

Iskorištenje trupaca hrasta (*Quercus robur* L.) u proizvodnji rezanog furnira

Krznarić, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:047221>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-25**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ
DRVNA TEHNOLOGIJA

IVAN KRZNARIĆ

**ISKORIŠTENJE TRUPACA HRASTA (QUERCUS ROBUR L.) U
PROIZVODNJI REZANOG FURNIRA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, srpanj 2023.

PODATCI O ZAVRŠNOM RADU

Autor	Ivan Krznarić JMBAG:0068237854
Naslov	Iskorištenje trupaca hrasta (QUERCUS ROBOR L.) u proizvodnji rezanog furnira
Title	Use of oak logs (QUERCUS ROBUR L.) in the production of cut veneer
Predmet	Furniri i uslojeno drvo
Mentor	Prof. dr. sc. Mladen Brezović
Rad je izrađen	Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Drvnotehnološki odsjek
Akadska godina	2022./2023.
Datum obrane	14.7.2023.
Rad sadrži	Stranica: I-III+38 Slika: 20 Tablica: 12 Navoda literature: 4
Sažetak	Ovim radom želimo utvrditi iskorištenje i gubitke pri obradi trupaca različitih debljinskih grupa različitim načinima prizmiranja. Biti će obuhvaćeni svi tehnološki procesi potrebni za proizvodnju hrastovog furnira od pohrane na stovarištu trupaca, prizmiranja, hidrotermičke obrade, rezanja na različitim tipovima furnirskih noževa, sušenja furnira i na kraju obrade na paketnim škarama.

	IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI	OB FŠDT 05 07
		Revizija: 2
		Datum: 29.04.2021.

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

U Zagrebu, 10.7.2023. godine

vlastoručni potpis

Ivan Krznarić

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1 Furnir.....	1
1.2 Hrast lužnjak.....	1
1.3 Proizvodnja rezanog furnira.....	2
2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....	5
3. MATERIJALI I METODE.....	6
3.1 Sirovina.....	6
3.2 Uređaji.....	6
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	11
4.1 Trupci debljinske grupe 40-49.....	12
4.1.1 Trupac broj 5826.....	16
4.1.2 Trupac broj 5982.....	17
4.1.3 Trupac broj 6065.....	18
4.1.4 Ukupno iskorištenje i gubitci debljinske grupe 40-49.....	19
4.2 Trupci debljinske grupe 50-59.....	20
4.2.1 Trupac broj 6077.....	24
4.2.2 Trupac broj 6078.....	25
4.2.3 Trupac broj 6080.....	26
4.2.4 Ukupno iskorištenje i gubitci debljinske grupe 50-59.....	27
4.3 Trupci debljinske grupe 60-69.....	28
4.3.1 Trupac broj 6403.....	32
4.3.2 Trupac broj 6409.....	33
4.3.3 Trupac broj 6506.....	34
4.3.4 Ukupno iskorištenje i gubitci debljinske grupe 60-69.....	35
5. ZAKLJUČAK.....	36
6. LITERATURA.....	37
7. ŽIVOTOPIS.....	38

1. UVOD

1.1 Furnir

Furniri su tanki listovi drveta debljine do 7 mm, izrađeni ljuštenjem, rezanjem ili eventualno piljenjem (Brezović 2021). Sirovine za izradbu furnira su furnirski trupci, koji moraju imati karakteristike propisane normama. Od domaćih vrsta drva to su najčešće: hrast, bukva, topola, orah, trešnja i ostale voćkarice te jasen, brijest i javor. Od ostalih vrsta poznatiji su mahagoni, abaki, okume itd. Furniri se dijele na: plemeniti rezani furnir, plemeniti piljeni furnir s prirodnom teksturom, konstrukcijski ljušteni furnir, plemeniti lijepljeni furnir s tehničkom strukturom i spojeni furnir u sastavu. Tehnološki zahtjevi postavljeni na furnira su: boja i tekstura, ravnost i hrapavost površina, točnost dimenzija, dopuštene greške, sadržaj vode, poroznost, potrebna mehanička svojstva, točnost sastavljanja, čvrstoća lijepljenja i greške lijepljenja furnira. Iz furnirskih listova mogu se izrađivati otpresci i furnirske ploče. Savijeno uslojeni furnirani otpresci mogu biti paralelno ili križno uslojeni. Najčešće se upotrebljavaju u proizvodnji namještaja.

Naša najznačajnija vrsta drva za preradu u drvnj industriji je hrast lužnjak odnosno slavonski hrast. On predstavlja visokokvalitetni izvor drvne sirovine koji omogućava proizvodnju visok vrijednih drvnih proizvoda i poluproizvoda među kojima su posebno interesantni furniri obzirom da za njihovu proizvodnju koristimo najkvalitetniju hrastovu sirovinu – furnirske trupce.

1.2 Hrast lužnjak

Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) je vrlo raširena vrsta drveća gotovo cijele Europe, Kavkaza i Male Azije. To je listopadna vrsta koja raste na dubokim, glinastim ili pjeskovitim, plodnim, pretežno vlažnim tlima s visokom razinom podzemne vode. Tvori čiste lužnjakove šume kao i mješovite sastojine s običnim grabom, poljskim jasenom i drugim vrstama.

Doseže visinu i do 50 m, a ističe se i promjerom do 2,5 m te starošću do oko 1500 godina. Krošnja je vrlo razgranata, široka i nepravilna. Kora je u mladosti glatka, oko dvadesete do tridesete godine se počinje raspucavati, a sa starošću je sve deblja (i do 10 cm), izbrazdana uzdužnim dubokim (3-4 cm) i poprečnim plitkim brazdama. Drvo hrasta lužnjaka je tvrdo, čvrsto i trajno pa je svjetski poznato kao „slavonska hrastovina“. Od njega se izrađuju furniri, parketi, namještaj, drvenarija, željeznički pragovi, brodovi, mostovi i drugo.

Kao i krošnja, i korijenov je sustav izrazito razvijen, te prodire do nekoliko metara u dubinu, a prostire se znatno i u širinu. U simbiozi s korijenom lužnjaka žive gljive koje olakšavaju apsorpciju mineralnih tvari.

Listovi se sastoje od 2-10 mm duge peteljke i duboko, nepravilno urezane plojke. Baza lista je asimetrična, okruglasta i često s dvije uške. Mlado lišće je slabo dlakavo, no ubrzo ogoli s obje strane.

Lužnjak cvjeta u travnju i svibnju. Njegovi cvjetovi se oprašuju vjetrom pa ne posjeduju privlačnost (boja, miris) cvjetova koji se oprašuju kukcima. Muški su cvjetovi razdvojeni od ženskih i skupljeni su u visećim resama čija je dužina 2-5 cm. Za razliku od njih, ženski se cvjetovi javljaju pojedinačno ili u skupinama do pet.

Svima poznat plod hrasta je žir. Žirovi hrasta lužnjaka izduženo su jajasti, svijetlosmeđe ili žućkaste boje, prošarani uzdužnim prugama koje su na svježijem plodu tamnije nijanse. „Kapica“ žira stručno se naziva kupulom, a prekrivena je sitnim, prileglim ljuskama. Zbog

velikog udjela alkaloida, žirovi su gorki i trpkii, ali su se u prošlosti koristili kao hrana, posebno u vrijeme gladi. Sazrijevaju tijekom rujna i listopada.

U Hrvatskoj hrast lužnjak tvori ekološki vrlo značajne šumske zajednice koje su staništa brojnih ugroženih i/ili zaštićenih biljnih, životinjskih i gljivljih vrsta. Prema Nacionalnoj klasifikaciji staništa to su poplavne šume hrasta lužnjaka u koje spadaju različite subasocijacije šume hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom i „Motovunska šuma“ poljskog jasena i hrasta lužnjaka s hrasta lužnjaka i običnog graba). Svi su ovi stanišni tipovi značajni za ekološku mrežu Republike.

Ekološki učinak šuma hrasta lužnjaka iznimno je velik, posebice s obzirom na antierozijsku i hidrološku ulogu, no nažalost šumski ekološki sustavi hrasta lužnjaka sve su više nestabilni odnosno ugroženi. Uz običnu jelu hrast lužnjak je najugroženija vrsta drveća u Hrvatskoj. Značajnije sušenje lužnjaka započelo je izumiranjem nizinskog brijesta (zbog holandske bolesti), te višekratnih jakih napada štetnika i bolesti (gubar, zlatokraj, kukavičji suznik i dr.) u prvoj polovici 20. stoljeća. U novije vrijeme sušenje lužnjaka izravna je posljedica neprimjerenih vodotehničkih zahvata (izgradnja kanala, nasipa i dr.), a u razloge ugroženosti spadaju i neodgovarajuća primjena mehanizacije u iskorištavanju šuma, zanemarivanje odvodnje pri gradnji šumskih cesta, klimatske promjene, onečišćena poplavna voda, imisijska primjena acidifikacija (kisele kiše i suho taloženje), automobilski promet, intenzivna poljoprivreda, pesticida u šumama, odlagališta otpada i dr. (HAOP 2017.)

1.3 Proizvodnja rezanog furnira

Pri proizvodnji plemenitog furnira postotak iskorištenja ponajprije ovisi o kvaliteti drvne sirovine. Međutim, veliki gubici također nastaju preradom nepravilno reguliranim strojevima, neispravnim rukovanjem, nepravilnom pripremom i namještanjem obratka i noža s pritiskivačem, nedovoljnim poznavanjem tehnike prerade, nesavjesnim radom i sl. (Bruči i dr. 2000.) Tako da je za pravilno tumačenje nastalih gubitaka u proizvodnji potrebno poznavati i analizirati, osim sirovine, i tehnološke faze proizvodnje furnira.

1.3.1 Proces proizvodnje rezanog furnira podijeljen je u slijedeće tehnološke faze:

- Zaštita trupaca
- Mehanička priprema trupaca
- Hidrotermička obrada trupaca
- Rezanje furnira
- Sušenje furnira
- Obrada na paketnim škarama
- Skladištenje furnira

Kako je prva tehnološka faza u proizvodnji furnira zaštita sirovine može se reći da proizvodnja furnira započinje skladištenjem trupaca na **stovarištu** (slika 1).

Osnovna zadaća zaštite sirovine na stovarištu je zadržavanje sadržaja vod u trupcima na razini koja će spriječiti oštećivanje drva od insekata, mikroorganizama, gljiva i pukotina (Mešić 1998.) Zaštitu je moguće provoditi prskanjem ili potapanjem trupaca u bazene.

Pri zaštiti prskanjem trupci se na stovarištu prskaju vodom u određenim vremenskim intervalima. Ovisno o klimi, temperaturi i vremenu skladištenja prskanje (rošenje) provodi se svakih 15-30 minuta u ovisno o dobu dana. Rošenje ne smije biti intenzivno i traje obično 5-10 minuta. Ova vremena su okvirna i za svako stovarište se izrađuje poseban raspored sa

intervalima prskanja. Obzirom trupci su pri previsokoj razini vlage skloni truljenju ili napadu gljivica važno je da količina vode kojom se prskanije prevelika.

Potapanje trupaca u bazenima, radi zaštite je najstariji i najjednostavniji način zaštite, ali koji zahtijeva visoke investicijske troškove i ima ograničen kapacitet trupaca koji se mogu štiti ovisno o volumenu bazena. Dubina bazena je od 3 do 4 m. Određivanje potrebnog volumena bazena je jednostavno te se na 1 m³ trupaca projektiraju 2 m³ volumena bazena. Dno bazena, treba biti nagnuto na jednu stranu, kako bi voda lakše otjecala prilikom ispuštanja ili filtriranja. Zidovi bazena su ukošeni. Bazeni ne bi trebali biti udaljeni više od 20 m od mjesta istovara. Moderniji pogoni posjeduju višekomorne bazene sa nekoliko sekcija, koji se mogu prazniti neovisno jedna od druge. Sekcija ima kapacitetapolumjesečne proizvodnje. Bazeni su opskrbljeni transportnim sredstvima za utovar i istovar sirovine. U bazene se stavljaju trupci zimske sječe najkasnije do polovine svibnja. Prednost ovog načina zaštite, je da se može čuvati i napadnuta, nezdrava sirovina, koja će se kasnijom mehaničkom obradom dovesti do potrebne kvalitete. Bazeni se pune i prazne sirovinom bez vode, a sirovina ne bi trebala biti duže od 10 dana nezaštićena.

Prizmiranje spada u mehaničku pripremu furnirskih trupaca i provodi se na tračnoj pili trupčari. U ovom dijelu procesa dolazi do prvih gubitaka tj. drvnog otpada u procesu proizvodnje rezanog furnira u vidu piljevine koja nastaje prilikom propiljivanja trupca te drvnih ostataka (okoraka) koji nastaju prilikom prizmiranja.

Nakon obrade na tračnoj pili trupci se slažu u parne jame gdje se obavlja proces **hidrotermičke pripreme** po unaprijed zadanim režimima (receptima) za pojedine debljinske grupe. Bitno je napomenuti da su u ovom istraživanju trupci na tračnoj pili obrađivani sa korom te su takvi i hidrotermički obrađeni. Kora se nakon hidrotermičke obrade sa fličeva uklanja ručno.

Nakon hidrotermičke obrade kojom se trupcima povećava plastičnost prelazi se na **rezanje** hrastovog furnira na furnirskom nožu. U ovom dijelu proizvodnog procesa nastaju gubici u vidu tehnički neispravnih listova furnira (debljina, grubi rez, ljudski faktor...) te ostatka nakon rezanja u vidu daske debljine 2,9-7,7 cm (meserest) ovisno do koje faze rezanja su listovi furnira bili tehnički ispravni ili do pojave otvorenog špigla.

Špigl su proizvodi čiste radijalne teksture (blistače) odnosno mjesta većeg sjaja ili zrcaljenja ploha trakova odnosno savršeno paralelno prerezani drvni traci.

Kod hrastovine dosta široki i redovito svjetliji i sjajniji od uzdužnog tkiva i ova područja češće izgledaju kao "mrlje" ili "polja" nego kao pruge, sami trakovi su široki do 3 cm, ali se vertikalno povezuju, tako da mogu predstavljati i puno dulje svijetle plohe i pruge. Špigl na furniru uzrokuje probleme pri furniranju zbog probijanja ljepila (Brezović 2023).

Slijedeća faza proizvodnog procesa je **sušenje** listova furnira. Sušenje se vrši u protočnoj sušionici. Listovi furnira suše se na sadržaj vode od 8-12%.

Osušeni listovi furnira se slažu u složajeve od 32 lista te se odlažu na predviđenu paletu. Na paletu se odlažu svi složajevi iz istog trupca dok se idući trupac slaže na zasebnu paletu.

Palette osušenog furnira viličarom se prevoze na **suhe paketne škare**. U ovoj fazi proizvodnje vrši se prekračivanje i obrezivanje složajeva furnira u pravokutan oblik. U ovom procesu nastaju gubici u vidu drvnog otpada koji ne zadovoljava kriterijima koji su zadani za pojedine klase i dimenzije rezanog furnira. Minimalna širina 10 cm i minimalna duljina 80 cm. Te se odstranjuju razne nepravilnosti na samom listu furnira (ispadajuće kvрге, pukotine, tragovi srca, diskoloracija, otvoreni blisteri...). U ovom dijelu proizvodnje vrlo je važna uloga djelatnika koji vrši tzv. precrtavanje tj. označavanje listova furnira kredom kako bi djelatnici koji rade na

prekranju po oznakama koje im odredi „precrtač“ što kvalitetnije obradili složaj furnira i time umanjili gubitke.

Posljednja faza proizvodnog procesa se odvija u **skladištu gotovih furnira** i to je **sortiranje** paketa osušenog i uvezanog furnira po klasama i dužinama te **pakiranje** složajeva na palete namijenjene za transport kupcima. U ovom procesu u pravilu ne nastaju gubitci osim u iznimnim slučajevima mehaničkog oštećenja prilikom transporta paleta sa gotovim furnirom.



Slika 1 Stovarište trupaca (foto: Krznarić I., 2023.)

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Kako furnirski trupci spadaju u najskuplju drvenu sirovinu vrlo je važno ustanoviti njihovo iskorištenje odnosno gubite u procesu proizvodnje što je i osnovni cilj ovog rada. Osim ukupnog iskorištenja pratit će se i iznosi gubitaka sirovine po pojedinim tehnološkim fazama (od stovarišta do obrade na paketnim škarama). Kako iskorištenje ovisi i raznim tehnološkim parametrima u ovom istraživanju promatrat će se utjecaj različitih debljinskih razreda drvne sirovine uz varijacije različitih načina prizmiranja na gubitke odnosno iskorištenje u procesu proizvodnje rezanog furnira. Analizom dobivenih vrijednosti očekuju se zaključci koji dati odgovore o utjecaju promatranih parametara na iskorištenje hrastove sirovine te eventualne smjernice za poboljšanje proizvodnje, a s ciljem smanjenja gubitaka u ovoj proizvodnji.

3. MATERIJALI I METODE

3.1 Sirovina

Sirovina korištena u ovom istraživanju su furnirski trupci F1 i F2 kvalitete izabrani iz tri različite debljinske grupe 40-49, 50-59 i 60-69 cm nasumično odabrani na stovarištu furnirskih trupaca neposredno prije ulaska u sam proces obrade. Uzorci listova furnira praćeni su na furnirskim noževima i sušarama gdje je vršeno rezanje i sušenje istih. Gubitci na tračnoj pili i koranju izračunavani su vaganjem okoraka i kore u omjeru $1t=1m^3$ pošto točan volumen tih ostataka nije moguće izračunati zbog specifičnih i nepravilnih oblika koji nastaju prilikom obrade trupaca na tračnoj pili i prilikom koranja. Listovima furnira koji su odbačeni prilikom obrade fliča na furnirskom nožu bilo zbog ne zadovoljavanja kriterija (potrebna dužina i širina) ili zbog mehaničkog oštećenja prilikom rezanja (tragovi potisne letve na listu, neujednačena debljina lista...) također se mjerila masa te se na taj način utvrdio volumen drvnog otpada. Ostaci na furnirskim noževima mjereni su metrom, a zatim je izračunavan njihov volumen sa izuzetkom ostataka nastalih na furnirskom nožu STAY LOG CREMONA RS 02-400 kojima je zbog njihovog specifičnog oblika nemoguće utvrditi točan volumen, zbog toga je isti izračunavan vaganjem ostataka. Na paketnim škarama mjerena je masa rezanog furnira prije i nakon obrade na paketnim škarama te su se na taj način izračunavali gubitci u tom dijelu proizvodnog procesa.

3.2 Uređaji

Uređaji koji su korišteni prilikom mjerenja su: šumarska klupa (pomična mjerka za mjerenje debljine trupca), ručni metar od 5m, kolna vaga, mikrometar za mjerenje debljine listova furnira te vlagomjer za kontrolu sadržaja vode u listovima furnira. Uređaji korišteni u radu: tračna pila trupčara BRATSTVO TA-1400 (slika 2), vertikalni furnirski nož CREMONA TZE 02-40 (slika 3) i furnirski nož SRAY LOG CREMONA RS 02-400 (slika 4), sušionica furnira CREMONA PD 01-4200 (slika 5), jednostrane suhe paketne škare (slika 6).



Slika 2 Tračna pila trupčara BRATSTVO TA-1400 (foto: Krznarić I., 2023.)

Na tračnoj pili trupčari BRATSTVO TA-1400 (slika 2.) prizmirani su trupci kako bi se pripremili za daljnju preradu u furnire. Navedeni stroj ima ove tehničke karakteristike:

- -promjer kotača 1400mm
- -snaga motora 55kW
- -širina pile 160mm
- -električno napinjanje pile

Nakon mehaničke pripreme trupaca fličevi se transportiraju na hidrotermičku obradu (slika 3). Proces hidrotermičke obrade provodi se kuhanjem pri parametrima.

- -jama prije slaganja fličeva mora biti očišćena
- -nakon slaganja fličeva jama se puni čistom vodom
- -trajanje ciklusa hidrotermičke obrade je između 28 i 56 sati ovisno o promjeru trupaca i odabranom režimu
- -kapacitet jame 40m³ vode
- -količina fličeva koji se mogu složiti u jamu max cca 20m³



Slika 3 Parne jame (foto: Krznarić I., 2023.)

Nakon hidrotermičke obrade sa vrućih fličeva skida se kora i dovršava njihova priprema za preradu furnire na furnirskim strojevima.

Fličevi su obrađivani na vertikalnom furnirskom stroju za rezanje furnira (slika 4) čije su tehničke karakteristike :

- -maximalna dužina fliča 4200mm
- -maximalna brzina rezanja 80 rezova u minuti
- -minimalna debljina ostatka nakon rezanja 25mm
- -strojem upravljaju 3 djelatnika (rukovaoc i 2 pomoćnika)
- -moguća debljina listova furnira 0,2-3,3mm

Osim ovog stroja za rezanje furnira korišten je i stay log stroj (slika 5) koji furnir proizvodi ekcentričnim ljuštenjem. Tehničke karakteristike ovog stroja su:

- -maximalna dužina fliča 4000mm
- -maximalna brzina rezanja 96 rezova u minuti
- -minimalna debljina ostatka nakon rezanja 30mm
- -strojem upravljaju 4 djelatnika (rukovaoc i 3 pomoćnika)
- -moguća debljina listova furnira 0,2-3,3mm



Slika 4 Vertikalni nož CREMONA TZE 02-40 (foto: Krznarić I., 2023.)



Slika 5 Furnirski nož STAYLOG CREMONA RS 02-400 (foto: Krznarić I., 2023.)

Nakon rezanja odnosno ljuštenja plemeniti furniri odlaze na sušenje u sušionicu (slika 6) tehničkih karakteristika:

- -dužina listova furnira 500-4200mm
- -brzina žice 3-50m/min
- -debljina listova koje je moguće sušiti 0,3-3,5mm
- -strojem upravljaju 3 djelatnika (1 na ulaganju i 2 na prihvat u osušenih listova)
- -sušionica je opremljena vakumskim sistemom za ulaganje listova furnira
- -sušionica je „S“ izvedba

Sušenje se odvija prema tehnološkim parametrima:

- -temperatura u prvoj zoni sušionice 125 °C
- -temperatura u drugoj zoni sušionice 135 °C
- -brzina žice 18-25 m/min ovisno o širini listova furnira
- -zadani postotak sadržaja vode 8-12%
- -sušionica radi u automatskom načinu sušenja uz mogućnost manualnog podešavanja $\pm 30\%$



Slika 6 Sušionica furnira CREMONA PD 01-4200 (foto: Krznarić I., 2023.)

Osušeni listovi furnira odlaze na završnu obradu odnosno na paketne škare (slika 7) gdje se složaj obrezuje i prikraćuje te nakon povezivanja u paketu od 32 lista transportira do skladišta. Ako je debljina listova veća od 0,6mm broj listova u paketu se smanjiva npr. debljina furnira 1mm broj listova u paketu 18, debljina furnira 1,5mm broj listova u paketu 12 itd. U skladištu se vrši sortiranje paketa po dužinama i klasama te pakiranje i priprema za otpremu.



Slika 7 Jednostrane suhe paketne škare CREMONA (foto: Krznarić I., 2023.)

4. REZULTATI I RASPRAVA

Svi promatrani trupci prizmirani su na tračnoj pili trupčari na način predviđen za pojedinu debljinsku grupu. 40-49 u polovnjake, 50-59 u trostrani vančes i 60-69 u četvrtake. U ovom dijelu procesa nastaju gubitci u vidu piljevine i okoraka. Nakon prizmiranja fličevi se hidrotermički obrađuju u parnim jamama po unaprijed određenim režimima (receptima) za pojedinu debljinsku grupu. Svi promatrani trupci hidrotermički su obrađeni kuhanjem nakon čega im se ručno uklanja kora te su spremni za obradu na furnirskim noževima. Prilikom rezanja na furnirskom nožu nastaju gubitci u vidu odbačenih tehnički neispravnih listova (debljina, grubi rez, ljudski faktor...) ili listova koji ne zadovoljavaju minimalne zadane dimenzije. Izrezani listovi suše se u sušionici CREMONA PD 01-4200. U ovom dijelu proizvodnog procesa nisu ustanovljeni gubitci, ako ih je i bilo zbog ljudskog faktora prilikom ulaganja listova u sušaru ili slaganja osušenih listova isti su zanemarivi. Osušeni listovi furnira zatim odlaze na jednostrane suhe paketne škare CREMONA gdje se vrši obrezivanje i prikraćivanje složajeva furnira u pravokutan oblik. U ovom procesu nastaju gubitci u vidu drvnog otpada koji ne zadovoljava kriterijima koji su zadani za pojedine klase i dimenzije rezanog furnira. Minimalna širina 10 cm i minimalna duljina 80 cm. Te se odstranjuju razne nepravilnosti na samom listu furnira (ispadajuće kvrge, pukotine, tragovi srca, diskoloracija, otvoreni blisteri...). U ovom dijelu proizvodnje vrlo je važna uloga djelatnika koji vrši tzv. precrtavanje tj. označavanje listova furnira kredom kako bi djelatnici koji rade na prekrajanju po oznakama koje im odredi „precrtavač“ što kvalitetnije obradili složaj furnira i time umanjili gubitke. Složajevi nakon obrade prolaze kroz skener koji očitava dimenzije svakog pojedinog složaja te na kraju linije paketnih škara printer ispisuje naljepnicu koja je jedinstvena za svaki pojedini složaj. Naljepnica sadrži sve potrebna podatke za evidentirani složaj i bar kod pomoću kojega se vrši evidencija u bazi podataka. Složajevi se slažu na predviđene palete ovisno o dužini složaja (80-148cm, 150-204cm, 206-250cm, 252-308cm i 310-356cm) te se nakon toga transportiraju u skladište gotovih furnira (slika 8) gdje se sortiraju po klasama (EKSTRA, ŠPIGL, B BULL, RUSTIK, ZSK...). Skladište gotovih furnira je ujedno i zadnji dio proizvodnog procesa.



Slika 8 Skladište gotovih furnira (foto: Krznarić I., 2023.)

4.1 Trupci debljinske grupe 40-49cm obrađeni u polovnjake rezani na CREMONA TZE 02-40 vertikalnom furnirskom nožu, debljina furnira 0,6mm

U ovoj debljinskoj grupi trupci su prethodno prizmirani u polovnjake (slika 9) i rezani na vertikalnom furnirskom nožu (slika 10). Na ovaj način u prvoj fazi rezanja dobiva se furnir tangentne strukture (slika 11), kako se ulazi dublje u polovnjak zbog nepovoljnog kuta rezanja u odnosu na sržne trake dolazi do pojave tzv. otvorenog lista na ulaznoj strani te se flić šalje na uzdužno prorezivanje na tračnu pilu ili pilu povratnog reza. Nakon prorezivanja dobivene polovine od flića vraćaju se na furnirski nož i režu se do debljine daske (slika 12). Od ostataka se dobiva furnir radijalne strukture. Na ovaj način dobivamo 4 daske ostatka.



Slika 9 Trupac prizmiran u polovnjake (foto: Krznarić I., 2023.)



Slika 10 Polovnjak obrađivan na vertikalnom furnirskom nožu (foto: Krznarić I., 2023.)



Slika 11 Listovi furnira tangentne strukture (foto: Krznarić I., 2023.)



Slika 12 Ostatak od vertikalnog furnirskog noža (meserest) (foto: Krznarić I., 2023.)

4.1.1 Trupac broj 5824-šumarski broj OSĐA 151340 razreda kvalitete F1

Tablica 1 Iskorištenje i gubitci trupca broj 5824

	ulaz sirovine	iskorištenje	drvni ostaci	
	m ³	%	m ³	%
HRAST	0,47	35	0,308	65,29
ukupno	0,47		0,308	65,29
	drvni ostaci %	drvni ostaci		namjena
		m ³	t	
gubitci na fur. nožu	1,04	0,005	0,005	bioenergenti
gubitci na pak. škarama	36,40	0,171	0,128	kotlovnica
meserest	13,29	0,063	0,063	prodaja
okorci i kora	14,56	0,069	0,069	bioenergenti
	65,29	0,308	0,265	

Meserest 4x2,5mx0,21mx0,03m=0,063m³

4.1.2 Trupac broj 5982-šumarski broj VKGU 255025 razreda kvalitete F2

Tablica 2 Iskorištenje i gubitci trupca broj 5982

	ulaz sirovine	iskorištenje	drvni ostaci	
	m ³	%	m ³	%
HRAST	0,55	36	0,357	65,09
ukupno	0,55		0,357	65,09
	drvni ostaci %	drvni ostaci		namjena
		m ³	t	
gubitci na fur. nožu	1,02	0,006	0,006	bioenergenti
gubitci na pak. škarama	35,70	0,196	0,147	kotlovnica
meserest	14,09	0,077	0,077	prodaja
okorci i kora	14,28	0,078	0,078	bioenergenti
	65,09	0,3057	0,308	

Meserest 4x4,4mx0,18mx0,03m=0,077m³

4.1.3 Trupac broj 6065-šumarski broj VKCE 075651 razreda kvalitete F1

Tablica 3 Iskorištenje i gubitci trupca broj 6065

	ulaz sirovine	iskorištenje	drvni ostaci	
	m ³	%	m ³	%
HRAST	0,64	25	0,477	74,51
ukupno	0,64		0,477	74,51
	drvni ostaci	drvni ostaci		namjena
	%	m ³	t	
gubitci na fur. nožu	1,24	0,008	0,008	bioenergenti
gubitci na pak. škarama	43,40	0,278	0,208	kotlovnica
meserest	12,51	0,080	0,080	prodaja
okorci i kora	17,36	0,111	0,111	bioenergenti
	74,51	0,477	0,407	

Meserest 4x4,2mx0,16mx0,03m=0,08m³

Trupac broj 6065 (tablica 3) imao je veće gubitke na paketnim škarama zbog toga što je imao više nepravilnosti koje je trebalo ukloniti (urasla kora, rot) iz tog razloga je i iskorištenje ovoga trupca osjetno manje u odnosu na ostale trupce iz debljinske grupe 40-49.

4.1.4 Ukupno iskorištenje i gubitci iz trupaca debljinske grupe 40-49

Tablica 4 Ukupno iskorištenje i gubitci za trupce debljinske grupe 40-49

40-49	ulaz sirovine	iskorištenje	drvni ostaci	
	m ³	%	m ³	%
HRAST	1,66	32	1,142	68,29
ukupno	1,66		1,142	68,29
	drvni ostaci	drvni ostaci		namjena
	%	m ³	t	
gubitci na fur. nožu	1,10	0,019	0,019	bioenergenti
gubitci na pak. škarama	38,50	0,645	0,483	kotlovnica
meserest	13,29	0,220	0,220	prodaja
okorci i kora	15,40	0,258	0,258	bioenergenti
	68,29	1,142	0,980	

Količina gotovog furnira iz debljinske grupe 40-49: 874,23m²

Količina gotovog furnira m²/ m³:526,64m²/m³

Gotovi furnir po dimenzijama i klasama:

- ZSK (ZDRAVE SRASLE KVRGE)=8,22m²=**4,95m²/m³**
- RUSTIK 206-250=74,79m²
- RUSTIK 252-308=25,07m²
- RUSTIK 310<=49,92m²
- \sum RUSTIK=149,78m²=**90,22m²/m³**
- ŠPIGL 206-250=65,89m²
- ŠPIGL 252-308=47,32m²
- ŠPIGL 310<=25,85m²
- \sum ŠPIGL=139,06m²=**83,77m²/m³**
- B BULL 206-250=61,47m²
- B BULL 252-308=57,46m²
- B BULL 310<=30,31m²
- \sum B BULL=150,24m²=**90,50m²/m³**
- KRATICE 80-204=427,93m²=**257,79m²/m³**

4.2 Trupci debljinske grupe 50-59cm obrađeni u trostrani vančes rezani na CREMONA TZE 02-40 vertikalnom furnirskom nožu, debljina furnira 0,6mm

U ovoj debljinskoj grupi trupci su predhodno prizmirani u trostrani vančes (slika 13) i rezani na vertikalnom furnirskom nožu (slika 14). Na ovaj način rezanja dobiva se furnir poluradijalne (polutangentne) i radijalne strukture (slika 15), Prizma se reže od lica prema srčiki do pojave otvorenog špigla, nakon toga prizma se otpušta te se okreće i postupak se ponavlja i sa druge strane.. Na ovaj način dobivamo 2 daske ostatka (slika 16).



Slika 13 Trupac prizmiran u trostrani vančes (foto: Krznarić I., 2023.)



Slika 14 Obrada trupca prizmiranog u trostrani vančes na vertikalnom furnirskom nožu
(foto: Krznarić I., 2023.)



Slika 15 Listovi rezanog furnira poluradijalne i radijalne strukture (foto: Krznarić I., 2023.)



Slika 16 Ostatak Od vertikalnog furnirskog noža (trupac predhodno otvoren u trostrani vančes)
(foto: Krznarić I., 2023.)

4.2.1 Trupac broj 6077-šumarski broj VKMI 030337

Tablica 5 Iskorištenje i gubitci trupca broj 6077

	ulaz sirovine	iskorištenje	drvni ostaci	
	m ³	%	m ³	%
HRAST	0,96	42	0,564	58,75
ukupno	0,96		0,564	58,75
	drvni ostaci %	drvni ostaci		namjena
		m ³	t	
gubitci na fur. nožu	0,90	0,009	0,009	bioenergenti
gubitci na pak. škarama	31,50	0,302	0,227	kotlovnica
meserest	13,75	0,132	0,132	prodaja
okorci i kora	12,60	0,121	0,121	bioenergenti
	58,75	0,564	0,489	

Meserest $4 \times 2,4 \times 0,22 \times 0,03 = 0,063 \text{ m}^3$

$4 \times 2,5 \times 0,23 \times 0,03 = 0,069 \text{ m}^3$

Napomena: trupac je na stovarištu bio dužine 4,9m ali je zbog tehničkih karakteristika stroja (max dužina prizme 4.2m) prekrojen na 2,4m i 2,5m.

4.2.2 Trupac broj 6078-šumarski broj VKOT 143612 razreda kvalitete F1

Tablica 6 Iskorištenje i gubitci trupca broj 6078

	ulaz sirovine	iskorištenje	drvni ostaci	
	m ³	%	m ³	%
HRAST	0,66	47	0,337	53,86
ukupno	0,66		0,337	53,86
	drvni ostaci	drvni ostaci		namjena
	%	m ³	t	
gubitci na fur. nožu	0,80	0,005	0,005	bioenergenti
gubitci na pak. škarama	28,00	0,185	0,139	kotlovnica
meserest	12,86	0,078	0,078	prodaja
okorci i kora	12,20	0,074	0,074	bioenergenti
	53,86	0,337	0,291	

Meserest $2 \times 3,1 \text{ m} \times 0,23 \text{ m} \times 0,055 \text{ m} = 0,078 \text{ m}^3$

4.2.3 Trupac broj 6080-šumarski broj VKOT 141890 razreda kvalitete F1

Tablica 7 Iskorištenje i gubitci trupca broj 6080

	ulaz sirovine	iskorištenje	drvni ostaci	
	m ³	%	m ³	%
HRAST	0,59	65	0,195	32,59
ukupno	0,59		0,195	32,59
	drvni ostaci	drvni ostaci		namjena
	%	m ³	t	
gubitci na fur. nožu	0,44	0,005	0,005	bioenergenti
gubitci na pak. škarama	15,40	0,091	0,068	kotlovnica
meserest	8,29	0,049	0,049	prodaja
okorci i kora	8,46	0,050	0,050	bioenergenti
	32,59	0,195	0,172	

**Meserest $2,3\text{m} \times 0,24\text{m} \times 0,03\text{m} = 0,017\text{m}^3$
 $2,3\text{m} \times 0,25\text{m} \times 0,055\text{m} = 0,032\text{m}^3$**

Trupac broj 6068 (tablica 7) imao je osjetno veće iskorištenje u odnosu na ostale trupce iz debljinske grupe 50-59 zbog toga što je imao manje nepravilnosti i grešaka koje je trebalo ukloniti na paketnim škarama, bio je izrazito ravne strukture žice, malih razlika u promjeru na percu i vršici te je imao vrlo malo udjela bjeljike.

4.2.4 Ukupno iskorištenje i gubitci iz trupaca debljinske grupe 50-59

Tablica 8 Ukupno iskorištenje i gubitci trupaca debljinske grupe 50-59

50-59	ulaz sirovine	iskorištenje	drvni ostaci	
	m ³	%	m ³	%
HRAST	2,21	51,33	1,096	48,40
ukupno	2,21		1,096	48,40
	drvni ostaci	drvni ostaci		namjena
	%	m ³	t	
gubitci na fur. nožu	0,71	0,019	0,019	bioenergenti
gubitci na pak. škarama	24,97	0,578	0,434	kotlovnica
meserest	11,64	0,259	0,259	prodaja
okorci i kora	11,08	0,245	0,245	bioenergenti
	48,40	1,101	0,957	

Količina gotovog furnira iz debljinske grupe 50-59: 1835,98m²

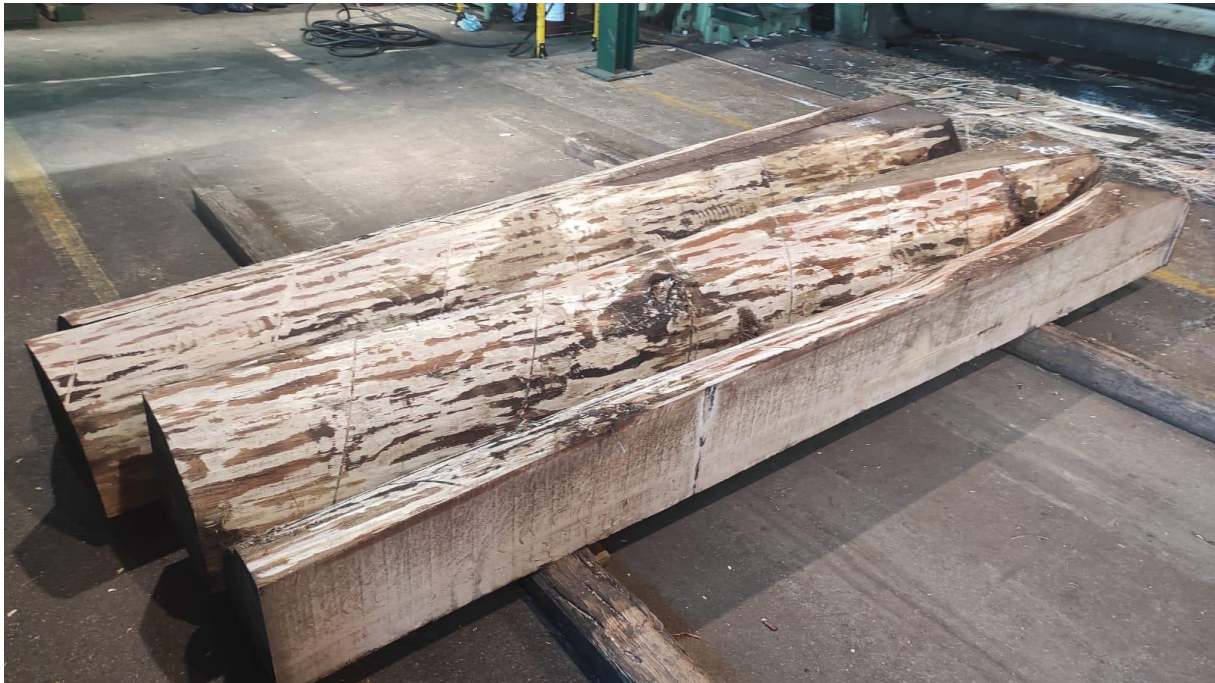
Količina gotovog furnira m²/m³:830,76m²/m³

Gotovi furnir po dimenzijama i klasama:

- RUSTIK 206-250=48,02m²
- RUSTIK 252-308=55,77m²
- \sum RUSTIK=103,79m²=**46,96m²/m³**
- ŠPIGL 206-250=252,56m²
- ŠPIGL 252-308=219,59m²
- ŠPIGL 310<=160,22m²
- \sum ŠPIGL=632,37m²=**286,14m²/m³**
- B BULL 206-250=363,15m²
- B BULL 252-308=189,55m²
- B BULL 310<=135,16m²
- \sum B BULL=687,86m²=**311,25m²/m³**
- C BULL=50,51m²=**22,85m²/m³**
- KRATICE 80-204=361,45m²=**163,55m²/m³**

4.3 Trupci debljinske grupe 60-69cm obrađeni u četvrtake rezani na RS 02-4000 STAY LOG furnirskom nožu, debljina furnira 0,6mm

U ovoj debljinskoj grupi trupci su predhodno prizmirani u četvrtake (slika 17) i rezani na furnirskom nožu STAY LOG (slika 18). Na ovaj način rezanja dobiva se furnir poluradijalne (polutangentne) i radijalne strukture (slika 19) uz napomenu da je udio furnira poluradijalne strukture manji nego kod rezanja na vertikalnim ili horizontalnim furnirskim noževima. Isto tako kod pojave otvorenog špigla (blistera) na ovom tipu noža postoji mogućnost promjene kuta rezanja, na taj način se ta greška svodi na minimum, a u većini slučajeva potpuno izbjegne. Prizma se reže od lica prema srčiki do ostatka visine cca 3 cm na najvišem dijelu. Na ovaj način dobivamo 4 daske ostatka nepravilnog oblika (slika 20) koje nisu podobne za prodaju ali se daljnjom obradom u doradnoj pilani iskoriste u obliku drvnih elemenata i ostataka za biomasu (pelet, briket...).



Slika 17 Trupac prizmiran u četvrtake (foto: Krznarić I., 2023.)



Slika 18 Obrada trupca prizmiranog u četvrtake na STAYLOG furnirskom nožu (foto: Krznarić I., 2023.)



Slika 19 Listovi rezanog furnira radijalne strukture (foto: Krznarić I., 2023.)



Slika 20 Ostatak (meserest) od prizmi rezanih na STAYLOG furnirskom nožu (foto: Krznarić I., 2023.)

4.3.1 Trupac broj 6403-šumarski broj VKGU 093350 razreda kvalitete F1*Tablica 9 Iskorištenje i gubitci trupca broj 6403*

	ulaz sirovine	iskorištenje	drvni ostaci	
	m ³	%	m ³	%
HRAST	1,43	39	0,812	60,14
ukupno	1,43		0,812	60,14
	drvni ostaci %	drvni ostaci		namjena
		m ³	t	
gubitci na fur. nožu	0,96	0,014	0,014	bioenergenti
gubitci na pak. škarama	38,60	0,504	0,378	kotlovnica
meserest	7,14	0,102	0,102	prodaja
okorci i kora	13,44	0,192	0,192	bioenergenti
	60,14	0,812	0,686	

Masa meseresta 0,102 t=0,102m³

4.3.2 Trupac broj 6409-šumarski broj VKGU 094151 razreda kvalitete F1

Tablica 10 Iskorištenje i gubitci trupca broj 6409

	ulaz sirovine	iskorištenje	drvni ostaci	
	m ³	%	m ³	%
HRAST	0,87	51	0,398	47,93
ukupno	0,87		0,398	47,93
	drvni ostaci	drvni ostaci		namjena
	%	m ³	t	
gubitci na fur. nožu	0,72	0,006	0,006	bioenergenti
gubitci na pak. škarama	28,20	0,226	0,170	kotlovnica
meserest	8,93	0,078	0,078	prodaja
okorci i kora	10,08	0,088	0,088	bioenergenti
	47,93	0,398	0,342	

Masa meseresta 0,078 t=0,078m³

Između trupaca 6403 (tablica 9) i 6409 (tablica 10) vidi se razlika u iskorištenju na paketnim škarama. Iako su trupci iste debljinske grupe i kvalitete F1 te stoga i istog cjenovnog razreda ipak postoje razlike u samoj strukturi drva (kvrge, devijacija žice, diskoloracija...) zbog koje može doći do osjetnog smanjenja iskorištenja bez obzira na razred kvalitete obrađenog trupca.

4.3.3 Trupac broj 6506-šumarski broj VKCE 250560 razreda kvalitete F1*Tablica 11 Iskorištenje i gubitci trupca broj 6506*

	ulaz sirovine	iskorištenje	drvni ostaci	
	m ³	%	m ³	%
HRAST	1,23	43	0,688	55,82
ukupno	1,23		0,688	55,82
	drvni ostaci %		drvni ostaci	
			m ³	t
gubitci na fur. nožu	0,88	0,011	0,011	bioenergenti
gubitci na pak. škarama	35,00	0,431	0,323	kotlovnica
meserest	7,62	0,094	0,094	prodaja
okorci i kora	12,32	0,152	0,152	bioenergenti
	55,82	0,688	0,580	

Masa meseresta 0,094t=0,094m³

4.3.4 Ukupno iskorištenje i gubitci iz trupaca debljinske grupe 60-69

Tablica 12 Ukupno iskorištenje i gubitci trupaca debljinske grupe 60-69

60-69	ulaz sirovine	iskorištenje	drvni ostaci	
	m ³	%	m ³	%
HRAST	3,53	44,33	1,898	54,63
ukupno	3,53		1,898	54,63
	drvni ostaci	drvni ostaci		namjena
	%	m ³	t	
gubitci na fur. nožu	0,85	0,031	0,031	bioenergenti
gubitci na pak. škarama	33,93	1,161	0,871	kotlovnica
meserest	7,90	0,284	0,284	prodaja
okorci i kora	11,95	0,432	0,432	bioenergenti
	54,63	1,898	1,618	

Količina gotovog furnira iz debljinske grupe 60-69: 2583,58m²

Količina gotovog furnira m²/m³:731,89m²/m³

Gotovi furnir po dimenzijama i klasama:

- ZSK (ZDRAVE SRASLE KVRGE)=33,90m²=**9,60m²/m³**
- RUSTIK 206-250=31,72m²
- RUSTIK 252-308=22,50m²
- RUSTIK 310<=13,41m²
- Σ RUSTIK=67,63m²=**19,16m²/m³**
- ŠPIGL 206-250=11,90m²
- ŠPIGL 252-308=51,84m²
- ŠPIGL 310<=100,51m²
- Σ ŠPIGL=164,25m²=**46,53m²/m³**
- B BULL 206-250=238,42m²
- B BULL 252-308=380,33m²
- B BULL 310<=796,20m²
- Σ B BULL=1414,95m²=**400,84m²/m³**
- EKSTRA 300<=147,97m²=**41,92m²/m³**
- KRATICE 80-204=736,47m²=**208,63m²/m³**

5. ZAKLJUČAK

Nakon provedenih mjerenja i analize rezultata možemo zaključiti:

1. Najveće iskorištenje imaju trupci debljinske grupe 50-59, gdje utvrđen najpovoljniji omjer dobivenih m² furnira po m³ sirovine uz napomenu da je udio špigla u ukupno izrezanom furniru najveći od promatranih debljinskih grupa.
2. Uzimajući u obzir i klase i dimenzije dobivenog furnira najkvalitetniji i cjenovno najisplativiji furnir dobiven je iz trupaca debljinske grupe 60-69 rezanih na stay log furnirskom nožu jer se na takvom tipu stroja furnir dobiva ekcentričnim ljuštenjem te se uz mogućnost promjene kuta rezanja pojava špigla, koji je najjeftinija klasa furnira, svodi na minimum.
3. Na stay log nožu nastaju najmanji gubitci od meseresta te se od ukupnog dobivenog furnira na taj način dobije najviše m² klase B BULL koja je jedna od cjenovno najpoželjnijih te u jednom dijelu i EXSTRA klase furnira koja je najskuplja u ponudi ove tvornice.
4. U debljinskoj grupi 40-49 ustanovljeni su najveći gubitci na tračnoj pili i paketnim škarama kao i najveći udio kratica od ukupno izrezanog furnira koje su također jedna od cjenovno nepovoljnih klasa rezanog furnira.

6. LITERATURA

1. Brezović M. 2023: Predavanja. <https://moodle.srce.hr/2022-2023/course/view.php?id=128937> (pristupljeno 28.03.2023)
2. Brezović M. 2021: Furnir. <https://tehnika.lzmk.hr/furnir/> (pristupljeno 25.5.2023.)
3. Bruči, V.; Kopljar, A.; Jambrečić, V. 2000: Iskorištenje američke orahovine u proizvodnji rezanog furnira // Drvna industrija, 51, 1; 19-26.
4. HAOP (2017) Bioraznolikost/Flora. <https://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/prirodne-vrijednosti-stanje-i-ocuvanje/bioraznolikost/flora/hrast-luznjak-quercus> (pristupljeno 20.04.2023.)

7. ŽIVOTOPIS

Zovem se Ivan Krznarić. Živim u Rokovcima, malom mjestu nedaleko od Vinkovaca i imam 42. godine, oženjen sam i otac troje djece.

Student sam na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije u Vinkovcima, gdje sam 2020. g. upisao preddiplomski stručni studij drvne tehnologije. Srednju elektro-tehničku školu sam završio 2000. g. u Vinkovcima i nakon odsluženja vojnog roka koji je u ono vrijeme bio obavezan 2001. g. počinjem raditi u Spačva d.d. Vinkovci, današnji Bjelin Spačva gdje radim i danas.

Tokom radnog staža radio sam kao rukovaoc na horizontalnim, vertikalnim i stay log furnirskim noževima, a posljednjih pet godina radim kao poslovođa smjene u proizvodnji rezanog furnira.

Uz posao sam stekao znanja i iskustva vezana za drvnu tehnologiju pa je usavršavanje stečenih znanja i stjecanje novih na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije bio logičan izbor i odlična prilika za mene osobno nakon što je studiranje omogućeno u mom rodnom gradu.

Ovim putem želim se zahvaliti svim djelatnicima Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije na prenesenom znanju i podršci tijekom studiranja, a posebno prof. dr. sc. Mladenu Brezoviću na ukazanoj pomoći u vezi pisanja ovog završnog rada.