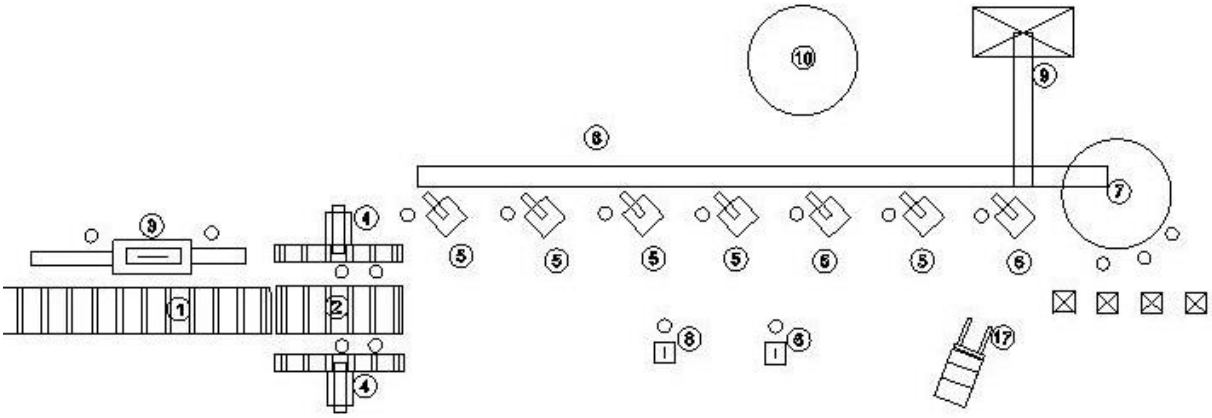
Postoje dva osnovna razloga za korištenje blanjanja u tehnološkom sistemu. Prvi se razlog očituje u lakšem uočavanju grešaka na oblanjanim plohama, koje se kasnije ručno označavaju, skeiraju te prenose u računalo radi bržeg i lakšeg prepoznavanja svih grešaka. Površina nakon obrade je dobra osnova za daljni proces automatskog skeniranja mogućih grešaka. Drugi je razlog vezan za kalibriranje drva, odnosno izvođenja obostranog blanjanja piljenice ili četverostranog blanjanja letve kako bi dobili istu točnost debljine i širine. Navedenim će se procesom otkloniti i sve ostale nečistoće sa površine te će se smanjiti mogućnost elementa u zahvatu stroja (Faletar i dr., 2016).

3.3. Tehnologije obrade

Klasičan način proizvodnje elemenata započinje poprečnim raspiljivanjem piljenice zbog uklanjanja grešaka i to određivanjem duljine budućih sortimenata. Nakon poprečnog raspiljivanja dijelovi piljenica se tračnim i kružnim pilama uzdužno kroje na određene širine elemenata. Nakon toga se sortiraju i slažu u pakete istih dimenzija. U takvoj se tehnologiji javlja problem izvršenja specifikacija jer su međufaze u proizvodnji

izvan kontrole pa se zbog toga nikad ne može znati točan broj komada u proizvodnji i koliko će ih izaći kao gotovi element. Drugi problem koji se javlja je vezan uz veliki broj uskih i kratkih elemenata koji imaju znatno nižu cijenu na tržištu

Kod klasične tehnologije izrade drvnih elemenata poprečno - uzdužnim načinom piljenja piljenice se dopremaju do kružne pile za uzdužno raspiljivanje ulaznim transporterom. Nakon ove kružne pile transportiraju se do kružne pile za poprečno piljenje gdje se raspiljuju na potrebne duljine. Zatim se duži dijelovi piljenica uzdužno obrađuju na kružnim pilama, dok se kraći dijelovi transportiraju do tračnih pila gdje se raspiljuju na potrebne širine. Takvi se izrađeni elementi postavljaju na transportnu traku preko koje odlaze do sortirnice. Nakon toga se elementi sortiraju i slažu na palete (Faletar i dr., 2016)..

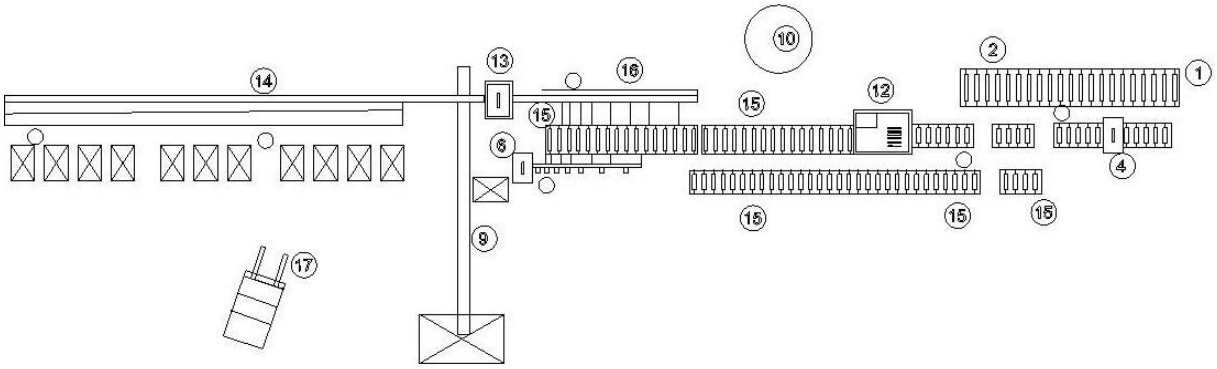


Slika 6. Tlocrt klasične sekundarne pilane temeljene na poprečno-uzdužnom načinu obrade piljenica
Izvor: Faletar i dr, 2016

S razvojem tehnologije dolazi se do novih saznanja te drukčijeg pogleda na izradu elemenata. Računalo čini veliku prednost u procesu izvršenja specifikacije jer ono određuje točne dimenzije elemenata, omogućuje odabir kvalitete istih, obavlja točnu kontrolu broja komada izrađenih elemenata te u ovakvom načinu nikad ne postoje međufaze pa je samim time i proces kontroliran i kontinuiran. Današnje tržište zahtjeva sve šire i dulje elemente pa je tehnologija prvenstveno usmjerena na uzdužno raspiljivanje, a tek nakon toga na poprečno.

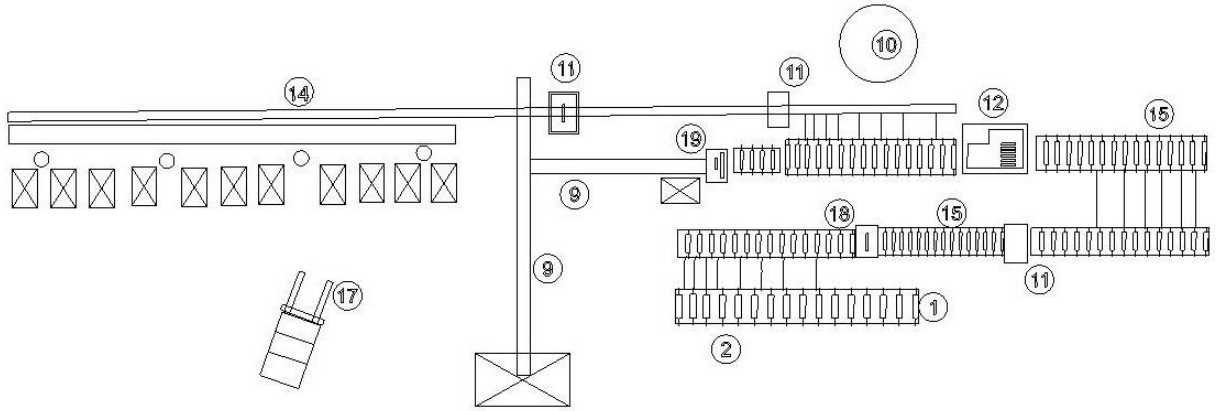
Računalom vođena tehnologija izrade drvnih elemenata uzdužno – poprečnim načinom piljenja bez predblanjanja piljenica uz pomoć računala kontrolira broj komada izrađenih elemenata te samim time daje procesu kontinuitet i kontrolu. Ulaznim se transporterom piljenice dopremaju na uzdužno raspiljivanje na višelisnoj kružnoj pili

nakon čega se letve poprečno kroje računalno upravljanom kružnom pilom. Na poprečnoj kružnoj pili se otklanjaju dijelovi drva s greškama koje su već prije označene kredom. Zatim slijedi sortiranje i slaganje elemenata u pakete istih dimenzija i kvalitete (Faletar i sur., 2016).



Slika 7. Tlocrt djelomično računalom upravljane sekundarne pilane temeljene na uzdužno-poprečnom načinu obrade piljenica
Izvor: Faletar i dr, 2016

Računalno vođena tehnologija izrade drvnih elemenata uzdužno – poprečnim načinom piljenja s predblanjanjem piljenica ima sličan princip rada kao i prethodno navedena tehnologija. Piljenice se transportiraju na blanjalicu gdje se dvostrano blanjaju. Zatim se prema kvaliteti skeniraju i kroje po širini, nakon čega se uzdužno raspiljuju na višelisnoj kružnoj pili. Tako dobivene letve se ponovno skeniraju te poprečno kroje na kružnoj pili. Na istoj se pili otklanjaju dijelovi drva s greškama koje su od prethodno određene skenerom. Na samom kraju procesa se elementi slažu u pakete istovrsnih dimenzija i kvalitete (Faletar i dr., 2016).



Slika 8. Računalom vođena tehnologija izrade drvnih elemenata podužno-poprečnim načinom piljenja sa predblanjanjem piljenica
Izvor: Faletar i dr, 2016

Rezultati istraživanja (Butković, 1998), pokazali su da računalno upravljana doradna pilana daje najbolje rezultate, troši najmanje električne energije, najmanji su troškovi proizvodnje po m^3 elemenata te je omogućena potpuna kontrola broja i kvalitete komada. Navodi se samo jedan nedostatak, a to je početno ulaganje koje je znatno veće nego kod klasičnih doradnih pilana (tablica 1.).

Tablica 1. Ukupni trošak proizvodnje po jedinici proizvoda (Butković, 1998)

Trošak po fazama	**Klasična sekundarna pilana-varijanta 1 NJ/m³ el.**	**Klasična sekundarna pilana-varijanta 2 NJ/m³ el.**	**Sekundarna pilana vođena računalom NJ/m³ el.**
Trošak rada	142,40	142,40	46,40
Trošak opreme	12,70	16,30	34,80
Trošak elektro energije	7,87	9,20	6,38
Ukupni trošak	162,97	167,90	91,45

Faletar i dr. (2016). u istraživanju također uspoređuju tri načina obrade piljenica: izrada drvnih elemenata predblanjanjem, izrada uobičajenom klasičnom tehnologijom poprečno – podužnog načina izrade drvnih elemenata te računalom vođenu tehnologiju podužno – poprečnog načina piljenja bez predblanjanja.

Za provođenje istraživanja korištena je metoda prema istraživanju Butkovića iz 1998. Parametri koji su uspoređivani kod ovih tehnologija bili su:

- broj djelatnika
- cijena rada
- produktivnost
- instalirana snaga
- utrošak električne energije
- cijena opreme

Iz prikazanog istraživanja i dobivenih rezultata o troškovima proizvodnje elemenata različitih tehnologija može se zaključiti slijedeće (tablica 2):

Klasična tehnologija izrade drvnih elemenata poprečno-podužnim načinom ima najveće troškove rada i električne energije dok ima najmanje troškove opreme. Ova linija ima ukupno najveće troškove po jedinici proizvedenih elemenata i ima najlošiju kontrolu broja izrađenih elemenata.

Računalom vođena tehnologija izrade drvnih elemenata podužno-poprečnim načinom piljenja bez predblanjanja piljenica daje ukupno najmanje troškove proizvodnje, trošak rada i električne energije je manji nego li na klasičnoj liniji, a veći od doradne pilane vođene računalom sa predblanjanjem piljenica. Na ovoj liniji je kontrola broja izrađenih komada puno bolje nego li na klasičnoj doradnoj pilani.

Računalom vođena tehnologija izrade drvnih elemenata podužno-poprečnim načinom piljenja sa predblanjanjem piljenica postiže najbolju produktivnost i troši najmanje električne energije po jedinici proizvoda, te ima najbolju kontrolu izrađenog broja komada i ima najbolju iskorištenje piljenica jer kvalitetu određuje pomoću skenera za drvo. Nedostatak ove tehnologije je početna investicija koja je veća od prethodne skoro 7 puta. Dobiveni zaključci su potvrdili spoznaje do kojih je došao u svom istraživanju Butković (1998).

Tablica 2. Sumarni trošak po jedinici proizvoda

Trošak po fazama Eur/m^3 elemenata	**Klasična tehnologija poprečno podužnog piljenja**	**Numerički vođena tehnologija podužno poprečnog piljenja**	**Numerički vođena tehnologija podužno poprečnog piljenja s predblanjanjem**
Trošak (vrijednost) rada	89,00	29,15	8,50
Trošak opreme	6,40	19,56	54,55
Trošak električne energije	3,94	3,19	2,15
Ukupni trošak	99,34	51,90	65,20

4. OBJEKT I METODE ISTRAŽIVANJA

Objekt navedenog istraživanja bile su neokrajčene piljenice koje su prethodno izrađene iz pilanskih trupaca hrasta iz šumskih sastojina Spačvanskog bazena.

Piljenice hrasta razvrstane su prema uobičajenim kriterijima razvrstavanja u hrvatskim pilanama. Prema navedenom načinu piljenice hrasta razvrstavaju se u četiri kategorije: I/II, M (merkantil), III. i IV. klasa. Osim u navedene četiri kategorije, često se razvrstavaju i u prosječnu I/IV. klasu u koju pripadaju takozvane piljenice s velikim udjelom bjeljike te doradne piljenice kao što je slučaj i u ovom istraživanju.

Piljeni drvni elementi su namjensko izrađeni proizvodi iz masivnog drva s točno određenim dimenzijama, načinom i stupnjem obradbe što uključuje i hidrotermičku obradu te kakvoćom. Poznato je nekoliko načina razvrstavanja piljenih drvnih elemenata od kojih se najčešće koristi razvrstavanje prema strukturi drva i obzirom na vrstu i stupanj obradbe. Navedeni kriteriji razvrstavanja uglavnom se vežu uz tvrde listače. No, prema vrsti i stupnju obradbe se klasificiraju kao: gotovi, poludovršeni i grubi.

- Gotovi elementi su osušeni na željeni konačni sadržaj vode te obrađeni do te mjere da ih je manje ili više moguće ugrađivati u gotov proizvod.
- Poludovršeni elementi su prosušeni ili suhi te obrađeni, pored pila, u većem stupnju i drugim strojevima (npr. Blanjanjem ili brušenjem).
- Grubi elementi okarakterizirani su izradom pilama s odgovarajućim nadmjerama, radi sušenja i daljnje obradbe. Mogu biti u sirovom, prosušenom ili željenom suhom stanju.

Za potrebe istraživanja, u pilani Spačva d.d. izrađivani su grubi elementi u sirovom stanju.

U navedenoj pilani elementi nisu standardizirani, te se proizvode prema posebnim specifikacijama. Prema njima su utvrđene: dimenzije (načešće debljine 30 mm, širine 100 do 320 mm rastući po 5 ili 10 mm i duljine 100 do 4500 mm rastući po 50 do 100 mm), kakvoća (redovito vrlo visoki zahtjevi), suhoća elemenata i stupanj obrađenosti istih.

Kada je riječ o kakvoći drvnih elemenata i razvrstavanju, u njihovoj se praksi najčešće vodi računa o teksturi, odnosno o toku godova i određenim greškama na njihovoj površini kao što su boja, kvržice, finoća drva i druge. To je najbitnije kod razvrstavanja tvrdih listača. Pa se prema kriteriju teksture mogu razvrstati na:

- Piljene elemente teksture blistače,
- Piljene elemente teksture polublistače (polubočnice),
- Piljene elemente teksture bočnice.

Karakteristike finalnog proizvoda su glavni pokazatelj koji elementi su prikladniji za finalnu obradbu. No, ne može se generalizirati da su elementi jedne teksture uvijek veće vrijednosti od drugih. Trenutno se više cijene elementi teksture polublistače i blistače od bočnica zbog nekih već od prije poznatih prednosti kao što su: manje deformacije prilikom sušenja, manje utezanje i bubrenje u širinu, lakša daljnja finalna obradba i slično. Usprokos svim navedenim prednostima, činjenica je da elementi teksture bočnice također imaju neka određena izrazita estetska svojstva koja se ponekad mogu posebno zahtjevati za neki finalni proizvod.

Ako se uzme u obzir uobičajeno razvrstavanje drvnih elemenata, odnosno tekstura, uklopljenost bjeljike i ostale ranije navedene greške razlikujemo:

- potpuno čiste elemente koji trebaju biti fine i prave žice, jednolične teksture i strukture (poželjno blistače i polublistače), bez kvrga i pukotina, ujednačene prirodne boje i dr. U praksi se ovakvi elementi razvrstavaju u klasu kakvoće I/II.
- Elementi koji imaju tri strane čiste sa istim karakteristikama kao prethodni s tim da se dopušta i tekstura bočnice u određenom udijelu od cjelokupne količine koja se proizvodi za npr. nekog kupca. Kod tih elemenata, na jednoj strani dopušta se obično jedna greška kao što je npr. neprobijajuća zdrava kvržica, ali ne na svim komadima. U praksi se ovakvi elementi razvrstavaju u klasu kakvoće I/III.

Drvni se elementi najčešće koriste za izradu lameliranih masivnih ploča ili za izradbu dijelova namještaja kao što su dijelovi regala, stolova, komoda ili pak prednjice kuhinjskih elemenata.

Popruge se također ubrajaju u drvne elemente. Naziv „popruge“ je zadržan prvenstveno iz tradicionalnih razloga jer su se počele izrađivati na našim prvim industrijskim pilanama. One su najčešće nešto manjih dimenzija, iste ili malo lošije kakvoće, izrađuju se iz dijelova piljenica koji ne zadovoljavaju kriterije za drvne elemente te su u većini slučajeva namijenjene za izradbu masivnog parketa. No, za posebne vrste kvalitetnih drvenih podova kao što su lamelice, odnosno takozvani gotovi dvoslojni ili troslojni parketi, izrađuju se i u kvaliteti drvnih elemenata.

4.1. Izbor i mjerenje sirovine

Sva mjerenja i piljenje potrebno za izradu ovoga rada, izvršena su u firmi Spačva d.d. iz Vinkovaca. Piljenice za mjerenje su u primarnoj pilani izrađene na tračnoj pili trupčari i jarmači individualno tehnikom piljenja u cijelo, paralelno sa ravnom osi trupca. Sve piljenice iz ovog istraživanja bile su namijenjene daljnjoj proizvodnji u istome pogonu, te su razvrstavane na komercijalne, doradne, one s velikim udjelom bijeljike i one koje su bile mušičave. Krupni pilanski ostatak i piljevina se nisu mjerili.

Obračunska debljina iznosila je 25 mm kod 38% sadržaja vlage. Naknadno je izmjeren i trenutni sadržaj vlage piljenica, te je bruto dimenzija piljenica iznosila 29 mm. U pilani gdje je izvršeno istraživanje ova debljina piljenica je prilagođena daljnjem tehnološkom procesu. Obzirom da se radilo o neokrajčenim piljenicama nadmjera na širinu nije se obračunavala. Nadmjera na nominalnu duljinu piljenica je iznosila najmanje 2 cm.

Piljenice se na pilani slagane u složajeve prema duljini u tri kategorije: kratke, srednje i duge. Mjerenje je provedeno na način da su izmjerena po tri složaja iz svake od ovih grupa složajeva piljenica. Za taj su način dobivene tri kategorije za eksperimentalno raspiljivanje (slika 9).

Na svim piljenicama bile su izmjerene njihove dimenzije debljina, širina i duljina prema HRN D.C1. 021. Piljena hrastova građa i HRN D.B0 022. razvrstavanje i mjerenje neobrađenog i obrađenog drva. Pomoću metra izmjerena je debljina, u stvarnoj mjeri i zaokružena na puni decimetar na niže. Isto je tako izmjerena i širina koja je zaokružena matematički na puni centimetar na niže ili više ne računajući na debljinu kore. Deskriptivna statistika provedena je za sve analizirane varijable: minimum, maximum i aritmetička sredina. Ovi parametri zajedno sa klasom piljenica

omogućili su izvršenje analize strukture uzorka za eksperimentalno piljenje. Na temelju ovih parametara izračunat je volumen piljenica prema izrazu:

$$Vp = d \cdot b \cdot l$$

Vp – volumen piljenica [m3]
d – debljina piljenica [m]
b – proračunska širina neokrajčanih piljenica [m]
l – duljina piljenica [m]



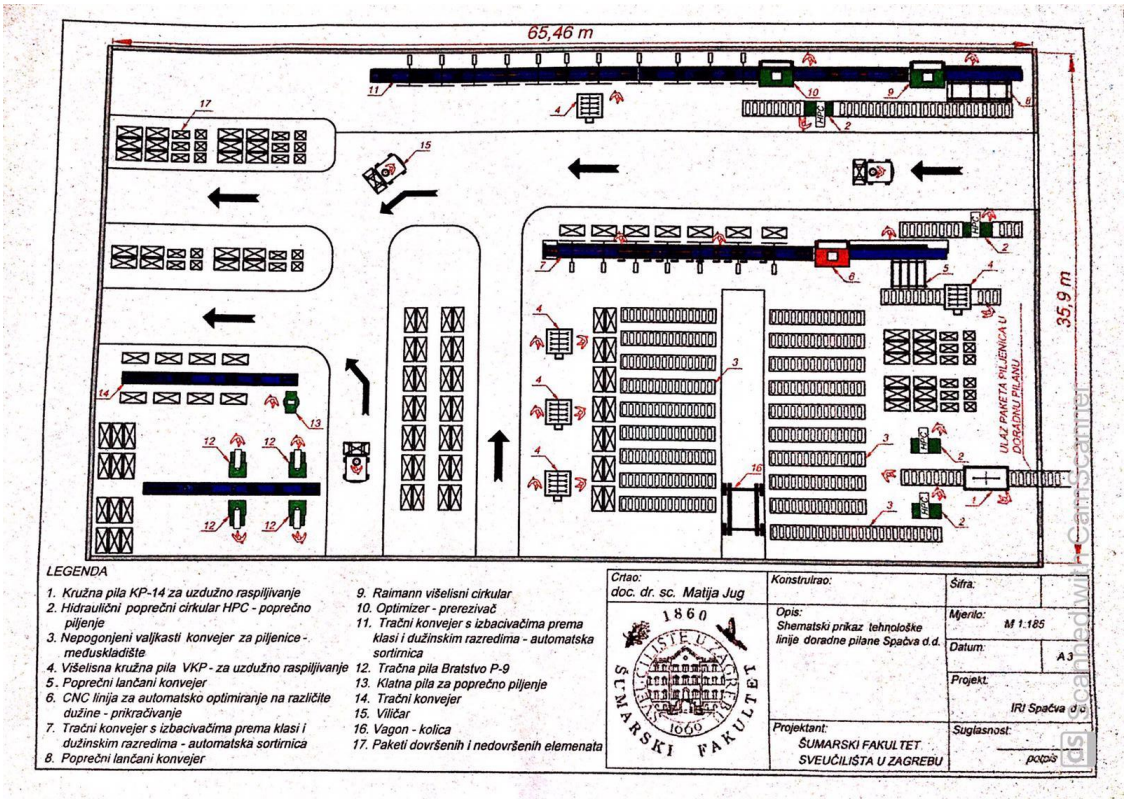
Slika 9. Izbor i mjerenje neokrajčenih piljenica

4.2. Obrada piljenica u doradnoj pilani

Piljenice su u doradnoj pilani obrađene poprečno - uzdužnim načinom u grube drvne elemente, daske za seljački pod, popruge i lamel građu na klasičnoj liniji za raspiljivanje piljenica (slike 10, 11 i 12.).



Slika 10. Karakteristične faze obrade piljenica u doradnoj pilani



Slika 11. Shematski prikaz tehnološke linije doradne pilane Spačva d.d.

Sukladno objašnjenju za proračun debljine piljenica, debljine i širine piljenja drvnih elemenata i popruga proračunate su prema obračunskoj debljini i širini koju bi trebale imati u prosušenom stanju kod 38% sadržaja vlage. Izrađivale su se popruge i drvni elementi obračunskih debljina 25 mm, te obračunskih širina 38, 50, 65, 75, 140, 155, 175, 195 i 215 mm. Uračunavši sve potrebne nadmjere, debljina piljenja iznosila je 29 mm, širine piljenja iznosile su 42, 55, 72, 83, 156, 168, 192, 216 i 240 mm, dok je nadmjera na duljinu iznosila 20 mm. Ove dimenzije su uobičajene dimenzije drvnih elemenata i popruga podređene daljem tehnološkom procesu. S obzirom da se radilo o namjenskim drvnim elementima i poprugama, paralelno pravobridno obrađenima i definiranih dimenzija, izmjerene su njihova debljina, širina i duljina, te je proračunat volumen s obzirom na dimenzije izrade i obračunske dimenzije prema izrazu:

$$Vel = del * bel * le$$

V_{el} – volumen elementa [m3]
d_{el} – nominalna debljina elemente [mm]
b_{el} – nominalna širina elementa [mm]
l_{el} – nominalna duljina elementa [m3]



Slika 12. Izmjera drvnih elemenata i popruga

Na temelju ovih parametara izračunati su slijedeći pokazatelji uspješnosti pilanske obradbe piljenica i trupaca:

- kvantitativno iskorištenje pri obradi piljenica u drvne elemente
- kvalitativno iskorištenje pri obradi piljenica u drvne elemente
- vrijednosno iskorištenje pri obradi piljenica u drvne elemente

4.2.1. Kvantitativno iskorištenje u doradnoj pilani

U doradnoj pilani kvantitativno je iskorištenje definirano kao odnos volumena ispiljenih drvnih elemenata i piljenica temeljenih na obračunskim dimenzijama bez uračunatih nadmjera. Izraženo je u vidu postotka ili koeficijenta prema izrazu:

$$\mathrm{Im}_{dp} = \frac{Vel_1 * n_{el_1} + Vel_2 * n_{el_2} + \ldots\ldots\ldots + Vel_n * n_{el_n}}{Vp_{I/IV} + Vp_d + Vp_b + Vp_m}$$

Im_{dp} – kvantitativno iskorištenje piljenica u doradnoj pilani [koef.; %]
$Vp_{I/IV}$ – volumen piljenica klase I/IV [m3]
Vp_d – volumen doradnih piljenica [m3]
Vp_b – volumen piljenica sa značajnim udjelom bjeljike [m3]
Vp_m – volumen mušičavih piljenica [m3]
Vel_1 – volumen pojedinog elementa [m3]
nel_1 – broj elemenata istog volumena

4.2.2. Kvalitativno iskorištenje u doradnoj pilani

Isto kao i kod kvalitativnog iskorištenja u primarnoj pilani i ovdje je cilj da se uz što više kvantitativnog iskorištenja proizvede što više drvnih elemenata bolje kvalitete uz ograničenje zadano specifikacijom dimenzija elemenata.

Kvalitativno iskorištenje piljenica izraženo je prosječnim koeficijentom kvalitete svih drvnih elemenata izrađenih iz piljenica, odnosno dane količine piljenica prema izrazu:

$$Ik_d = \frac{k_1 * Vel_1 + k_2 * Vel_2 + \ldots\ldots\ldots + k_n * Vel_n}{Vel_1 + Vel_2 + \ldots\ldots\ldots Vel_n}$$

Ikd – prosječni koeficijent kvalitete drvnih elemenata proizvedenih u doradnoj pilani
k1 – koeficijent kvalitete drvnih elemenata iste kvalitativne skupine
Vel1 – volumen drvnih elemenata istog koeficijenta kvalitete [m3]

Ako se prosječni koeficijent kvalitete pomnoži sa novčanim iznosom za koji je kao koeficijent kvalitete uzeta veličina 1,00 dobiva se prosječna kvaliteta svih elemenata izražena u novcu po jedinici volumena elemenata prema izrazu:

$$Nd = Ik_d * cp$$

Nd – prosječna kvaliteta proizvedenih drvnih elemenata u doradnoj pilani izražena u novcu [kn/m3 elemenata]
Ikd – prosječni koeficijent kvalitete drvnih elemenata proizvedenih u doradnoj pilani
cp – cijena pilanskog proizvoda čija je vrijednost koeficijenata kvalitete odabrana kao 1 [kn/m3]

Za koeficijent 1,00 je odabran najvrjedniji sortiment[1] dobiven obradbom u doradnoj pilani.

4.2.3. Vrijednosno iskorištenje u doradnoj pilani

Umnoškom koeficijenata kvalitativnog i kvantitativnog iskorištenja dobiva se koeficijent vrijednosnog iskorištenja piljenica prerađenih u doradnoj pilani.

U prvom slučaju vrijednosno iskorištenje piljenica je izraženo prosječnim koeficijentom vrijednosti svih drvnih elemenata izrađenih iz piljenica, odnosno dane količine piljenica prema izrazu:

$$Iv_{dp} = \mathrm{Im}_{dp} * Ik_d$$

Ivdp – koeficijent vrijednosnog iskorištenja piljenica u doradnoj pilani
Ikd – prosječni koeficijent kvalitete drvnih elemenata proizvedenih u doradnoj pilani
Imdp – kvantitativno iskorištenje piljenica u doradnoj pilani [koef; %]

Ako se koeficijent vrijednosnog iskorištenja piljenica u doradnoj pilani pomnoži sa novčanim iznosom za koji je kao koeficijent kvalitete uzeta veličina 1,00 dobiva se prosječno vrijednosno iskorištenje piljenica izraženo u novcu po jedinici volumena piljenica prema izrazu:

$$Nd_p = Iv_{dp} * cp$$

Ndp – novčani izraz prosječnog vrijednosnog iskorištenja piljenica u doradnoj pilani [kn/m3 piljenica]
Ivdp – koeficijent vrijednosnog iskorištenja piljenica
cp – cijena pilanskog proizvoda čija je vrijednost koeficijenata kvalitete odabrana kao 1[kn/m3]

[1] drvni element najviše klase

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

5.1. Podaci o piljenicama

Podaci o ispiljenim piljenicama sa deskriptivnom statističkom obradom podataka svrstani su u tablice 3, 4 i 5.

Tablica 3. Podaci o ispiljenim piljenicama na doradnoj pilani- kratki paketi

Statistika preuzetih kratkih paketa – neto				
		širina (cm)	duljina (m)	Volumen (m3)
Paket 1	Minimum	9	0,6	0,0015
	Maximum	40	2,8	0,0225
	Prosjek	26,62	2,13	0,01
	ukupni volumen paketa			1,34
Paket 2	Minimum	7	0,6	0,0012
	Maximum	38	2,7	0,02295
	Prosjek	21,52	1,63	0,01
	ukupni volumen paketa			1,19
Paket 3	Minimum	7	0,8	0,002275
	Maximum	38	2,8	0,023125
	Prosjek	26,18	2,07	0,01
	ukupni volumen paketa			1,42

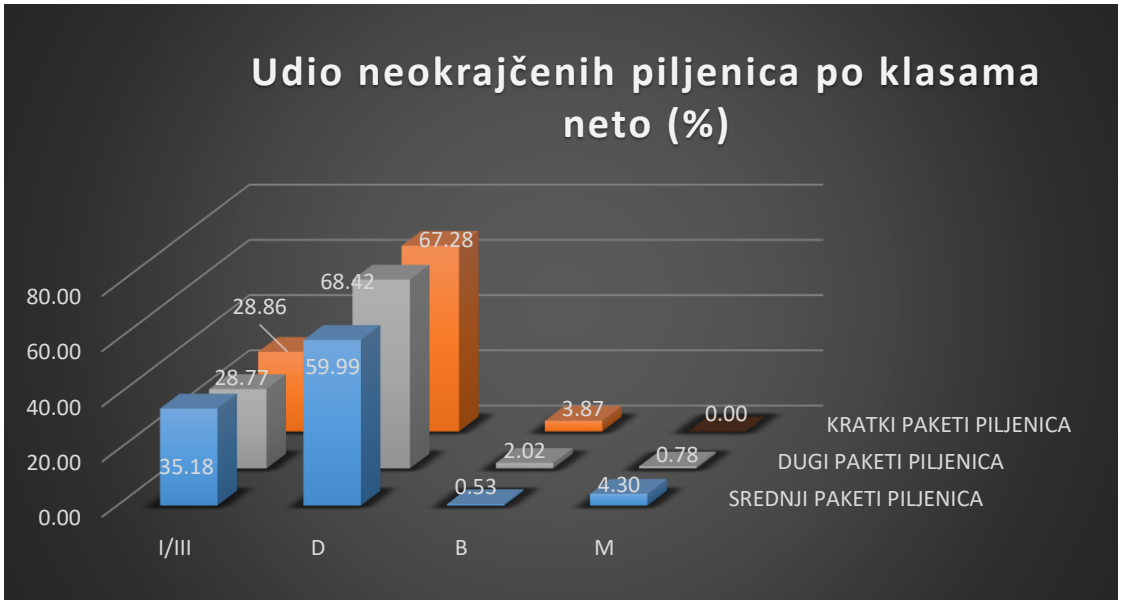
Tablica 4. Podaci o ispiljenim piljenicama na doradnoj pilani- srednji paket

Statistika preuzetih srednjih paketa-neto				
		širina (cm)	duljina (m)	Volumen (m3)
Paket 1	Minimum	9	2,7	0,007425
	Maximum	40	3,7	0,03515
	Prosjek	29,84	3,16	0,02
	ukupni volumen paketa			2,10
Paket 2	Minimum	7	2,5	0,0049
	Maximum	41	3,5	0,034
	Prosjek	27,30	3,10	0,02
	ukupni volumen paketa			1,98
Paket 3	Minimum	12	2,5	0,0104
	Maximum	40	3,6	0,0342
	Prosjek	28,99	3,24	0,02
	ukupni volumen paketa			1,94

Tablica 5. Podaci o ispiljenim piljenicama na doradnoj pilani- dugi paketi

Statistika preuzetih dugih paketa – neto				
		širina (cm)	duljina (m)	Volumen (m3)
Paket 1	Minimum	8	3,4	0,0068
	Maximum	42	4,8	0,045
	Prosjek	28,79	3,96	0,03
	ukupni volumen paketa			2,47
Paket 2	Minimum	4	3	0,003
	Maximum	53	4,8	0,04505
	Prosjek	24,55	3,94	0,02
	ukupni volumen paketa			2,49
Paket 3	Minimum	10	2,8	0,00975
	Maximum	58	4,5	0,05655
	Prosjek	25,63	4,05	0,03
	ukupni volumen paketa			2,54

Prilikom mjerenja ulaznih piljenica izvršeno je i klasiranje neokrajčenih hrastovih piljenica prema uobičajenim kriterijima razvrstavanjima na hrvatskim pilanama. Udio ulazne sirovine (neto) u postotcima prikazan je slikom 13.



Slika 13. Prikaz udjela ulazne sirovine po klasama

5.2. Iskorištenja u doradnoj pilani

5.2.1. Podaci o ispiljenim elementima i poprugama

Podaci o izrađenim drvnim elementima i poprugama sa deskriptivnom statističkom obradom podataka svrstani su u tablice 6, 7 i 8. za svaku duljinsku grupu uzoraka neokrajčenih piljenica posebno. Prikaz udjela dobivenih elemenata i popruge iz neokrajčenih piljenica prikazan je na slici 14.

Tablica 6. Iskorištenje piljenica u obliku drvnih elemenata i popruge kratkih paketa

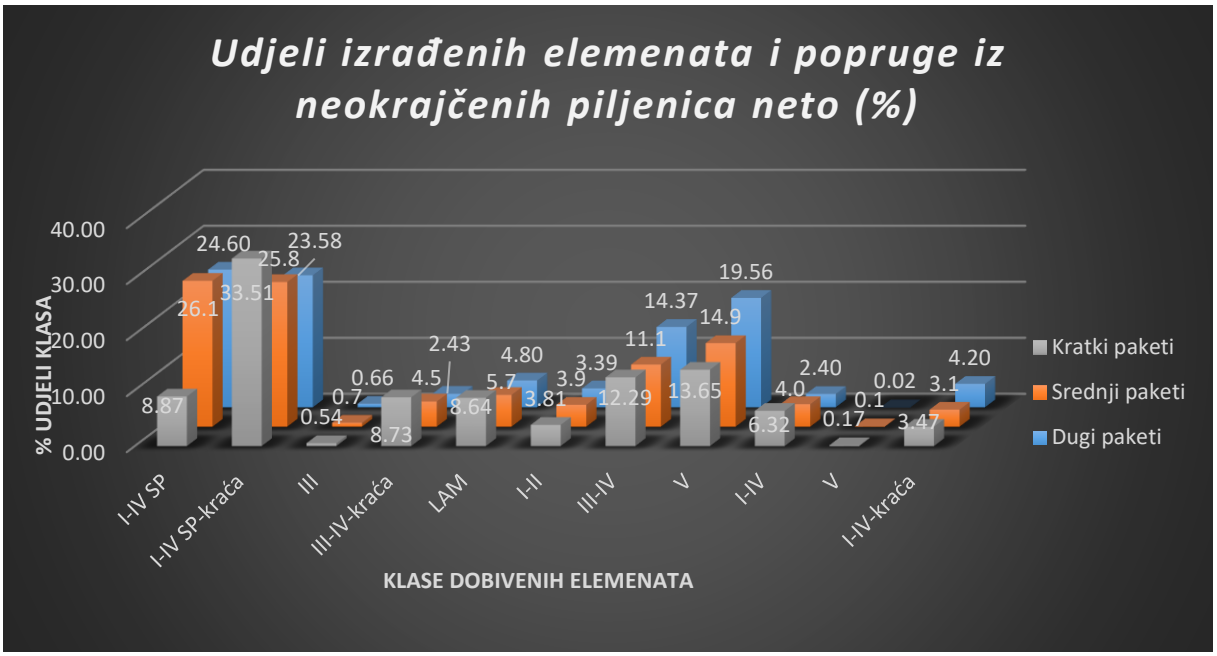
Iskorištenje piljenica u obliku drvnih elemenata i popruge (neto)						
Paket piljenica:	KRATKI	List:	1	Vrsta drva:	Hrastovina	
red.br.	Debljina(mm)	Širina(mm)	Duljina(mm)	Komada	Volumen(m3)	klasa
1	25	215	2000	-		I-IV SP
2	25	195	2000	-		I-IV SP
3	25	175	2000	-		I-IV SP
4	25	155	2000	-		I-IV SP
6	25	215	1500	10	0,080625	I-IV SP
7	25	195	1500	5	0,0365625	I-IV SP
8	25	175	1500	3	0,0196875	I-IV SP
9	25	155	1500	4	0,02325	I-IV SP
11	25	140	1200	47	0,1974	I-IV SP
12	25	65	1200	5	0,00975	III
14	25	140	700	102	0,2499	I-IV SP
16	25	140	500	90	0,1575	I-IV SP
17	25	75	500	168	0,1575	III-IV
18	25	65	500	85	0,0690625	LAM
19	25	50	500	54	0,03375	LAM
21	25	65	300	141	0,0687375	I-II
22	25	65	300	455	0,2218125	III-IV
23	25	65	300	416	0,2028	V
24	25	50	300	225	0,084375	I-IV
25	25	50	300	116	0,0435	V
27	25	65	250	73	0,02965625	I-IV
28	25	50	250	10	0,003125	V
29	25	38	300	212	0,06042	I-IV
30	25	38	250	9	0,0021375	I-IV
32	25	65	160	165	0,0429	LAM
33	25	50	160	51	0,0102	LAM
ukupno	**650**	**2756**	**21970**	**2446**	**1,80465125**	
Minimum	**25**	**38**	**160**	**3**	**0,0021375**	
Maximum	**25**	**215**	**2000**	**455**	**0,2499**	
Prosjek	**25**	**106**	**845**	**111,1818182**	**0,082029602**	

Tablica 7. Iskorištenje piljenica u obliku drvnih elemenata i popruge srednjih paketa

Iskorištenje piljenica u obliku drvnih elemenata i popruge (neto)						
Paket piljenica:	SREDNJI	List:	2	Vrsta drva:	Hrastovina	
red.br.	Debljina(mm)	Širina(mm)	Duljina(mm)	Komada	Volumen(m3)	klasa
1	25	215	2000	33	0,35475	I-IV SP
2	25	195	2000	5	0,04875	I-IV SP
3	25	175	2000	6	0,0525	I-IV SP
4	25	155	2000	7	0,05425	I-IV SP
6	25	215	1500	28	0,22575	I-IV SP
7	25	195	1500	8	0,0585	I-IV SP
8	25	175	1500	7	0,0459375	I-IV SP
9	25	155	1500	23	0,1336875	I-IV SP
11	25	140	1200	30	0,126	I-IV SP
12	25	65	1200	14	0,0273	III
14	25	140	700	150	0,3675	I-IV SP
16	25	140	500	270	0,4725	I-IV SP
17	25	75	500	180	0,16875	III-IV
18	25	65	500	112	0,091	LAM
19	25	50	500	54	0,03375	LAM
21	25	65	300	301	0,1467375	I-II
22	25	65	300	852	0,41535	III-IV
23	25	65	300	921	0,4489875	V
24	25	50	300	240	0,09	I-IV
25	25	50	300	292	0,1095	V
27	25	65	250	150	0,0609375	I-IV
28	25	50	250	11	0,0034375	V
29	25	38	300	391	0,111435	I-IV
30	25	38	250	13	0,0030875	I-IV
32	25	65	160	269	0,06994	LAM
33	25	50	160	89	0,0178	LAM
ukupno	**650**	**2756**	**21970**	**4456**	**3,7381375**	
Minimum	**25**	**38**	**160**	**5**	**0,0030875**	
Maximum	**25**	**215**	**2000**	**921**	**0,4725**	
Prosjek	**25**	**106**	**845**	**171,38461**	**0,1437745**	

Tablica 8. Iskorištenje piljenica u obliku drvnih elemenata i popruge dugih paketa

Iskorištenje piljenica u obliku drvnih elemenata i popruge (neto)						
Paket piljenica:	DUGI	List:	3	Vrsta drva:	Hrastovina	
red.br.	Debljina(mm)	Širina(mm)	Duljina(mm)	Komada	Volumen(m3)	klasa
1	25	215	2000	28	0,301	I-IV SP
2	25	195	2000	8	0,078	I-IV SP
3	25	175	2000	15	0,13125	I-IV SP
4	25	155	2000	30	0,2325	I-IV SP
6	25	215	1500	12	0,09675	I-IV SP
7	25	195	1500	4	0,02925	I-IV SP
8	25	175	1500	15	0,0984375	I-IV SP
9	25	155	1500	10	0,058125	I-IV SP
11	25	140	1200	48	0,2016	I-IV SP
12	25	65	1200	14	0,0273	III
14	25	140	700	156	0,3822	I-IV SP
16	25	140	500	228	0,399	I-IV SP
17	25	75	500	108	0,10125	III-IV
18	25	65	500	42	0,034125	LAM
19	25	50	500	54	0,03375	LAM
21	25	65	300	290	0,141375	I-II
22	25	65	300	1228	0,59865	III-IV
23	25	65	300	1467	0,7151625	V
24	25	50	300	224	0,084	I-IV
25	25	50	300	266	0,09975	V
27	25	65	250	39	0,01584375	I-IV
28	25	50	250	3	0,0009375	V
29	25	38	300	606	0,17271	I-IV
30	25	38	250	9	0,0021375	I-IV
32	25	65	160	385	0,1001	LAM
33	25	50	160	160	0,032	LAM
ukupno	**650**	**2756**	**21970**	**5449**	**4,16720375**	
Minimum	**25**	**38**	**160**	**3**	**0,0009375**	
Maximum	**25**	**215**	**2000**	**1467**	**0,7151625**	
Prosjek	**25**	**106**	**845**	**209,5769231**	**0,160277067**	



Slika 14. Prikaz udjela dobivenih elemenata i popruge iz neokrajčenih piljenica neto

5.2.2. Rezultati kvantitativnog iskorištenja

Kvantitativno iskorištenje u doradnoj pilani prikazano za sve grupe paketa piljenica u tablici 9. Prikazano kvantitativno iskorištenje s obzirom na volumen piljenica (neto) i dobivenih elemenata i popruge (neto).

Tablica 9. Prikaz kvantitativnog iskorištenja u doradnoj pilani prikazan u %

Kvantitativno iskorištenje u doradnoj pilani	
izlaz neto/ulaz neto (%)	Im_{dp}
Kratki paketi	45,82
Srednji paketi	61,88
Dugi Paketi	55,58
Prosjek	54,43

5.2.3. Rezultati kvalitativnog iskorištenja

Kvalitativno iskorištenje u doradnoj pilani prikazano za sve grupe neokrajčenih hrastovih piljenica u tablicama 10, 11 i 12.

Tablica 10. Kvalitativno iskorištenje piljenica i prosječna cijena kvalitete elemenata i popruga izražena u novcu u doradnoj pilani – kratki paketi

Kvalitativno iskorištenje dobivenih piljenica- kratki paketi				
	NETO VOLUMEN	KOEF. KVALITETE	I_{kp} (koef)	Nel (kn/m3 elemenata)
I-IV SP	0,1601	1,00	0,5741	2361,90
I-IV SP-kraća	0,6048	0,65		
III	0,0098	0,36		
III-IV-kraća	0,1575	0,73		
LAM	0,1559	0,27		
I-II	0,0687	0,85		
III-IV	0,2218	0,50		
V	0,2463	0,29		
I-IV	0,1140	0,53		
V	0,0031	0,53		
I-IV-kraća	0,0626	0,31		
UKUPNO	1,80465125			

Tablica 11. Kvalitativno iskorištenje piljenica i prosječna cijena kvalitete elemenata i popruga izražena u novcu u doradnoj pilani – srednji paketi

Kvalitativno iskorištenje dobivenih piljenica – srednji paketi				
	NETO VOLUMEN	KOEF. KVALITETE	I_{kp} (koef)	Nel (kn/m3 elemenata)
I-IV SP	0,9741	1	0,6431	2645,82
I-IV SP-kraća	0,9660	0,65		
III	0,0273	0,36		
III-IV-kraća	0,1688	0,73		
LAM	0,2125	0,27		
I-II	0,1467	0,85		
III-IV	0,4154	0,5		
V	0,5585	0,29		
I-IV	0,1509	0,53		
V	0,0034	0,53		
I-IV-kraća	0,1145	0,31		
UKUPNO	3,7381375			

Tablica 12. Kvalitativno iskorištenje piljenica i prosječna cijena kvalitete elemenata i popruga izražena u novcu u doradnoj pilani – dugi paketi

Kvalitativno iskorištenje dobivenih piljenica – dugi paketi				
	NETO VOLUMEN	KOEF. KVALITETE	$I_{kp(koef)}$	Nel (kn/m3 elemenata)
I-IV SP	1,0253	1	0,6156	2532,55
I-IV SP-kraća	0,9828	0,65		
III	0,0273	0,36		
III-IV-kraća	0,1013	0,73		
LAM	0,2000	0,27		
I-II	0,1414	0,85		
III-IV	0,5987	0,5		
V	0,8149	0,29		
I-IV	0,0998	0,53		
V	0,0009	0,53		
I-IV-kraća	0,1748	0,31		
UKUPNO	4,16720375			

5.2.4. Rezultati vrijednosnog iskorištenja

Vrijednosno iskorištenje u obliku drvnih elemenata i popruga prikazano je za sve grupe paketa piljenica u tablici 13.

Tablica 13. Vrijednosno iskorištenje piljenica i prosječna cijena kvalitete elemenata i popruga izražena u novcu u doradnoj pilani

Vrijednosno iskorištenje u obliku drvnih elemenata i popruga		
	Iv (koef)	Ndp (kn/m3 piljenica)
Kratki paketi	0,26	1082,22
Srednji Paketi	0,40	1637,24
Dugi Paketi	0,34215	1407,59

6. RASPRAVA I ZAKLJUČAK

Razmatrajući rezultate uspješnosti pilanske obrade piljenica klasičnom tehnologijom vidljivo je da su najbolji rezultati postignuti pri obradi piljenica iz paketa srednje duljine i to u pogledu kvantitativnog, kvalitativnog i vrijednosnog iskorištenja. Očito je presudan čimbenik bio kvaliteta tih piljenica obzirom da je iz prikaza udjela piljenica po klasama vidljivo da je u tim paketima bilo zastupljen najveći udio najkvalitetnijih piljenica. Samim time je iz tih piljenica bila omogućena izrada drvnih elemenata najviše kvalitete odnosno cijene.

Na kraju može se zaključiti slijedeće:

- Prosjek širina piljenica kod kratkih paketa iznosio je 24,77 cm, prosjek duljina iznosio je 1,94 m, a prosjek volumena 1,317 m³.
- kod srednjih paketa, prosjek širina piljenica iznosio je 28,71 cm, prosjek duljina iznosio je 3,17 m, a prosjek volumena: 2,007 m³.
- kod dugih paketa, prosjek širina piljenica iznosio je 26,32 cm, prosjek duljina 3,98 m, dok je prosjek volumeni paketa iznosio 2,500 m³
- udio piljenica obzirom na kvalitetu iznosio je:
    - u kratkim paketima udio piljenica klase I/III iznosio je 28,86 %, udio doradnih piljenica iznosio je 67,28 %, udio piljenica sa bjeljikom iznosio je 3,87% te udio mušičavih piljenica iznosio je 0 %
    - u srednjim paketima udio piljenica klase I/III iznosio je 35,18 %, udio doradnih piljenica iznosio je 59,99 %, udio piljenica sa bjeljikom iznosio je 0,53% te udio mušičavih piljenica iznosio je 4,30 %
    - u dugim paketima udio piljenica klase I/III iznosio je 28,77 %, udio doradnih piljenica iznosio je 68,42 %, udio piljenica sa bjeljikom iznosio je 2,02% te udio mušičavih piljenica iznosio je 0,78 %
- prosječno kvantitativno iskorištenje iznosilo je pri obradi:
    - kratkih paketa 45,82 %
    - srednjih paketa 61,88 %
    - dugih paketa 55,58 %

- prosječno kvalitativno iskorištenje iznosilo je pri obradi:
  - kratkih paketa 0,5741 odnosno 2361,90 kn/m^3 elemenata
  - srednjih paketa 0,6431 odnosno 2645,82 kn/m^3 elemenata
  - dugih paketa 0,6156 odnosno 2532,55 kn/m^3 elemenata
- prosječno vrijednosno iskorištenje iznosilo je pri obradi:
  - kratkih paketa 0,26 odnosno 1082,22 kn/m^3 piljenica
  - srednjih paketa 0,40 odnosno 1637,24 kn/m^3 piljenica
  - dugih paketa 0,34215 odnosno 1407,59 kn/m^3 piljenica
- Ako kao najvažniji činitelj uspješnosti pilanske obrade piljenica u drvne elemente uzmemo vrijednosno iskorištenje najbolje iskorištenje postignuto je obradom piljenica iz srednje dugih paketa, zatim slijede dugi paketi te na kraju kratki paketi.

7. LITERATURA

1. Butković, J. 1998: Troškovi izrade drvnih elemenata u tri različite decimirnice, Drvna industrija, 49, (2): 81 - 88.
2. Faletar, J; Čunčić Zorić, A.; Budrović, Z.; Pađen, T. 2016: Prilog istraživanju određenih troškova proizvodnje investiranjem u računalno vođenu tehnologiju izrade drvnih elemenata s predblanjanjem piljenica, Drvna industrija, 67, (2): 177-186.
3. Ištvanić i dr. 2015: Primjeri tehnoloških i proizvodnih procesa u sekundarnim pilanama, Zbornik radova 6. kongres pilanara, HDK, Slavonski brod.
4. Petrić, B. i Trajković, J. 1995: Hrast lužnjak, Drvna industrija, 46 (1): 45
5. Potočić i sur., Šumarska enciklopedija, Zagreb, 1983.
6. Sitaš i sur., Godišnje izvješće Hrvatskih šuma 2019., Zagreb, 2019.
7. Virc, Z. (ur.), Spačva pola stoljeća, Vinkovci, 2006.

Internetski izvori:

1. Ištvanić i dr., Povijest pilanske obradbe drva, Zagreb, 2001. https://hrast.sumfak.hr/~pilan/pilanarstvo/povijest_pilanske_obradbe_drva.pdf (pristupljeno 9.9.2020.)
2. Katalog Spačva, Vinkovci, 2018. https://spacva.eu/wp-content/uploads/2018/09/Spacva_Katalog_2018_web.pdf (pristupljeno 10.9.2020.)
3. MMM – Vukelić https://www.mmm-vukelic.hr/drvo/hrast/ (pristupljeno 16.9.2020.)

Životopis

OSOBNE OBAVIJESTI

Ime	MIJO MIHIĆ
Adresa	PETRA ZRINSKOG 15, 32221 NUŠTAR
Telefon	00385 99 504 9475
Faks	
E-pošta	mijo.mihic1892©gmail.com

Državljanstvo	hrvatsko
Datum rođenja	02.09.1994.

RADNO ISKUSTVO

ŠKOLOVANJE I IZOBRAZBA

• Datum (od – do)	2013. – 2020.
• 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)	2009 – 2013.
• Naziv i vrsta obrazovne ustanove	Srednja tehnička škola „Ruđer Bošković“
• Osnovni predmet /zanimanje	Građevinski smjer
• Naslov postignut obrazovanjem	građevinski tehničar
• Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji)	SSS

• Datum (od – do)	2002..– 2009.
• Naziv i vrsta obrazovne ustanove	Osnovna škola Zrinskih Nuštar
• Osnovni predmet /zanimanje	
• Naslov postignut obrazovanjem	
• Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji)	NSS

MATERINSKI JEZIK	**HRVATSKI**
DRUGI JEZICI	
	ENGLESKI
• sposobnost čitanja	Dobro
• sposobnost pisanja	Dobro
• sposobnost usmenog izražavanja	Dobro
SOCIJALNE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI *Življenje i rad s drugim ljudima u višekulturnim okolinama gdje je značajna komunikacija, gdje je timski rad osnova (npr. u kulturnim ili sportskim aktivnostima).*	Navikao sam na život u velikom krugu prijatelja, kolega i poznanika. Volim kretanje, izazove, putovanja, upoznavanja i učenje, vezano uz posao ali i privatno.
ORGANIZACIJSKE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI *Npr. koordinacija i upravljanje osobljem, projektima, financijama; na poslu, u dragovoljnom radu (npr. u kulturi i športu) i kod kuće, itd.*	Sposobnost rada s ljudima, koordinacije i komunikacije s kolegama kao i širim krugom poslovnih partnera, rješavanje svakodnevnih problema, organizacija rada i ljudi, odgovoran.
TEHNIČKE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI *S računalima, posebnim vrstama opreme, strojeva, itd.*	Poznavanje rada na računalu: MS Office 2010 paket (Excell, Word, PowerPoint), AutoCAD.
VOZAČKA DOZVOLA	B kategorija

Zabilješke