

# Utjecaj brušenja na kvalitetu močenja površine drva

---

Marković, Tea

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:019834>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-29**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE**  
**ZAVOD ZA NAMJEŠTAJ I DRVO U GRADITELJSTVU**

**PREDDIPLOMSKI STUDIJ**

**DRVNA TEHNOLOGIJA**

**TEA MARKOVIĆ**

**UTJECAJ BRUŠENJA NA KVALITETU MOČENJA**  
**POVRŠINE DRVA**

**ZAVRŠNI RAD**

**ZAGREB, 2022.**



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE**  
**ZAVOD ZA NAMJEŠTAJ I DRVO U GRADITELJSTVU**

**UTJECAJ BRUŠENJA NA KVALITETU MOČENJA  
POVRŠINE DRVA**

**ZAVRŠNI RAD**

Prediplomski studij:	Drvena tehnologija
Predmet:	Površinska obrada drva
Mentor	doc. dr. sc. Josip Miklečić
Student:	Tea Marković
JMBAG:	0068234072
Datum odobrenja teme:	22. 3. 2022.
Datum predaje rada:	12. 9. 2022.
Datum obrane rada:	23. 9. 2022.

**Zagreb, rujan, 2022.**




## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov:	Utjecaj brušenja na kvalitetu močenja površine drva
Autor:	Tea Marković
Adresa autora:	Punikve 48, 42240 Ivanec
Mjesto izradbe:	Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave:	Završni rad
Mentor:	doc.dr.sc Josip Miklečić
Izradu rada pomogao:	Drvodjelac d.o.o.
Godina objave:	2022.
Opseg:	VII+23 str., 25 slika, 1 tablica i 10 navoda literature
Ključne riječi:	Brušenje drva, hrapavost drva, močenje drva, uljenje drva
Sažetak:	<p>U ovom radu istražit će se utjecaj brušenja na kvalitetu drvene površine. 10 uzoraka bilo je močeno otapalnim močilom, te 10 uzoraka močeno je vodenim močilom. Kako bi vidjeli razliku u hrapavosti, 10 uzoraka smo vlažili vodom. Za uzorke uzeli smo hrastovinu i bukovinu. Na temelju brušenja i određivanjem hrapavosti, ispitivali smo uzorke na boju i sjaj. Tim smo ispitivanjem željeli utvrditi hoće li hrapavost drvene površine utjecati na promjenu boje ili sjaja.</p>

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Title:	Influence of sanding on quality of stained wood surface
Author:	Tea Marković
Adress of Author:	Punikve 48, 42240 Ivanec
Thesis performed at:	Faculty of Forestry and Wood Technology, University of Zagreb
Publication Type:	Undergraduate thesis
Supervisor:	Assist. Prof. Josip Miklečić, PhD
Preparation Assistant:	Drvodjelac d.o.o.
Publication year:	2022
Volume:	VII+23 pages, 25 figures, 1 table and 10 references
Key words:	Sanding wood, surface roughness, stained wood, wood oil
Abstract:	<p>In this paper, the influence of sanding on the quality of the wooden surface will be investigated. 10 samples were soaked with nitro stain, and 10 samples were soaked with water stain. In order to see the difference in roughness, we moistened 10 samples with water. For samples, we took oak and beech wood. Based on sanding and determination of roughness, we examined the samples for color and gloss. With this test, we wanted to determine whether the roughness of the wooden surface will affect the change in color or shine.</p>

	<b>IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI</b>	<b>OB ŠF 05 07</b>
		Revizija: 2
		Datum: 12.9.2022.

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

Zagreb, 12. 9. 2022. godine

---

*vlastoručni potpis*

Tea Marković



## SADRŽAJ

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....	II
BASIC DOCUMENTATION CARD .....	III
IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI.....	III
SADRŽAJ.....	V
POPIS SLIKA.....	VI
POPIS TABLICA.....	VII
PREDGOVOR ILI ZAHVALA .....	VIII
1. UVOD.....	1
1.1. Brušenje drva.....	2
1.2. Močenje drva.....	4
1.3. Uljenje drva.....	4
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	6
3. MATERIJALI I METODE.....	7
3.1. Uzorci drva.....	7
3.2. Uzorci premaznih materijala.....	7
3.3. Brušenje uzoraka drva.....	8
3.4. Nanošenje premaznih materijala.....	8
3.5. Mjerenje sjaja.....	10
3.6. Mjerenje boje.....	10
3.7. Mjerenje hrapavosti.....	10
4. REZULTATI I DISKUSIJA.....	12
4.1. Vizualni pregled površine.....	12
4.2. Rezultati ispitivanja hrapavosti.....	13
4.3. Rezultati ispitivanja boje.....	16
4.4. Rezultati ispitivanja sjaja.....	21
5. ZAKLJUČAK.....	22
6. LITERATURA.....	23

## POPIS SLIKA

Slika 1. Građa brusnog sredstva (Jaić i Trbojević, 2000.).....	2
Slika 2. Karakteristike profila kod mjerenja hrapavosti (Ljuljika, 1990.).....	3
Slika 3. Lijevo- hrastovina, desno- bukovina.....	7
Slika 4. Širokotračna brusilica.....	8
Slika 5. Navalazivanje uzoraka.....	8
Slika 6. Nanošenje močila zračnim pištoljem.....	9
Slika 7. Brušenje močene površine brusnim papirom granulacije P280.....	9
Slika 8. Nanošenje ulja na močenu površinu.....	9
Slika 9. Mjerenje sjaja na uzorcima.....	10
Slika 10. Mjerenje boje na uzorcima.....	10
Slika 11. Mjerenje hrapavosti površine uzoraka.....	11
Slika 12. Mrlje od tanina na uzorcima hrastovine.....	12
Slika 13. Lijevo: vodeni bajc; desno: nitro bajc.....	12
Slika 14. Vrijednosti parametra Ra na površini bukovine.....	13
Slika 15. Vrijednosti parametra Rz na površini bukovine.....	14
Slika 16. Vrijednost parametra Ra na površini hrastovine.....	14
Slika 17. Vrijednost parametra Rz na površini hrastovine.....	15
Slika 18. Promjena svjetline ( $\Delta L^*$ ) na uzorcima bukovine.....	16
Slika 19. Promjena koordinate $a^*$ na uzorcima bukovine.....	17
Slika 20. Promjena koordinate $b^*$ na uzorcima bukovine.....	17
Slika 21. Promjena boje ( $\Delta E^*$ ) na uzorcima bukovine.....	18
Slika 22. Promjena svjetline ( $\Delta L^*$ ) na uzorcima hrastovine.....	18
Slika 23. Promjena koordinate $a^*$ na uzorcima hrastovine.....	19
Slika 24. Promjena koordinate $b^*$ na uzorcima hrastovine.....	20
Slika 25.. Promjena boje ( $\Delta E^*$ ) na uzorcima hrastovine.....	20

## **POPIS TABLICE**

*Tablica 1. Srednje vrijednosti sjaja (JS) na sve tri površine.....21*

## PREDGOVOR

Želim se zahvaliti profesoru Josipu Miklečiću za pomaganje u vezi izrade završnog rada, te ugodnoj komunikaciji tijekom istraživanja na uzorcima.

Isto tako želim se zahvaliti i tvrtki Drvodjelac d.o.o. koja mi je omogućila izradu elemenata, odnosno uzoraka za ispitivanje, kako bi mi kasnije ispitivanje bilo puno jednostavnije.

## 1. UVOD

Drvena industrija je vrlo široka djelatnost koja se bavi preradom drvne sirovine u poluproizvod ili gotov proizvod, kao što su drvene ploče od iverja, namještaj od iverja, ploče i elementi od masivnog drva ili pak namještaj od masivnog drva.

Za poluproizvode ili gotove proizvode od masiva, potreban je veliki niz postupaka koji započinje piljenjem trupaca u daske, odnosno ispiljivanje dasaka u elemente, sušenje ili parenje elemenata na određeni sadržaj vode ili za prirodnu promjenu boje drva (sirova bukva je svjetlosmeđe boje, no dok se pari ona postaje crvenkastosmeđa). Kasnijim postupcima krojenja elemenata na određenu duljinu i debljinu, spajaju se u dužinske, širinske ili dužinsko-širinske lijepljene ploče. Nakon lijepljenja, višak ljepila se odstranjuje brušenjem, kako bi se dobila određena kvaliteta obrađene površine koja je potrebna za daljnji postupak površinske obrade kao što je lakiranje, močenje, uljenje, voštanje itd. Površinska obrada drva je komplicirani proces koji zahtjeva vrlo veliku pažnju.

U ovom radu ispitivao se utjecaj brušenja i navlaživanja površine na obradu drva močilima.

## 1.1. Brušenje drva

Sama površinska obrada započinje pripremom površine drva za lakiranje, uljenje ili voštanje. Površina drva i njezina priprema zavisi o daljnjoj kvaliteti samog premaza. Loše pripremljena površina može utjecati na konačni izgled (čistoća, sjaj i boja premaza) samog gotovog proizvoda. Da bi se te greške izbjegnule i da bi se dobila glatka površina drva, prvi korak za pripremu površine prije premazivanja je brušenje. Profesor Ljuljka (1990) je u svojoj knjizi napisao sljedeće „Dobro brušeno – napola je polirano“ i „Brušenje i površinska obrada, sijamski su blizanci“.

Brušenje se može definirati kao odvajanje finog iverja od drva uz pomoć malih i oštih sječiva koja čine brusna zrna (Jaić i Trbojević, 2000). Brušenjem se izgladuje površina i odstranjuju ogrebotine, otisci, mrlje od ljepila i slične greške. Isto se koristi kako bi dobili željenu debljinu samog elementa i određenu kvalitetu, odnosno hrapavost površine. Brušenjem ispravljamo hrapavosti prethodnih obrada.

Ciljevi samog brušenja su (Jirouš-Rajković, 2021a):

Uklanjanje razlika u debljini i neravnosti površine drva kalibriranjem

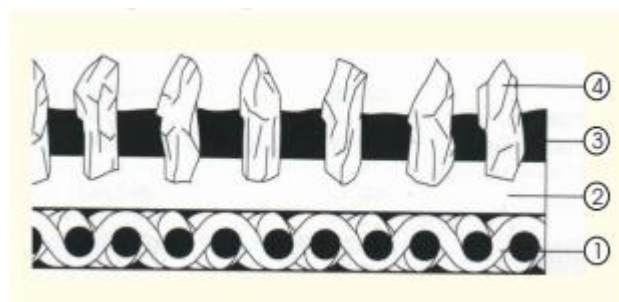
Poboljšanje svojstva površine nakon prethodnih obrada (uklanjanje tragova noža nakon blanjanja)

Izjednačavanje i poboljšanje izgleda površine

Poboljšanje adhezije premaza i zaglađivanje površine prije nanošenja sljedećeg sloja premaza

Ublažavanje oštih rubova

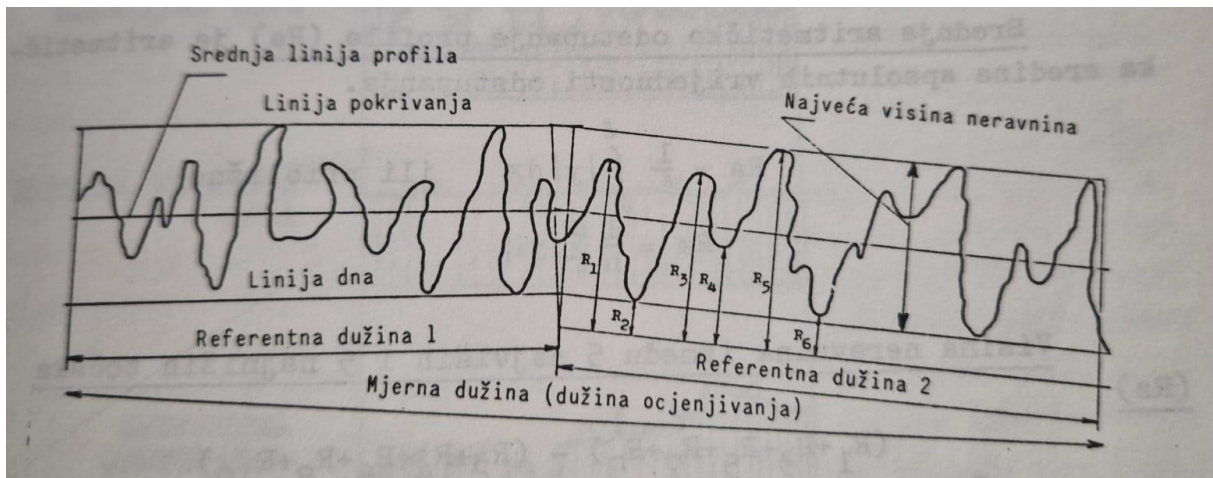
Brusno sredstvo se sastoji od podloge, osnovnog sloja veziva, pokrivnog sloja veziva i brusnog zrna (Jaić i Trbojević, 2000) (slika 1).



Slika 1. Građa brusnog sredstva (Jaić, i Trbojević, 2000)

Kod brusnih sredstava određenost oštice postiže se granulacijom brusnih zrnaca, gustoćom posipa i vrstom materijala. Označenom granulacijom na poledini podloge, odnosno brusnog papira, smatramo da je kod svih proizvođača ista, no nisu kod svih istog granulacijskog sastava. Postoji internacionalni standard zvan FEPA koji je za granulacije od 12-1800. Tim standardom određene su dimenzije oka na sitima (Ljuljka,1990).

Brušenjem se postiže određena glatkoća, odnosno hrapavost drvene površine. Površina drva se prikazuje kao poprečni profil na kojem se mjere i izračunavaju karakteristične veličine (slika 2) (Ljuljika,1990).



Slika 2. Karakteristike profila kod mjerenja hrapavosti (Ljuljika,1990.)

Mjerna dužina- dužina koja omogućuje pouzdano određivanje mikrogeometrije, sadrži 5 referentnih dužina.

Referentna dužina- dužina koja je unutar mjerne dužine i ona osigurava mjerenje parametara, odnosno u toj dužini mjeri se oni parametri koje želimo izmjeriti.

Srednja linija profila- linija koja siječe profil tako da suma kvadrata odstupanja bude minimalna.

Linija dna i linija pokrivanja- linije koje prolaze najnižim i najvišim dijelom profila paralelno sa srednjom linijom

Najveća visina neravnina- razmak između linije dna i linije pokrivanja u granicama referentne dužine (Ljuljika,1990).

Brušenje površine drva obično se odvija u tri faze: egalizacija, međubrušenje i fino brušenje. Finim brušenjem, kao što je navedeno, želimo dobiti što glađu površinu, ali i s finim brušenjem odstranjujemo vlakanca na površini drva. Odstranjivanje vlakanca najbolje se postiže s laganim pritiskom brusnog papira, iako je učinak brušenja vrlo malen (Smolčić-Žerdik,1960). Kada je veći pritisak brusnog papira, povećava se učinak i brušenja, ali se tada slobodna vlakanca utisnu u površinu, te se kod kasnijih obrada (močenja ili izbjeljivanja) ponovno uzdignu, te stvaraju mrlje na površini. Kako bi imali bolji učinak brušenja, najbolje je površinu kvasiti s vodom. Površina se mora sušiti 24 sata na temperaturi od 60 °C. Nakon toga, vlakanca su uzdignuta, te se puno lakše pobruse (Ljuljika,1990).

Iako je cilj brušenja dobivanje jednolične i savršene podloge za dalju obradu, kod tog procesa mogu nastati i pogreške koje utječu na proces lakiranja, močenja i uljenja (Smolčić-Žerdik,1960).

## 1.2. Močenje drva

Močenje drva je postupak kojim se drvena sirovina premazuje sredstvima ili se uranjaju u njih kako bi se promijenila boja. Močenje drva nazivamo još i bajcanjem drva ili prozirno bojanje drva. Močenje drva isto tako se može definirati kao proces koji je sastavljen od niza fizikalnih i kemijskih procesa, a rezultat močenja ili bajcanja je da drvo dobi željenu boju, ali i da zadrži ili izrazi njegovu teksturu. Sami proces močenja drva ovisi o kemijskom sastavu drva, anatomskoj građi, fizikalno-kemijskim svojstvima močila i metodi nanošenja (Jirouš-Rajković, 2021b)

Boja močenog drva ovisi o boji drva i boji močila. Nanošenje močila sastoji se od 3 faze: nanošenje močila, poboljšanje kvašenja rastjerivanjem i uklanjanje suvišnog močila. Nanošenje močila može se vršiti kistom, štrcanjem, spužvom ili valjkom (Jirouš-Rajković, 2021).

Močila možemo podijeliti prema vrsti otapala, prema tvarima koje daju obojenje, te prema samom efektu. Prema vrsti otapala razlikujemo vodena močila i otapalna močila. Prema tvarima koje daju obojenje na močila s bojilima, močila s pigmentima ili kombinirana močila. Prema efektu močila na rustikalna, antikna i izbjeljujuća močila. Isto tako neka od tih močila mogu dati pozitivnu i negativnu sliku teksture, ovisno o sastavu samog močila.

Kao i kod ostalih procesa površinske obrade drva, močenju drva moramo posvetiti pažnju, jer u suprotnom dolazi do grešaka. Najčešća greška kod močenja je nejednoliko upijanje močila. Druga najčešća greška kod močenja je pojava tamnih mrlja pri korištenju vodenih močila, a to se najčešće događa zbog loše pripremljene površine. Nebojene pore su česta greška pri močenju krupno poroznih vrsta drva vodenim močilom (Jirouš-Rajković, 2021b).

## 1.3. Uljenje drva

Ulja su spojevi masnih kiselina i glicerina, a mogu biti biljnog, životinjskog i mineralnih podrijetla. Biljna ulja su ulja koja se dobivaju različitim postupcima, najčešće kuhanjem ili prešanjem sjemenki. Najviše se koriste za one proizvode koji zahtijevaju ekološku osviještenost (dječje igračke). Jedno od najpoznatijih biljnih ulja su laneno ulje, tungovo ulje, konopljino ulje, orahovo ulje itd. Životinjska ulja se dobivaju preradom životinjskih masnoća s glicerinom. Mineralna ili zemljana ulja spadaju u teške ugljikovodike, a dobivaju se pri preradi nafte ili destilacijom katrana kamenog ugljena. Mineralna ulja se ne koriste za proizvode koje moraju biti ekološki prihvatljivi (Frgić, 2001).

Drvo obrađeno uljem ima mogućnost disanja, odnosno reguliranja vlažnosti u prostoriji. Nanosom ulja na drvenu površinu ono može oživiti teksturu, pogotovo ako je površina drva tamnija. Prirodna ulja (biljnog i životinjskog porijekla) su u posljednje vrijeme vrlo aktualna i dosta se koriste u površinskoj obradi drva, a najveća prednost je ta što su biološki razgradiva. Ulja imaju i svoje nedostatke kao što je ograničena



otpornost površina na kemijske i mehaničke utjecaje. Međutim, uz pravilan odabir ulja i uz pravilno održavanje, prirodna se ulja mogu primjenjivati i u javnim prostorima. Proizvođači ulja proizvode i posebna sredstva za njihovo održavanje i obnavljanje te daju upute za pravilno korištenje. Jedan od najvećih nedostataka je duže vrijeme sušenja ulja koje može biti oko 10-15 sati između nanosa, a potpunосуšenje može trajati i do 3 tjedna (Jirouš-Rajković, 2021c).

Ulja su premazni materijali koji otvrdnjavaju oksidacijom. S obzirom na vrstu i količinu masnih kiselina, ulja se dijele na sušiva, polusušiva i nesušiva ulja. Ulja se bolje suše ako sadržavaju više nezasićenih masnih kiselina. Na sušenje ulja utječe vlaga, svjetlost, zrak, temperatura i sušila. Sušiva ulja su ona ulja koja namazana u tankom sloju na neku podlogu daju čvrst, suh i netopiv film (Jirouš-Rajković, 2021c)

U sušiva ulja spada laneno ulje, drveno ulje, te parafinsko ulje. Polusušiva ulja su ona ulja koja se znatno dulje suše ili se osuše djelomično te ostaju ljepljiva, a njihov film se može omekšati. U tu grupu spadaju suncokretovo ulje, konopljino ulje, orahovo i riblje ulje. Nesušiva ulja se nikada ne mogu osušiti, pa se ne koriste kao premazni materijali, nego samo za omekšivanje nitroceluloznih lakova. U tu grupu ulja spada ricinusovo ulje (Frgić, 2001).

Sušenjem ulja može se ubrzati dodavanjem sikativa. Sikativi pojačavaju tamnjenje i krtost premaza, pa se zato dodaju u malim količinama. Sikativi mogu biti spojevi olova, mangana ili kobalta.

Najčešći način nanošenja ulja je pomoću krpe. Ulje je potrebno što ravnomjernije razmazati po površini i nekoliko minuta pričekati kako bi drvo upilo ulje, zatim višak pokupiti s krpom. Ulje se može nanositi i štrcanjem čime se postiže jednoličnije i brže nanošenje nego krpom. Pištolji pod niskim tlakom imaju grubo raspršivanje, pa su oni pogni za nanošenje ulja. Postupak nanošenja ulja uranjanjem pogodan je za male proizvode kao što su dječje igračke, figurice, prihvatnici i dr. Nakon uranjanja je potrebno proizvod ostaviti visjeti kako bi višak ulja iscurio i da se smanje gubici. Nedostatak nanošenja ulja uranjanjem je nakupljane drvne prašine s proizvoda u posudi s uljem zbog čega se promijeni boja ulja (Kirić, 2021).

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog rada bio je ispitati kako proces brušenja utječe na kvalitetu močenja hrastovine i bukovine. Za proučavanje kvalitete močene površine mjerena je hrapavost, boja i sjaj površine prije i nakon obrade s dvije vrste močila. Dodatno su analizirana i svojstva močene površine naknadno obrađene uljem.

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Uzorci drva

Za potrebe istraživanja izabrani su uzorci hrastovine (*Quercus robur* L.) i bukovine (*Fagus sylvatica* L.) koji su bili dimenzija 20 mm × 100 mm × 400 mm (debljina × širina × dužina) (slika3). Izabrani su uzorci teksture blistače i bočnice kako bi se ispitalo i utjecaj teksture drva na efekt močenja. Blistača je piljena građa kojoj na poprečnom presjeku tangenta na godove s njezinom širom plohom tvori kut od 60° do 90°, a bočnica je piljena građa kojoj na poprečnom presjeku tangenta na godove s njezinom širom plohom tvori kut od 0° do 30° stupnjeva (<http://struna.ihjj.hr/>) Uzorci su prije piljenja bili osušeni na (10 ± 2) % sadržaja vode u tvrtki Drvodjelac d.o.o. Pripremljeno je 20 uzoraka hrastovine i 20 uzoraka bukovine. Hrastovina je odabrana kao predstavnik prstenasto poroznih vrsta drva koje imaju velike pore, a bukovina kao predstavnik difuzno poroznih vrsta drva koje imaju male pore.



Slika 3. Lijevo-hrastovina; desno- bukovina

#### 3.2 Uzorci premaznih materijala

U ovom istraživanju koristilo se vodeno močilo i otapalno močilo tvrtke čije proizvode koristi i tvrtka Drvodjelac d.o.o. u čijem pogonu su se pripremali uzorci. Vodena močila su ona u kojima je voda otapalo, a mogu sadržavati bojila iili pigmente. Takva močila prodiru duboko u drvo i daju žive boje, no postoji mogućnost selektivne penetracije, pogotovo pri nanošenju uranjanjem. Jedan od nedostataka ovim močila je taj da uzrokuju dizanje vlakanaca. Stoga je dobro prije njihove uporabe drvo navlažiti, a nakon sušenja površinu pobrusiti. Na taj način smanjujemo izdizanje vlakanaca nakon močenja. Nakon sušenja vodenih močila dobivamo negativnu sliku teksture drva. Otapalno močilo je proizvedeno na bazi nitroceluloznog estera, sintetičkih smola, odgovarajućih organskih i neorganskih pigmentata i pažljivo odabrane kombinacije organskih otapala. Koristi se za bojanje svih vrsta drvnih površina, masiva i furnira. Prednost otapalnog močila je isticanje prirodne ljepote drva uz ujednačeno i brzo sušenje, za razliku od vodenih močila.

### 3.3. Brušenje uzoraka drva

Ispiljeni uzorci drva brusili su se na širokotračnoj brusilici (slika 4) s dva režima brušenja. Polovica uzoraka (10 uzoraka hrastovine i 10 uzoraka bukovine) brušena je strojno granulacijama brusnog papira P80/P120/P150/P180. Druga polovica uzoraka (10 uzoraka hrastovine i 10 uzoraka bukovine) brušena je strojno granulacijama brusnog papira P80/P120/P150 nakon čega im je površina ručno navlažena s vodom (slika 5) u količini od 100 ml/m<sup>2</sup>. Nakon sušenja površina je strojno brušena brusnim papirom P180.



Slika 4. Širokotračna brusilica



Slika 5. Navlaživanje uzoraka

### 3.4. Nanošenje premaznih materijala

Nakon brušenja površina je uzoraka podijeljena na tri dijela s krep trakama, na samo brušeni dio, na dio koji će biti obrađen močilom i na dio koji će biti obrađen močilom i uljem. Močila su se nanosila zračnim pištoljem s niskim tlakom (slika 6). Prvo su bili obrađeni uzorci hrastovine, a zatim bukovine. Močila su se nanosila u dva prolaza bez brisanja. Nakon nanošenja močila bilo je vidljivo da se otapalno močilo suši brže od vodenog močila.



*Slika 6. Nanošenje močila zračnim pištoljem*

Močena površina sušila se 24 h, a zatim je ručno brušena papirom granulacije P280 (slika 7). Na močenu površinu nanosilo se ulje krpom (slika 8), a nakon 1 min prebrisan je višak ulja s površine drva čistom krpom. Nakon sušenja ulja krpom se nanosio vosak koji se sušio polako i povećao je sjaj površine.



*Slika 7. Brušenje močene površine brusnim papirom granulacije P280*



*Slika 8. Nanošenje ulja na močenu površinu*



### 3.5. Mjerenje sjaja

Sjaj se mjerio pomoću reflektometara (slika 9) pod kutom od  $85^\circ$ . Reflektometar se bazira na mjerenju količine svjetlosti koja je reflektirana s površine. Površina se osvjetljava pod kutom od  $85^\circ$ , a zrake se odbijaju od površine prema fotočeliji koja je smještena tako da apsorbira reflektirane zrake. Sjaj se mjerio na tri mjerna mjesta na svakom od tri označena dijela na uzorku te je izračunata srednja vrijednost. Prije mjerenja uređaj se baždario pomoću etanola crnog stakla, indeks loma 1,567.



Slika 9. Mjerenje sjaja na uzorcima

### 3.6. Mjerenje boje

Boja se mjerila spektrofotometrom (slika 10) sa sljedećim parametrima: mjerna geometrija:  $d/8^\circ$ , standardni promatrač  $10^\circ$ , izvor svjetlosti D65 i mjerni otvor 8 mm. Boja se jednako kao i sjaj mjerila na tri mjerna mjesta na svakom od tri označena dijela na uzorku te je izračunata srednja vrijednost. Mjerenje boje vršilo se u CIEL\*a\*b sustavu boja gdje  $L^*$  označava svjetlinu,  $a^*$  je koordinata na žuto-plavoj osi, a  $b^*$  je koordinata na crveno-zelenoj osi.



Slika 10. Mjerenje boje na uzorcima

### 3.7. Mjerenje hrapavosti

Mjerenje hrapavosti provelo se na profilometru okomito na smjer vlaknaca drva. Za mjerenje hrapavosti korištena je igla promjer 2 mm i vršnog kuta  $90^\circ$  koja se

pomicala brzinom od 50 mm/s i bila opterećena silom od 10 N. Za filtriranje rezultata korišten je Gaussov filter. Hrapavost se mjerila na tri mjerna mjesta na svakom od tri označena dijela na uzorku te je izračunata srednja vrijednost. Za prikazivanje i evaluaciju hrapavosti korišteni su parametri  $R_a$  i  $R_z$ .  $R_a$  je prosjek hrapavosti, odnosno srednja vrijednost apsolutnih vrijednosti visina profila preko duljine procjene.  $R_z$  je prosječna maksimalna visina profila, odnosno prosjek od uzastopne vrijednosti  $R_{ri}$  (maksimalna visina unutar duljine uzorka) izračunate preko duljine procjene ([www.predev.com](http://www.predev.com)).



*Slika 11. Mjerenje hrapavosti površine uzoraka*

## 4. REZULTATI I DISKUSIJA

### 4.1. Vizualni pregled površine

Prije brušenja uzorci hrastovine bili su prekriveni crnim mrljama od prašine. Uzorci bukovine na sam osjet su bili hrapavi. Nakon same obrade brušenjem, mrlje i hrapavost je nestala. Nakon navlaživanja vodom bukovina je brže upijala vodu, nego hrastovina. Nakon sušenja od 24 sata na hrastovini su se pojavile mrlje od tanina (slika 12).



*Slika 12. Mrlje od tanina na uzorcima hrastovine*

Nakon skidanja krep traka vidljivo je kako je vodeno močilo prošlo ispod trake, a kod otapalnog močila ostala je jasna i ravna linija (slika 13). Kod vodenom močila primijećene su i bjelkaste linije.

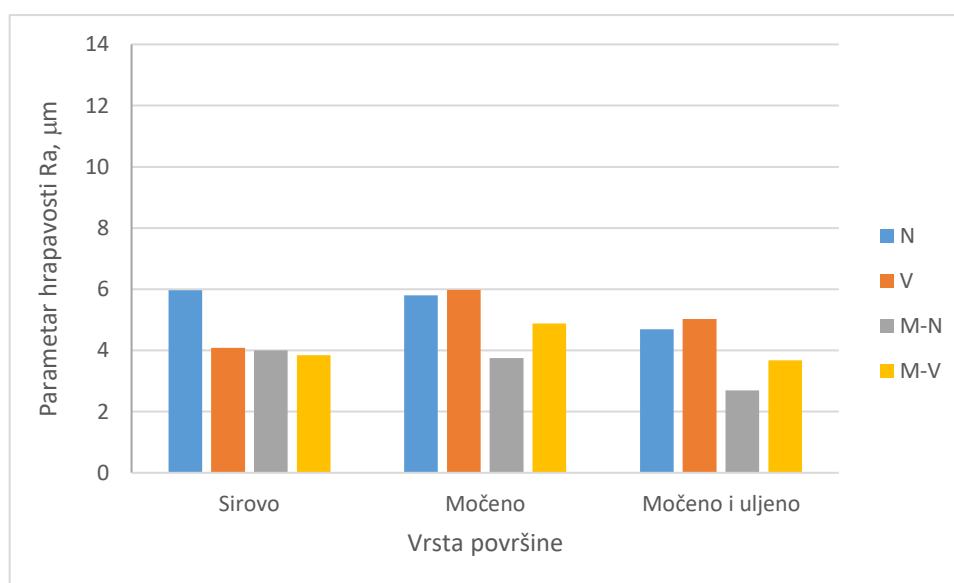


*Slika 13. Lijevo: vodeni bajc; desno: nitro bajc*

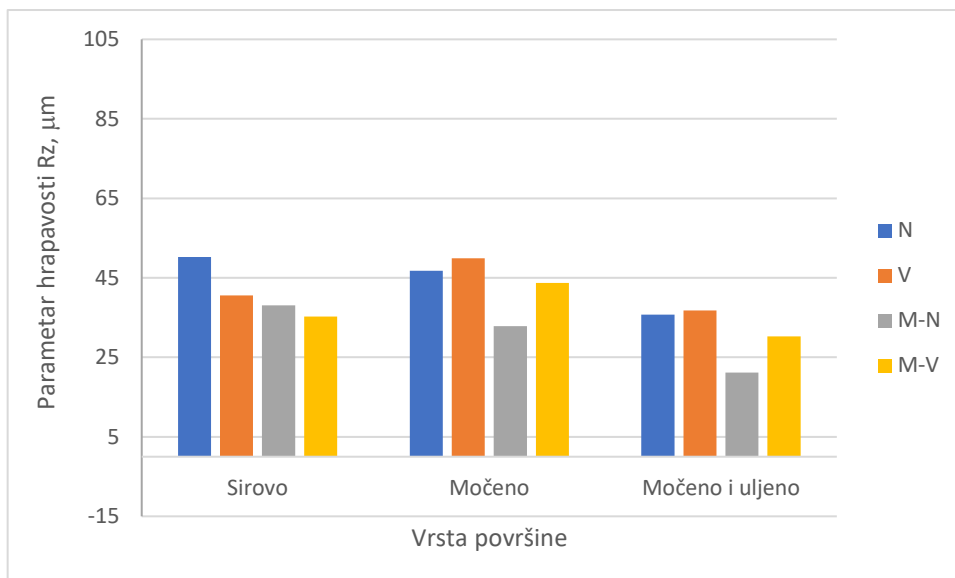


## 4.2. Rezultati ispitivanja hrapavosti

Na slikama 14, 15, 16 i 17 prikazani su rezultati hrapavosti na bukovini i hrastovini. Iz slike 14 vidljivo je da kod močene površine, najveću hrapavost prema Ra parametru ima bukovina obrađena vodenim močilom, dok najmanju hrapavost ima navlažena bukovina obrađena otapalnim močilom. Isto tako, kod površine koja je močena i uljena, prema parametru Ra, najveću hrapavost ima bukovina obrađena vodenim močilom, a najmanju hrapavost ima navlažena bukovina obrađena otapalnim močilom. Kod močene površine mogućnost porasta hrapavost je zbog toga što je bukovina nije bila navlažena prije bila kvašena vodom, već je obrađena odmah vodenim bajcem koji je na bazi vode, te zbog toga su se močenjem uzdignula vlakanca. Nakon uljenja hrapavost površine bila je manja u odnosu na sirovu i močenu površinu zbog brušenja močene površine brusnim pairom granulacije P280. Navlaživanje površine prije močenja najviše je utjecalo na smanjenje hrapavosti nakon močenja i uljenja površine. Promjene hrapavosti bukovine prikazane preko parametra Rz (slika 15) slične su promjenama dobivenima preko parametra Ra, samo su vrijednosti za parametar Ra veće. Za parametar Ra i Rz najmanja vrijednost dobivena je kod navlaženog uzorka obrađenog močilom i uljem, a najveća na sirovom uzorku predviđenom za obradu vodenim močilom. Razlike u vrijednostima parametra Ra i Rz za sirove uzorke rezultat su rasipanja vrijednosti uslijed nehomogenosti površine drva.

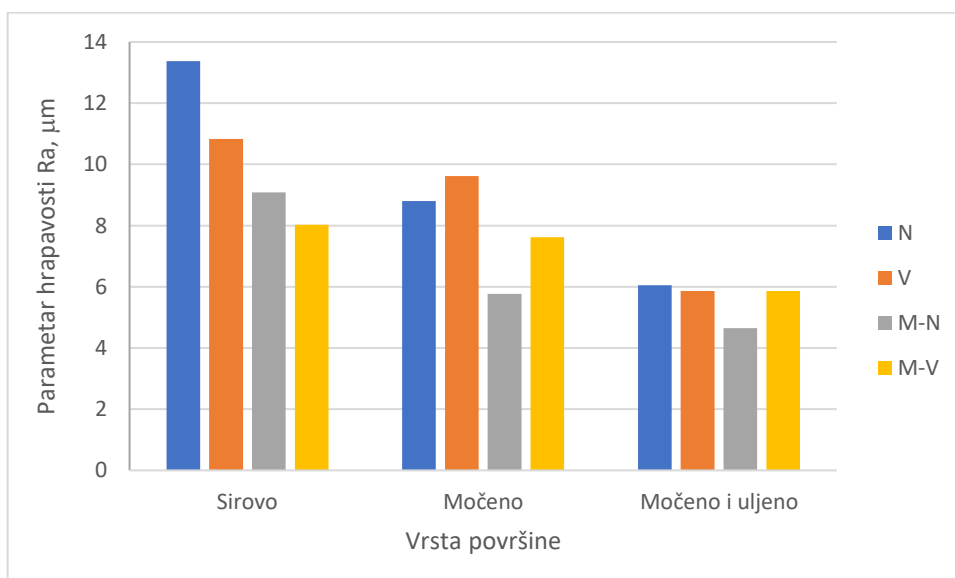


Slika 14. Vrijednosti parametra Ra na površini bukovine (N: otapalno močilo, V: vodeno močilo, M-N: otapalno močilo na navlaženoj površini, M-V: vodeno močilo na navlaženoj površini)

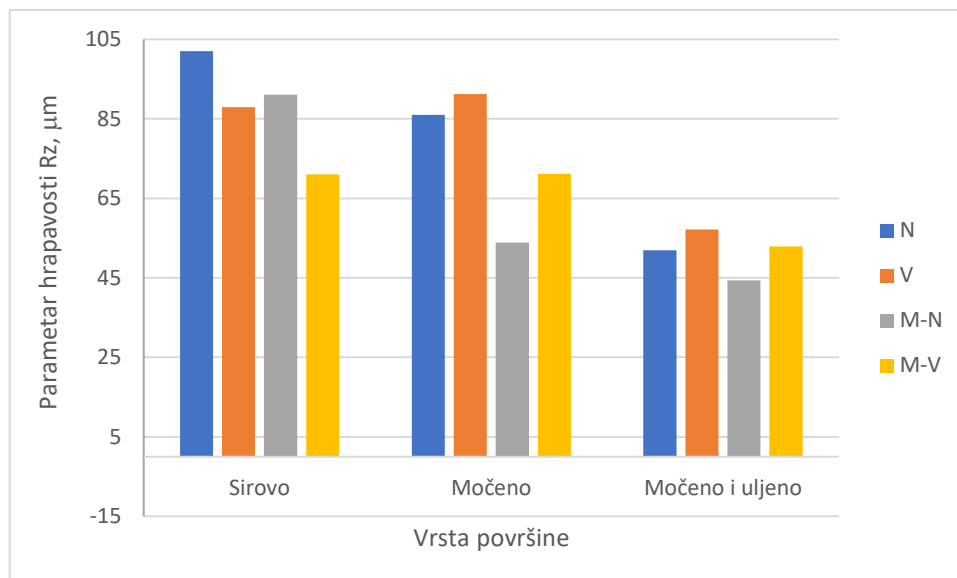


Slika 15. Vrijednosti parametra Rz na površini bukovine (N: otapalno močilo, V: vodeno močilo, M-N: otapalno močilo na navlaženoj površini, M-V: vodeno močilo na navlaženoj površini)

Za razliku od bukovine, vrijednost parametra Ra se smanjila na hrastovini nakon obrade otapalnim i vodenim močilom (slika 16). Nakon uljenja močene površine hrastovine, hrapavost se dodatno smanjila i ujednačila za sve uzorke zbog brušenja močene površine brusnim parom granulacije P280. Navlaživanjem se smanjila hrapavost sirove, močene te močene i uljene hrastovine. To smanjenje bilo je veće na otapalnim nego na vodenom močilu. Kao i kod bukovine, promjene dobivene za parametar Ra slične su promjenama za parametra Rz, samo su vrijednosti parametra Rz veće.



Slika 16. Vrijednosti parametra Ra na površini hrastovine (N: otapalno močilo, V: vodeno močilo, M-N: otapalno močilo na navlaženoj površini, M-V: vodeno močilo na navlaženoj površini)

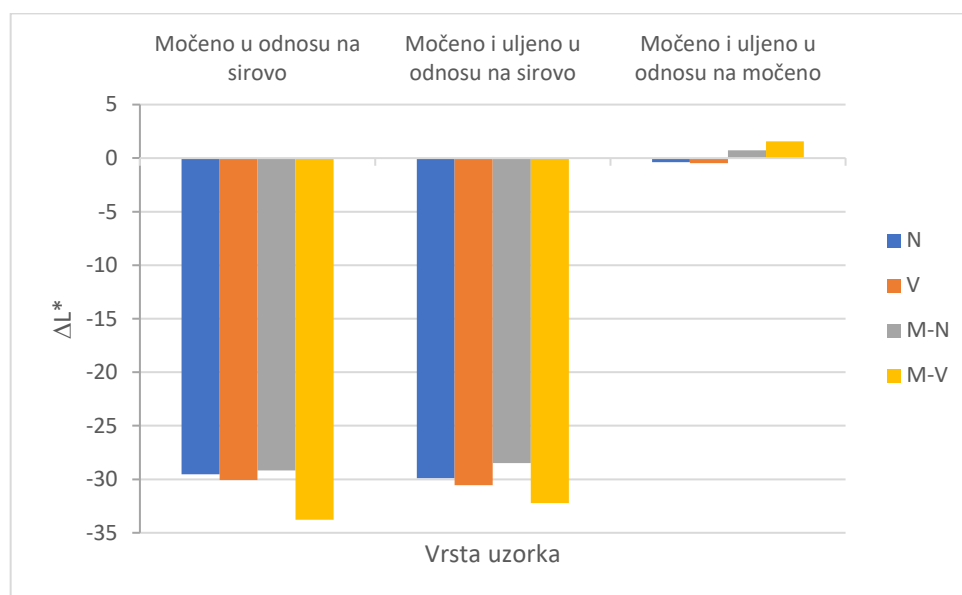


Slika 17. Vrijednosti parametra Rz na površini hrastovine (N: otapalno močilo, V: vodeno močilo, M-N: otapalno močilo na navlaženoj površini, M-V: vodeno močilo na navlaženoj površini)

Bez obzira na razliku u veličinama pora između bukovine i hrastovine rezultati su pokazali je priprema površine podjednako utjecala na hrapavost močene površine obje vrste drva.

### 4.3. Rezultati ispitivanja boje

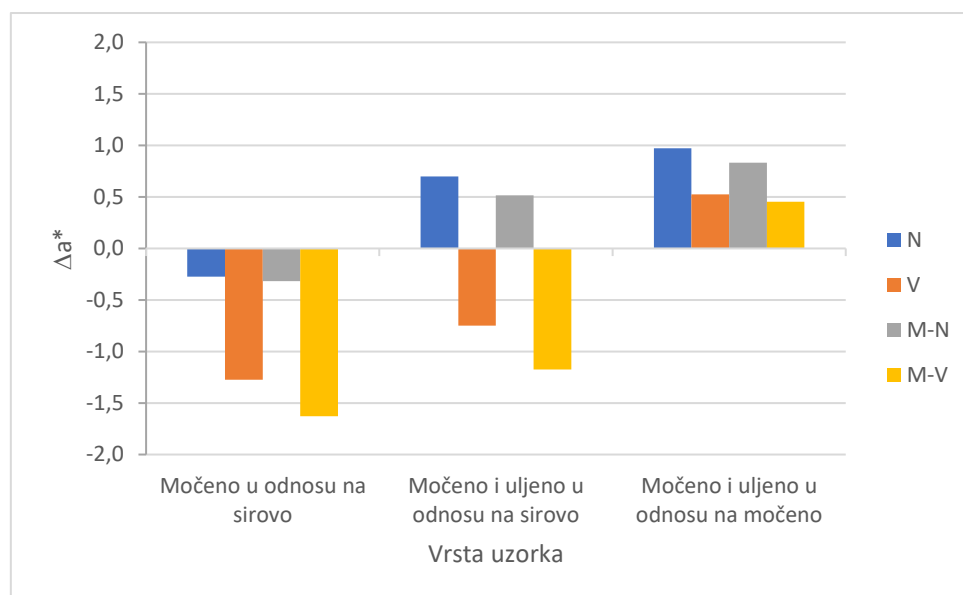
Rezultati promjene svjetline na bukovini pokazuju da je obrada močilima uzrokovala veću promjenu svjetline nego obrada uljem (slika 18). To je bilo i očekivano jer je ulje bilo transparentno, a močila su sadržavala pigmente. Navlaživanje površine povećalo je tamnjenje kod vodenog močila što može biti povezano s boljom penetracijom močila u drvo. Ulje je na navlaženim uzorcima blago posvijetlilo površinu, dok je na uzorcima bez navlaživanja zabilježeno blago tamnjenje površine.



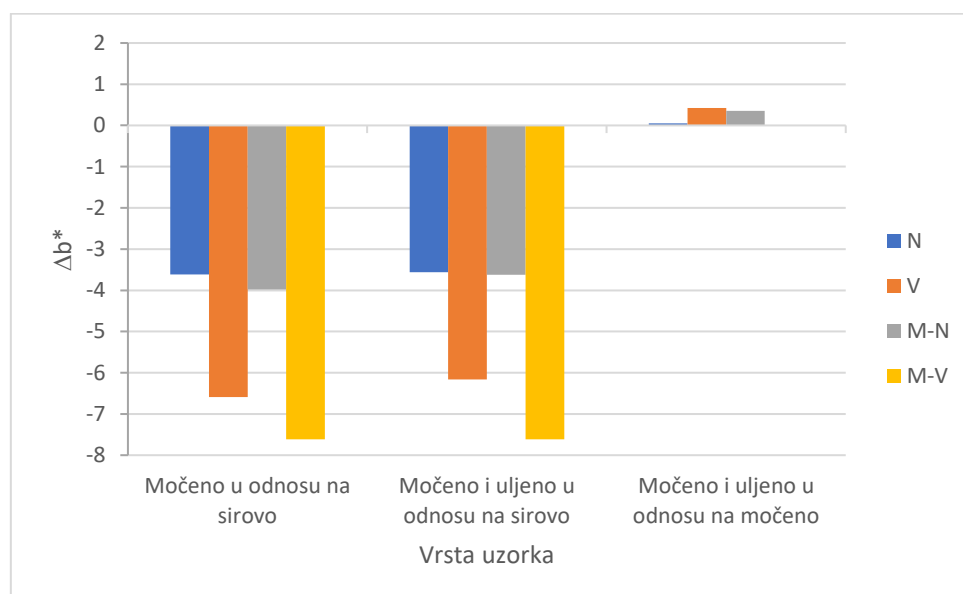
Slika 18. Promjena svjetline ( $\Delta L^*$ ) na uzorcima bukovine (N: otapalno močilo, V: vodeno močilo, M-N: otapalno močilo na navlaženoj površini, M-V: vodeno močilo na navlaženoj površini)

Obradom bukovine močilima povećao se udio zelenog tona, posebno s vodenim močilom (slika 19). Međutim, uljenjem površine povećao se udio crvenog tona, posebno na površinama obrađenima otapalnim močilom. Zbog te razlike između močene i uljene površine, na površinama obrađenima otapalnim močilima i uljem povećao se udio crvenog tona, a na površinama obrađenima vodenim močilom povećao se udio zelenog tona. Navlaživanje površine imalo je veći utjecaj na promjenu koordinate  $a^*$  kod vodenog močila nego kod otapalnog močila.

Obradom bukovine močilima povećao se udio plavog tona, posebno kod obrade vodenim močilom (slika 20). Samim navlaživanjem površine dodatno se povećao udio plavog tona kod vodenog močila, dok kod otapalnog močila navlaživanje nije utjecalo na promjenu koordinate  $b^*$  kod otapalnog močila. Ulje je blago povećalo udio žutog tona.

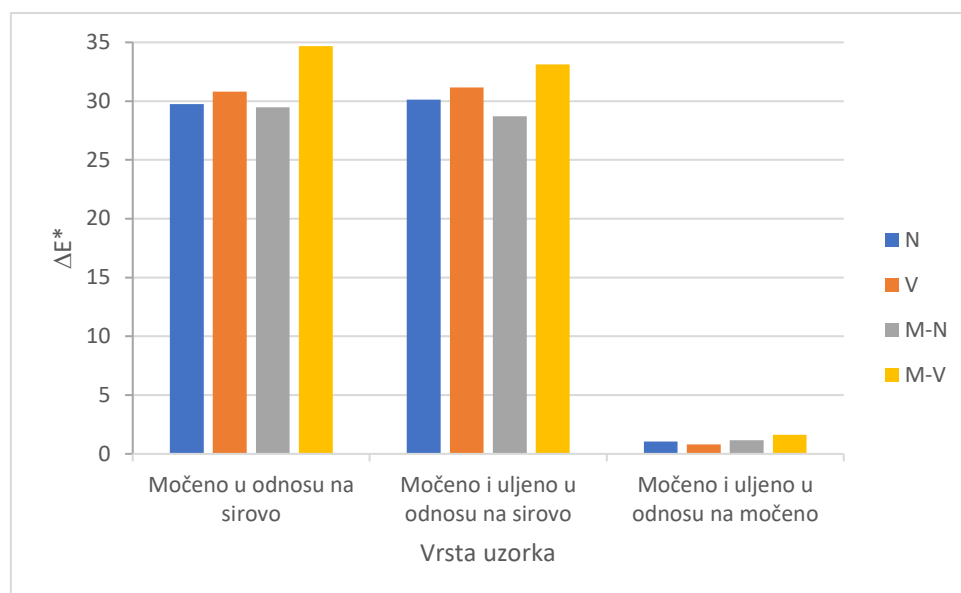


Slika 19. Promjena koordinate a\* na uzorcima bukovine (N: otapalno močilo, V: vodeno močilo, M-N: otapalno močilo na navlaženoj površini, M-V: vodeno močilo na navlaženoj površini)



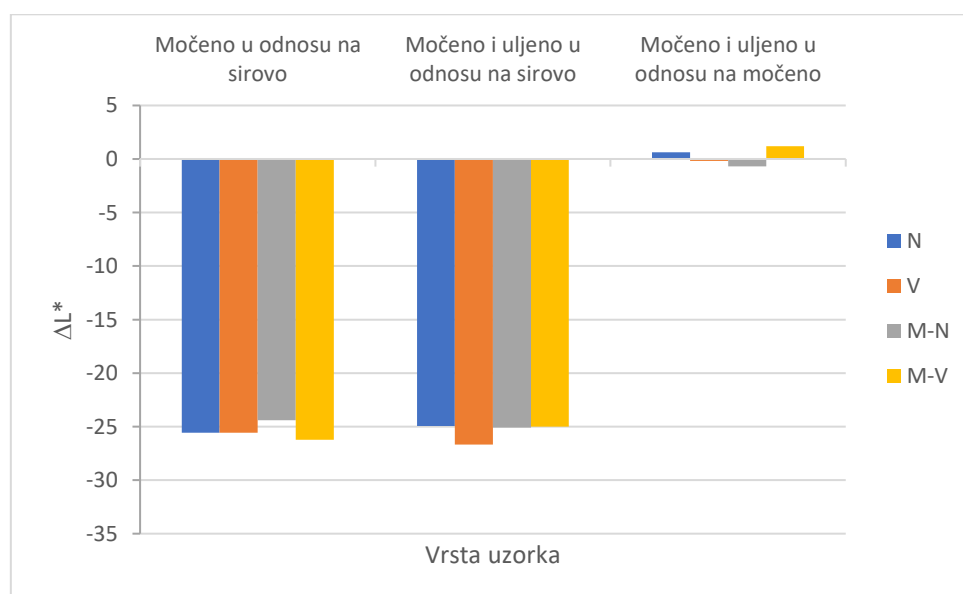
Slika 20. Promjena koordinate b\* na uzorcima bukovine (N: otapalno močilo, V: vodeno močilo, M-N: otapalno močilo na navlaženoj površini, M-V: vodeno močilo na navlaženoj površini)

Promjena bojena bukovini bila je najveća nakon obrade močilima, do je samo ulje jako malo pridonijelo ukupnoj promjeni boje (slika 21) zbog sadržaja pigmentata u močilima. Navlaživanje površine imalo je veći utjecaj na promjenu boje kod vodenog nego kod otapalnog močila. Kod vodenog močila navlaživanje površine povećalo je promjenu boje.



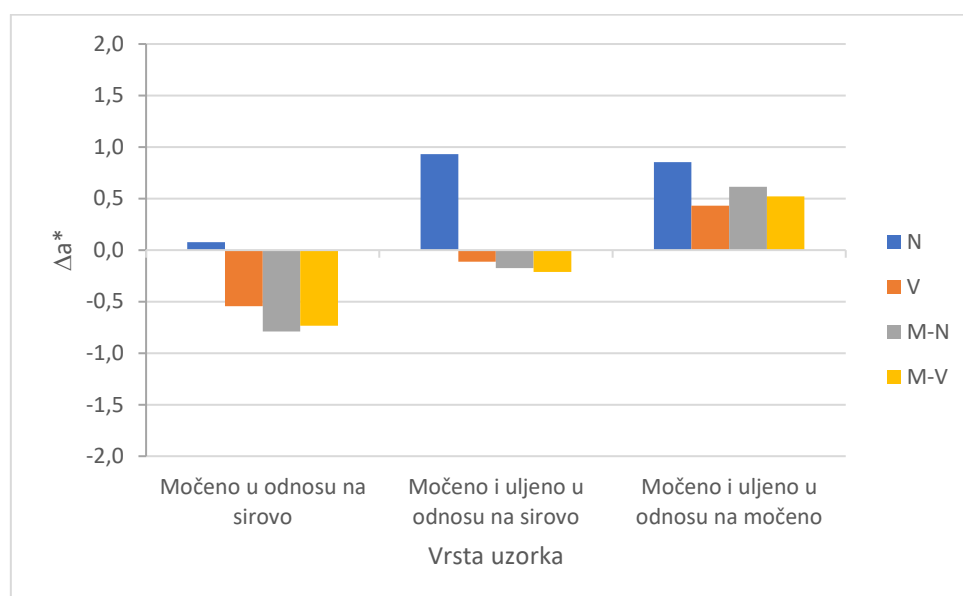
Slika 21. Promjena boje ( $\Delta E^*$ ) na uzorcima bukovine (N: otapalno močilo, V: vodeno močilo, M-N: otapalno močilo na navlaženoj površini, M-V: vodeno močilo na navlaženoj površini)

Na sljedećim slikama 22, 23, 24 i 25 objašnjeni su rezultati ispitivanja svjetline na uzorcima hrastovine. Prema rezultatima iz slike 22 vidljivo je kako je obrada močilima uzrokovala promjenu svjetline nego obrada uljem. Kao što je i kod bukovine objašnjeno, ulje je transparentno, pa se premazivanjem i dalje vidi sirova boja hrastovine. Pošto je hrastovina sama po sebi tamnije boje nego bukovina, pigmentiranim močilima prekrili smo njegovu teksturu. Navlaživanje površine vode povećalo je tamnjenje otapalnog močila što može biti razlog zbog bolje penetracije močila i otvorenih pora u drvo. Ulje je najbolje posvijetlilo površinu kvašenih uzoraka vodom kod vodenog močila, a potamnilo je uzorke otapalnih močila navlaženih vodom.



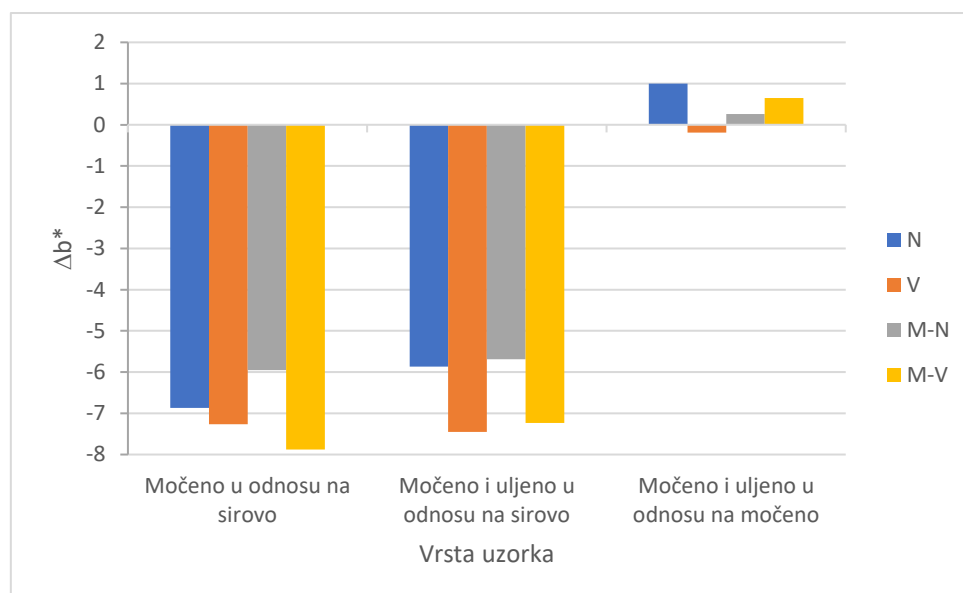
Slika 22. Promjena svjetline ( $\Delta L^*$ ) na uzorcima hrastovine (N: otapalno močilo, V: vodeno močilo, M-N: otapalno močilo na navlaženoj površini, M-V: vodeno močilo na navlaženoj površini)

Obradom hrastovine močilima povećao se udio zelenog tona, posebno kod vodenih močila ( slika 23). Međutim, uljanjem površine povećao se udio crvenog tona, posebno na površinama obrađenih otapalnim močilom. Zbog te razlike između močene i uljene površine, na površinama obrađenim otapalnim močilima i uljem povećao se udio crvenog tona, a na površinama obrađenim vodenim močilom, povećao se udio zelenog tona. Najveći utjecaj na promjenu koordinate  $a^*$  imale su one površine koje su navlažene vodom i obrađene vodenim močilom.

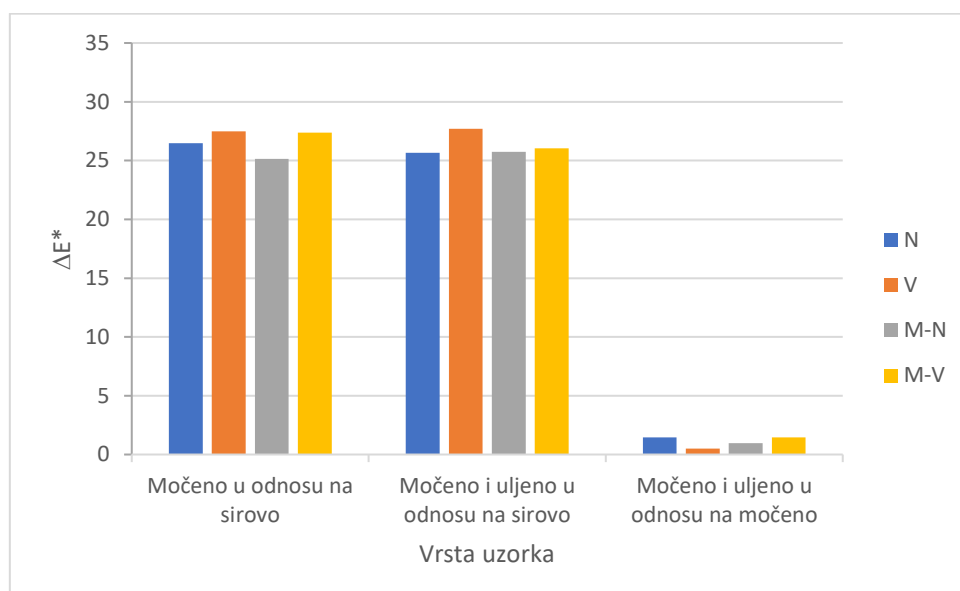


Slika 23. Promjena koordinate  $a^*$  na uzorcima hrastovine (N: otapalno močilo, V: vodeno močilo, M-N: otapalno močilo na navlaženoj površini, M-V: vodeno močilo na navlaženoj površini)

Iz slike 24 može se iščitati kako obradom hrastovine močilima, znatno se povećao udio plavog tona. Najveća vrijednost plavog tona iznosile su one površine koje su obrađene vodenim močilom. Navlaživanje je povećalo udio plavog tona kod vodenih močila, dok kod otapalnih močila nije voda toliko utjecala na promjenu koordinate  $b^*$ . Kod uljenih površina povećalo se žuti ton, posebice kod otapalnih močila.



Slika 24. Promjena koordinate b\* na uzorcima hrastovine (N: otapalno močilo, V: vodeno močilo, M-N: otapalno močilo na navlaženoj površini, M-V: vodeno močilo na navlaženoj površini)



Slika 25. Promjena boje ( $\Delta E^*$ ) na uzorcima hrastovine (N: otapalno močilo, V: vodeno močilo, M-N: otapalno močilo na navlaženoj površini, M-V: vodeno močilo na navlaženoj površini)

Iz slike 25 vidimo ukupnu promjenu boje na uzorcima hrastovine. Najveća promjena boje na uzorcima bila je nakon obrade močilima, a rezultat tome je što su obrađeni pigmentiranim bajcevima. Iz samog je grafa vidljivo kako je ulje malo pridonijelo ukupnoj promjeni boje. Rezultat promjene između močenih površina u odnosu na uljenu površinu je takav, zbog toga što smo nanosili transparentno ulje, odnosno u sastavu ulja nije bilo nikakvih pigmenta. Navlaživanje površine vodom imalo je veći utjecaj na promjenu boje kod vodenog, nego kod otapalnog močila. Isto tako možemo zaključiti kako je kod vodenog močila navlaživanje utjecalo na povećanje promjene boje.



#### 4.4. Rezultati ispitivanja sjaja

Tablica 1 prikazuje prosječne vrijednosti sjaja svih uzoraka izračunate za površinu nakon brušenja, nakon močenja te nakon močenja i uljenja. Vrijednosti sjaja sirovih uzoraka su ujednačene, bez većih promjena nakon navlaživanja i brušenja površine. Obradom površine uzoraka močilima povećale su se razlike u sjaju između uzoraka. Te razlike bile su izraženije na hrastovini nego na bukovini. To ukazuje na moguću nejednoliku penetraciju močila u hrastovinu. Iz dobivenih rezultata ne može se utvrditi kakav utjecaj ima navlaživanje površine na sjaja močene površine. Uljenjem i voštanjem površine povećao se sjaj, što je bilo i očekivano. Na bukovini je izmjeren najveći sjaj na navlaženoj površini obrađenoj otapalnim močilom, a na hrastovini na površini obrađenoj otapalnim močilom.

*Tablica 1. Srednje vrijednosti sjaja (JS) na sve tri površine. Sirovo - sjaj na površini uzoraka nakon brušenja, močeno - sjaj na močenoj površini, uljeno – sjaj na močenoj i uljenoj površini*

OZNAKA UZORKA	SIROVO	MOČENO	ULJENO
BU-N	3,48	3,92	15,78
BU-V	4,58	2,04	7,42
BU-M-V	3,88	1,9	8,72
BU-M-N	4,5	4,7	18,68
HR-N	4,34	4,28	14,6
HR-V	3,22	1,74	7,98
HR-M-N	4,62	5,34	14,32
HR-M-V	4,54	2,02	9,38

### 5. ZAKLJUČAK

U ovome radu provedeno je istraživanje o utjecaju brušenja na kvalitetu močenja površine drva, u kojem smo radili istraživanje na hrapavost, boju i sjaj uzoraka od hrastovine i bukovine.

U ovom radu, dokazano je kako vodom, iako su prethodno uzorci bili posušeni i pobrušeni, možemo povećati hrapavost samih uzoraka. Oni uzorci koji su prethodno bili pobrušeni, te kasnije vlaženi vodom, dovela je do uzdignuća vlakana, koje smo kasnije uklonili ponovnim brušenjem. Isto tako dokazali smo da voda u samom močilu može dovesti do uzdignuća vlakana, a da prijašnjim postupkom nismo uzorke kvasili vodom. Zbog toga možemo zaključiti da uzorke koje smo kvasili vodom imat će manju hrapavost od onih koji nisu kvašeni vodom. Važan čimbenik u određivanju hrapavosti ima i samo močilo. Prema rezultatima možemo zaključiti da najveću hrapavost imaju uzorci koji su močeni samo otapalnim ili vodenim močilom. Stoga u ovom radu veliki utjecaj na hrapavost imaju voda i sama močila.

Najveća promjena boje površine nakon brušenja bila je kod onih uzoraka, bili oni od hrastovine ili bukovine, koji su navlaženi vodom. Drugo istraživanje proveli smo radi promjene boje na močenoj + uljenoj površini u odnosu na sirovu površinu. Ti su rezultati isto tako pokazali da oni uzorci koji su obrađeni vodenim močilom ili navlaženi imali najveću promjenu u boji u odnosu na sirovu brušenu površinu. Isti takav rezultat smo dobili kod promjene boje na močenoj+uljenoj površini u odnosu samo na močenu površinu. Zbog toga možemo zaključiti da voda i močil imaju veliku ulogu u promjeni boje. Voda je tijekom navlaživanja hrastovine pridonijela promjeni boje na samoj brušenoj površini, pa stoga možemo zaključiti da i ona može pridonijeti promjeni boje hrastovine.

Sjaj se mjerio na tri površine, površina nakon brušenja, površina nakon bajcanja i površina nakon uljenja uzoraka. Kod istraživanja sjaja na površini nakon bajcanja, vidljivo je da su vrijednosti za uzorke bukovine i hrastovine gotovo i isti. Mogućnost veće vrijednosti sjaja može imati sama podloga, odnosno sama boja uzorka drva, ali isto tako, sjaj ovisi i o samom brušenju. Uzorci koji su bili navlaženi vodom imaju veći sjaj nego ostali, zbog toga jer su kasnijim brušenjem uklonjeni uzdignuti vlakanci. Sjaj nakon močenja, odnosno bajcanja, ovisno o vrsti uzoraka, ostao je isti. Najveću vrijednost sjaja su imali oni uzorci koji su bili kvašeni vodom i obrađeni otapalnim močilom, a kasnijim uljenjem sjaj se još više povećao. S toga možemo zaključiti da veliki utjecaj na sami sjaj ima voda, podloga ispod močila te močilo.

## 6. LITERATURA

1. Frgić, V. 2001: Materijali drvodjelske struke. Element, Zagreb
2. Jaić, M.; Živanović-Trbojević, R., 2000: Površinska obrada drveta. Zavod za grafičku tehniku TMF, Beograd.
3. Jirouš-Rajković, V. 2021a: Materijali za predobradu. Predavanje iz predmeta Površinska obrada drva. [https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/4986948/mod\\_resource/content/1/MATERIJALI%20ZA%20PREDOBRADU-brusila2016.pdf](https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/4986948/mod_resource/content/1/MATERIJALI%20ZA%20PREDOBRADU-brusila2016.pdf) (Pristupljeno: 23.8.2022.)
4. Jirouš-Rajković, V. 2021b: Materijali za močenje (bajcanje) drva. Predavanje iz predmeta Površinska obrada drva. <https://moodle.srce.hr/2020-2021/course/view.php?id=75646> (Pristupljeno: 25.8.2022.)
5. Jirouš-Rajković, V. 2021c: Prirodni materijali u površinskoj obradi drva. Predavanje iz predmeta Površinska obrada drva. <https://moodle.srce.hr/2020-2021/course/view.php?id=75646> (Pristupljeno: 26.8.2022.)
6. Kirić. M., 2021: Obrada površine drva uljima i voskovima. Završni rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb.
7. Ljuljka, B. 1990: Površinska obrada drva. Šumarski fakultet, Zagreb
8. Smolčić-Žerdik, Z. 1960: Površinska obrada drveta: kratki priručnik za stručne tečajeve. Institut za drvno-industrijska istraživanja, Zagreb
9. \*\*\*[https://www.predev.com/pdf/files/surface\\_roughness\\_terminology\\_and\\_parameters.pdf](https://www.predev.com/pdf/files/surface_roughness_terminology_and_parameters.pdf) (Pristupljeno: 26.8.2022.)
10. \*\*\*Struna - Hrvatsko strukovno nazivlje, <http://struna.ihjj.hr/naziv/blistica/36750/#naziv>; <http://struna.ihjj.hr/naziv/bocnica/36755/#naziv> (Pristupljeno: 26.8.2022.)