

# Svojstva površine drva obrađenog uljima

---

**Matušin, Ivan**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:541343>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-08**



*Repository / Repozitorij:*

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



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

**IVAN MATUŠIN**

**SVOJSTVA POVRŠINE DRVA OBRAĐENOG ULJIMA**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2016.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**  
**DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**SVOJSTVA POVRŠINE DRVA OBRAĐENOG ULJIMA**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Drvnotehnološki procesi

Predmet: Tehnološki procesi površinske obrade drva

Ispitno povjerenstvo:           1. prof. dr. sc. Vlatka Jirouš – Rajković  
  2. doc. dr. sc. Marin Hasan  
  3. dr. sc. Josip Miklečić

Student: Ivan Matušin

JMBAG: 0068212830

Broj indeksa: 586/2014

Datum odobrenja teme: 22.03.2016.

Datum predaje rada: 22.08.2016.

Datum obrane rada: 23.09.2016.

**Zagreb, rujan, 2016.**

---

## Dokumentacijska kartica

---

Naslov	Svojstva površine drva obrađenog uljima
Title	Properties of wood surface finished with oils
Autor	Ivan Matušin
Adresa autora	Planina Donja, Planinska 25, 10362 Kašina, Hrvatska
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	prof. dr. sc. Vlatka Jirouš – Rajković
Izradu rada pomogao	dr. sc. Josip Miklečić
Godina objave	2016
Obujam	71 stranica, 8 tablica, 39 slika i 31 navod literature
Ključne riječi	Svojstva površine drva, ulja, žućenje, dubina penetracije, promjena boje, hladne tekućine, toplina, Biofa, Habiol, Helios, Hesse Lignal OB, Hesse Lignal OE, Leinos, Proterra, Remmers
Key words	Properties of wood surface, oils, penetration depth, discoloration, cold liquids, heat, Biofa, Habiol, Helios, Hesse Lignal OB, Hesse Lignal OE, Leinos, Proterra, Remmers
Sažetak	<p>U ovom su se istraživanju ispitivala svojstva površine drva obrađenog različitim vrstama ulja. Ulja su premazi koji zbog povećanja ekološke svijesti imaju sve veću primjenu u površinskoj obradi, a ujedno i naglašavaju prirodni izgled drva. U istraživanju su korišteni uzorci hrastovine, bukovine i trešnjevine. Na površinski obrađenim uzorcima ispitano je vrijeme sušenja ulja, žućenje, tvrdoća površine po Brinellu, otpornost prema hladnim tekućinama i toplini, dubina penetracije ulja i boja uljene površine drva.</p> <p>Properties of wood surface finished with different types of oil will be examined in this research. Oils are coatings that due to the increasing environmental awareness have been increasingly used in surface treatment, and oils also emphasize the natural look of wood. The samples of oak wood, beech wood and cherry wood are used in this study. The drying time of oils, yellowing resistance, Brinell hardness, resistance to cold liquids and heat, penetration depth of oils and color were measured on oil-treated wood samples.</p>

---

## PREDGOVOR

S obzirom da je drvo prirodan materijal i da je nakon mehaničke obrade podložno biotskoj i abiotskoj razgradnji, potrebno ga je prema području upotrebe zaštititi adekvatnim zaštitnim sredstvom koje u što manjoj mjeri onečišćuje okoliš i životni prostor čovjeka.

Bilo da se radi o namještaju, drvenim podnim oblogama ili pak drvenim dječjim igračkama, zbog svoje netoksičnosti, vodoodbojnosti, jednostavnog nanošenja i efekta „žive“ teksture, ulja predstavljaju optimalan izbor za površinsku obradu drva u interijeru.

Istraživanja su provedena u Zavodu za namještaj i drvene proizvode te u Laboratoriju za drvo u graditeljstvu na Šumarskom fakultetu u Zagrebu.

Tema istraživanja predložena je i potvrđena od strane mentorice prof. dr. sc. Vlatke Jirouš-Rajković.

Ovim putem bih se htio zahvaliti mentorici **prof. dr. sc. Vlatki Jirouš-Rajković** koja je imala strpljenja, vremena i volje da se napravi ovaj rad te asistentu **dr. sc. Josipu Miklečiću** koji je uvelike pomogao u izradi ovoga rada.

Također bih se htio zahvaliti cijeloj svojoj obitelji i bliskim prijateljima na ukazanoj vjeri, strpljenju i potpori od početka pa do kraja fakultetskog obrazovanja.

**Ivan Matušin**

## SADRŽAJ:

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Zašto je potrebno površinski obraditi drvo?</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Osnovni kemijski sastav trigliceridnih ulja</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Vrste i podjela ulja</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4 Najčešća prirodna ulja u površinskoj obradi drva</b> .....	<b>5</b>
<b>1.4.1 Laneno ulje</b> .....	<b>5</b>
<b>1.4.2 Prethodno polimerizirana ili štand ulja</b> .....	<b>6</b>
<b>1.4.3 Tungovo (drveno) ulje</b> .....	<b>6</b>
<b>1.4.4 Tikovo ulje</b> .....	<b>7</b>
<b>1.4.5 Konopljino ulje</b> .....	<b>8</b>
<b>1.4.6 Orahovo ulje</b> .....	<b>8</b>
<b>1.4.7 Makovo ulje</b> .....	<b>8</b>
<b>1.4.8 Jojoba ulje</b> .....	<b>8</b>
<b>1.5 Dodaci uljima</b> .....	<b>9</b>
<b>1.5.1 Veziva</b> .....	<b>9</b>
<b>1.5.2 Otapala</b> .....	<b>9</b>
<b>1.5.3 Sikativi</b> .....	<b>10</b>
<b>1.6 Sušenje ulja</b> .....	<b>11</b>
<b>1.7 Žućenje ulja</b> .....	<b>11</b>
<b>1.8 Voskovi</b> .....	<b>12</b>
<b>1.9 Površinska obrada uljima</b> .....	<b>13</b>
<b>1.10 Primjena ulja pri višim temperaturama</b> .....	<b>14</b>
<b>1.10.1 Zagrijavanje ulja</b> .....	<b>14</b>
<b>1.11 Opasnost od samozapaljenja</b> .....	<b>14</b>
<b>1.12 Upotreba pigmentiranih ulja</b> .....	<b>14</b>
<b>1.13 Kompatibilnost različitih ulja međusobno i s drugim premazima</b> .....	<b>15</b>
<b>1.14 Proces obrade površine uljima</b> .....	<b>15</b>
<b>1.14.1 Brušenje i priprema površine</b> .....	<b>15</b>
<b>1.14.2 Postupci nanošenja ulja</b> .....	<b>16</b>
<b>1.14.3 Brisanje (uklanjanje) viška ulja</b> .....	<b>17</b>
<b>1.14.4 Međubrušenje</b> .....	<b>17</b>
<b>1.14.5 Ponovni nanos ulja</b> .....	<b>18</b>
<b>1.14.6 Vrijeme sušenja</b> .....	<b>18</b>
<b>1.14.7 Zbrinjavanje ostatka ulja</b> .....	<b>18</b>
<b>1.15 Nanošenje voskova</b> .....	<b>18</b>

1.16	Prednosti i nedostaci površina obrađenih uljima i voskovima te njihovo čišćenje i održavanje .....	19
2.	CILJ ISTRAŽIVANJA.....	21
3.	MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA .....	22
3.1	OPIS ULJA .....	23
3.1.1	BIOFA Arbeitsplattenöl lösemittelfrei Art. Nr. 2052 .....	23
3.1.2	HABiol UV .....	25
3.1.3	Helios Bio impregmol ABL i HOW .....	26
3.1.4	Hesse Hartwachs-Öl OB 5281x(Glanzgrad)-(Farbton) .....	27
3.1.5	Hesse Hartwachs-ÖL OE 5281x(Glanzgrad)-2001 .....	28
3.1.6	Leinos Naturfarben Hartwachsöl 290 .....	30
3.1.7	Protterra Cerol GE 12006.....	31
3.1.8	HWS-112-Hartwachs Siegel .....	32
3.2	Metoda procjene otpornosti površine prema toplini bez vlage .....	34
3.3	Metoda procjene otpornosti površine prema toplini s vlagom.....	36
3.4	Metoda procjene otpornosti površine prema hladnim tekućinama.....	37
3.5	Metoda mjerenja boje .....	39
3.6	Metoda ispitivanja tvrdoće površine po Brinellu .....	42
3.7	Metoda određivanja vremena sušenja, otvrdnjavanja ili formiranja filma organskih premaza pri sobnoj temperaturi.....	43
3.8	Određivanje penetracije ulja u drvo.....	44
3.9	Izlaganje uzoraka u QUV uređaju.....	45
4.	DISKUSIJA I REZULTATI .....	47
4.1	Procjena otpornosti površine prema toplini bez vlage i s vlagom.....	47
4.2	Procjena otpornosti površine prema hladnim tekućinama .....	48
4.3	Promjena boje nakon uljenja .....	51
4.4	Promjena boje nakon tjedan dana izlaganja .....	56
4.5	Tvrdoća površine po Brinellu.....	61
4.6	Rezultati mjerenja penetracije ulja u drvo .....	62
4.7	Rezultati određivanja vremena sušenja, otvrdnjavanja ili formiranja filma organskih premaza pri sobnoj temperaturi.....	65
4.8	Zbirni rezultati.....	65
5.	ZAKLJUČAK.....	68
6.	LITERATURA .....	69

## 1. UVOD

Drvena industrija je danas suočena s velikim povećanjem svijesti za očuvanjem okoliša što pridonosi otkrivanju novih sustava ekološki prihvatljivih premaza ili vraćanju starim sustavima površinske obrade drva koji su provjereno ekološki prihvatljivi. Glede novijih sustava premaza prvenstveno se mogu istaknuti vodeni premazi koji sadrže vodu kao otapalo, a što se tiče starih sustava premaza, najbolji primjer su ulja i voskovi. U želji da se što više zaštiti okoliš, u postrojenja drvene industrije se ugrađuju razni sustavi za pročišćavanje otpada nastalog pri površinskoj obradi drva koja je veliki zagađivač okoliša. Isto tako, vlade potiču upotrebu vodenih premaza kako bi se smanjila upotreba raznih drugih premaza koji u sebi sadrže sintetička otapala koja isparavaju sušenjem te odlaze u atmosferu i sudjeluju u tvorbi stakleničkih plinova. Koristeći premaze koji sadrže sintetička otapala nastaje i problem pri čišćenju opreme, stoga su i sredstva za pranje pribora i opreme štetna te se moraju zbrinuti na odgovarajući način. Ukoliko se slični problemi žele izbjeći u drvenoj industriji, vrlo dobar način je upotreba prirodnih biljnih ulja za površinsku obradu drva koja su ekološki najprihvatljiviji izbor, jednostavno se nanose, oživljuju površinu drva, otvrdnjavaju oksidacijom, oprema se lako čisti i ne nastaje većina grešaka koje se mogu pojaviti pri nanošenju i sušenju raznih drugih premaza.

Prirodni materijali poput ulja i voskova ili njihovih kombinacija sve se više traže za površinsku obradu masivnog namještaja zbog sve veće osvještenosti o potrebi zaštite čovjekova okoliša, te trenda „vraćanja prirodi“ i života u „skladu s prirodom. Zagovornici ovakvog načina obrade ističu da bi prirodan materijal kao što je drvo trebalo obrađivati prirodnim uljima i voskovima koji daju površine prirodnog, „mekog“ izgleda i otvorenih pora što pozitivno utječe na klimu u prostoriji s obzirom da tako obrađeno drvo može upijati i otpuštati vodenu paru iz zraka. Veliku prednost obrade uljima nad sintetičkim lakovima koji na površini tvore umjetan tvrdi film koji zatvara površinu i onemogućuje „disanje“ je mogućnost parcijalnog saniranja oštećenja, koje korisnici mogu obaviti sami i bez velikog troška. Drvo obrađeno na ovaj način djeluje prirodno i toplo. Obrada uljima i voskovima nije nikakva nova tehnologija. Prirodni materijali upotrebljavaju se za zaštitu i ukrašavanje drva već nekoliko tisuća godina, dok je iskustvo rada sa sintetičkim proizvodima staro tek stotinjak godina (Jirouš-Rajković, 2006).

Često se događa da se premazi koji sadrže samo jedan prirodni sastojak proglašavaju prirodnima i ekološki prihvatljivima. Površinska obrada drva može biti ekološki prihvatljiva ukoliko sastojci tih sredstava ne utječu na čovjeka, ne očišćuju okoliš organskim otapalima i drugim tvarima i potječu od prirodnih materijala. Europljani provedu u unutarnjem prostoru čak 90% života stoga na zdravlje mogu utjecati već i male koncentracije toksičnih tvari. U sektoru gradnje drvom pokušava se uvesti europska oznaka kvalitete „*natureplus*“ za proizvode koji su usklađeni s ekološkim propisima, koji su za zdravlje snošljivi i funkcionalni. U predloženim smjernicama ulja i voskovi koji žele znak kvalitete „*natureplus*“ moraju sadržavati 99% obnovljivih ili mineralnih sirovina, sadržaj otapala ne smije premašiti 0,5%, nisu dozvoljena sintetička sredstva za konzerviranje, a svaki proizvod podliježe ispitivanjima na organske spojeve, teške metale, amine, biocide i formaldehid. Smjernice za ulja i voskove detaljno propisuju podjelu proizvoda prema namjeni (izloženosti opterećenjima, odnosno trošenju) u tri klase i za svaku propisuju kemijsku otpornost, protukliznost i otpornost na prljanje, a svaki proizvod mora u deklaraciji imati navedene sve sastojke (Jirouš-Rajković, 2006).



## 1.1 Zašto je potrebno površinski obraditi drvo?

Površinska obrada drva može se definirati kao zaštita namještaja i dekoracija elemenata proizvedenih od drva te stvaranje zaštitnog sloja koji će zadržati i poboljšati estetsku vrijednost tih elemenata. Postoje tri važna razloga zbog kojih se drvo površinski obrađuje uključujući čišćenje, zaštitu i stabilizaciju te dekoraciju drva (Teryaki i sur., 2013).

Drvo sadrži bezbroj pora različitih dimenzija te je stoga porozan materijal. Te pore mogu akumulirati prljavštinu i prašinu iz zraka. Prljavo drvo nije atraktivno te može biti po zdravlje opasno jer se stvaraju uvjeti za razvoj bakterija. Razni premazi za površinsku obradu drva zatvaraju poroznu površinu te ju je stoga teže zaprljati i lakše očistiti (Teryaki i sur., 2013).

Pod zaštitom drva podrazumijeva se smanjenje utjecaja raznih čimbenika na drveni materijal. Ti čimbenici mogu biti mehanički (trenje, habanje, raspucavanje), fizički (prašina i prljavština), kemijski (kiseline, lužine i slične kemijske tvari), svjetlost (kratkovalno sunčevo zračenje i UV zračenje), biološki (gljivice, mikroorganizmi i insekti) i atmosferski (voda, vjetar i temperatura). Osim što je porozan materijal, drvo je i higroskopian materijal što znači da bubri i uteže se ovisno o promjeni vlažnosti zraka u okolini. Dimenzijske promjene ne odvijaju se ujednačeno u drvu. Površina drvenog elementa reagira na promjene uvjeta brže nego unutrašnjost elementa. Također, drvo više bubri i uteže u širinu i debljinu nego u duljinu. Takve promjene dimenzija uzrokuju mnogo naprezanja u drvu i u spojevima koji spajaju elemente drva zajedno. Uslijed bubrenja i utezanja može doći do nastanka sitnih ili većih pukotina te slabljenja spojeva. Premazi za površinsku obradu drva usporavaju „rad“ drva te se time smanjuju naprezanja i drvo je dimenzijski stabilnije (Teryaki i sur., 2013).

Drvo je nezamjenjiv materijal u uređenju interijera i eksterijera još od pretpovijesnih vremena. Estetski je drvo mnogo ugodnije u usporedbi s drugim materijalima. Željena boja, sjaj i zadovoljenje dizajnerskih ideja u proizvodnji namještaja može se ostvariti kvalitetnom površinskom obradom. Ukratko, površinska obrada drva je izuzetno važna za povećanje estetske vrijednosti drvenim proizvoda (Teryaki i sur., 2013).

## 1.2 Osnovni kemijski sastav trigliceridnih ulja

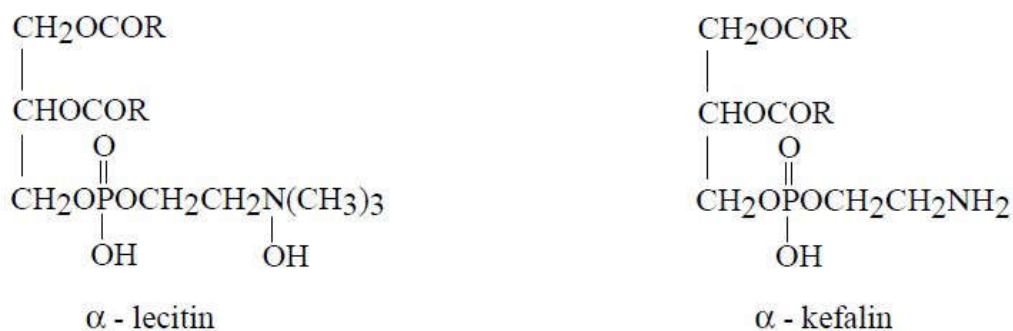
„Biljna i životinjska ulja i masti sastoje se pretežno od triglicerida, tj. estera masnih kiselina s trovalentnim alkoholom glicerolom. To su u prvom redu tekući gliceridi obično biljnog porijekla kod kojih prevladavaju nezasićene masne kiseline koje se najčešće sastoje od 18 atoma ugljika, kao primjerice oleinska kiselina (jedna dvostruka veza), linolna kiselina (dvije dvostruke veze) i linolenska kiselina (tri dvostruke veze). Što su kiseline više nezasićene, odnosno što je više dvostrukih kovalentnih veza, ulja će brže sušiti. Ulje kod kojeg su dvostruke veze konjugirane, brže suši i u manjoj je mjeri sklono žutilu. Tako tungovo ulje ima konjugirane dvostruke veze, dok laneno ulje ima ne konjugirane. U prirodnim uljima su u većini zastupljeni mješoviti trigliceridi. Uz spomenute trigliceride, ulja sadrže manje količine negliceridnih komponenata. Trigliceridi mogu biti jednostavni ili mješoviti (slika 1), ovisno o tome jesu li sve tri masne kiseline u molekuli jednake ili različite“ (Perinović-Jozić, 2003).



Slika 1- Kemijska struktura jednostavnih i mješovitih triglicerida (Perinović-Jozić, 2003).

„Svojstva ulja određena su sastavom triglicerida, odnosno vrstom esterski vezanih masnih kiselina. Sve masne kiseline posjeduju paran broj C-atoma. Mogu biti zasićene i nezasićene. Od nezasićenih masnih kiselina u prirodnim uljima i mastima prisutne su kiseline s jednom, dvije, tri ili više dvostrukih veza, te kiseline s jednom trostrukom nezasićenom vezom. U trigliceridima mogu biti također esterski vezane i izo-kiseline, oksimasne kiseline, ketokiseline i cikličke kiseline. Nezasićene masne kiseline su vrlo reaktivne, naročito one s konjugiranim dvostrukim vezama, te se lako oksidiraju pod utjecajem kisika iz zraka. Posljedica tih lančanih reakcija nastajanja i raspada peroksida pod katalitičkim utjecajem svjetla, temperature i spojeva koji stvaraju slobodne radikale (ioni prijelaznih metala) je starenje ili ranjetljivost ulja. Autooksidacija masnih kiselina može teći i u smislu nastajanja polimerizacijskih produkata na čemu se osniva praktična primjena nekih ulja kao veziva u premaznim sredstvima i kao modifikatora alkidnih smola“ (Perinović-Jozić, 2003).

„Među negliceridnim sastojcima ulja, najvažniji su fosfatidi (lecitini i kefalini), (slika 2), odnosno spojevi kod kojih se na jednoj hidroksilnoj skupini glicerola preko esterski vezane fosforne kiseline nalazi kolin tj. kolamin“ (Perinović-Jozić, 2003).



Slika 2 - Kemijska struktura negliceridnih sastojaka (Perinović-Jozić, 2003).

„Ostale bitnije komponente ulja su: steroli (ciklički alkoholi složene strukture), ugljikovodici, alifatski alkoholi (cetilni i miricilni), pigmenti tj. komponente koje daju boju uljima (mogu biti prirodnog porijekla kao karotini, klorofil) ili produkti razgradnje proteina i ugljikohidrata koji nastaju tijekom postupaka oplemenjivanja ulja, nosioci mirisa i okusa (aldehidi, ketoni, alkoholi, esteri) i vitamini koji u biljnim uljima osim biološke aktivnosti imaju antioksidacijska svojstva, kao što su vitamin E i tokoferol“ (Perinović-Jozić, 2003).

Tablica 1.- Fizikalno-kemijske značajke ulja primjenjivih u površinskoj obradi drva (Perinović-Jozić, 2003).

Naziv ulja	Spec. masa (15°C)	Ledište (0°C)	Indeks loma (20°C)	Broj Osapunjenja	Kiselinski broj	Jodni broj
<b>Laneno</b>	0,930 - 0,935	-16 do -27	1,479 - 1,484	187 - 197	1,0 - 3,5	169 - 192
<b>Tungovo</b>	0,935 - 0,945	2 do 3* -18 do -27**	1,517 - 1,526	188 - 197	2	147 - 242
<b>Makovo</b>	0,923 - 0,926	-15 do -20	1,475 - 1,478	189 - 198	2,5	131 - 143
<b>Konopljino</b>	0,924 - 0,932	-15 do -27,5	1,479	190 - 194	≈ 0,5	150 - 167

Tungovo ulje - ledište: \* - za svježe ulje; \*\* - za staro ulje

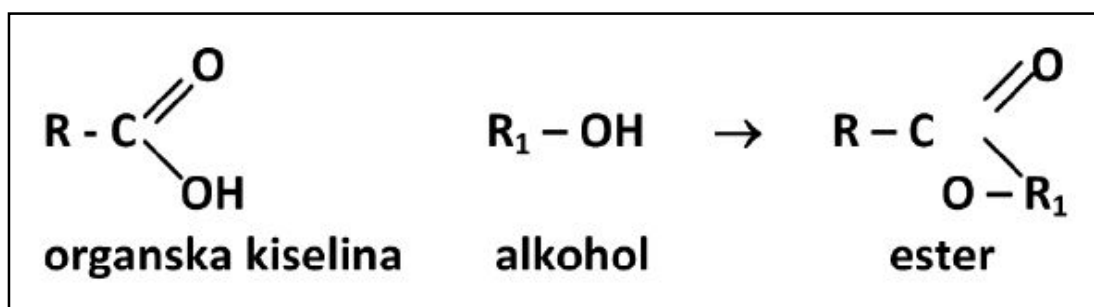
### 1.3 Vrste i podjela ulja

Prema porijeklu ulja dijelimo na:

#### I. Trigliceride biljnog porijekla (vegetabilna, esteri)

1. Sušiva (jodni broj veći od 150) – laneno, tungovo, suncokretovo, konopljino
2. Polusušiva (jodni broj 100 – 150) – kukuruzno, pamukovo
3. Nesušiva (jodni broj 75 – 100) – ricinusovo, maslinovo

„Jodni broj označava broj grama joda koji se adira na dvostruke veze u 100 g ulja. Veći jodni broj ukazuje na prisustvo više nezasićenih kiselina. Biljna ulja su esteri viših masnih kiselina i trihidroksi alkohola-glicerola (slika 3), a dobivaju se prešanjem ili ekstrakcijom iz sjemenki, plodova ili lišća biljaka“ (Perinović-Jozić, 2003).



Slika 3 - Kemijska formula biljnih ulja (Perinović-Jozić, 2003).

„Sušiva i polusušiva ulja suše oksipolimerizacijom, što se može ubrzati sikativima. U sušivim uljima prevladava linolenska kiselina, polusušiva sadrže pretežito linolnu i oleinsku kiselinu, a nesušiva ulja sadrže pretežito oleinsku kiselinu. Čista biljna ulja su gotovo bez mirisa i okusa, otapaju se u organskim otapalima i ne miješaju se s vodom. U industriji se najčešće upotrebljava laneno i tungovo ulje“ (Perinović-Jozić, 2003).

## II. Trigliceride životinjskog porijekla (animalna, eterična)

1. Ulja kopnenih životinja (ulja papaka)
2. Ulja morskih životinja (jetrena ulja) – uglavnom riblje ulje, jer je otpornije na toplinu.

## III. Trigliceride mineralnog porijekla

To su uljevite tekućine sastavljene uglavnom od ugljikovodika, a dobivaju se kao produkti destilacije nafte, ugljena i katrana.

## IV. Trigliceride umjetnog porijekla (sintetička)

Sintetička ulja se dobivaju procesom kemijskih sinteza.

### 1.4 Najčešća prirodna ulja u površinskoj obradi drva

Potrošači su više orijentirani prema prirodnim uljima, koja su privlačnija svojim izgledom kao i na dodir. S obzirom na to da ne stvaraju uobičajen film na površini (kao lakovi) ostavljaju drvu mogućnost lakše promjene sadržaja vode i difuzije, pa se često kaže da drvo može "disati". Slijedi nešto detaljniji opis najčešće korištenih ulja za površinsku obradu drva:

#### 1.4.1 Laneno ulje

Jedno je od najstarijih i najpoznatijih sredstava za površinsku obradu drva. Dobiva se prešanjem ili ekstrakcijom iz zrelih sjemenaka lana (slika 4).



Slika 4 – Prikaz lanenih koštica i sirovog lanenog ulja  
(<http://linseed-oil.com/wp-content/uploads/2016/07/use-of-linseed-oil.jpg>)

Sirovo laneno ulje je neučinkovito sredstvo za površinsku obradu jer je za sušenje i otvrdnjavanje potrebno i nekoliko dana (140 sati) te se zbog toga najčešće modificira. Proces sušenja je nešto brži ako se ulje nanosi na površinu u tanjim slojevima, a moguće ga je ubrzati i dodavanjem sikativa (kobalt, magnezij i cink). S dodatcima za ubrzanje sušenja (sikativima), ulje koje se koristi za impregnaciju drva prije lakiranja alkidnim ili uljenim bojama naziva se *firnis*. Za bolju penetraciju razrjeđuje se tzv. lak-benzinom (frakcija destilacije nafte s vrelištem od 130

do 190 °C). Za ubrzanje sušenja katkad se dio lanenoga zamijeni drvnim (tungovim) uljem. Dodatkom fungicida postiže se otpornost na djelovanje gljivica i plijesni. Osnovni mu je nedostatak sporo sušenje; površina ostaje ljepljiva i nekoliko dana, pa su ga iz uporabe gotovo potpuno istisnule impregnacije na bazi sintetskih smola. Ubraja se u sušiva ulja te je dostupno sirovo, kuhano, polimerizirano (preoksidirano), izbijeljeno ili s dodatkom sikativa. Kuhanje ulja mijenja njegova svojstva sušenja. Kuhano laneno ulje nije zapravo kuhano, već se tako naziva zbog bržeg sušenja i otvrdnjavanja koje je postignuto dodavanjem kobalta, magnezija ili cinka. Na kvalitetu utječe način na koji je dobiveno. Ulje koje je dobiveno toplim prešanjem je tamnije i slabije kvalitete u odnosu na hladno prešano ulje kojeg se dobije manje (Petrič, 2006).

#### 1.4.2 Prethodno polimerizirana ili štand ulja

„Sušiva ulja mogu se obraditi u tvar u kojoj trigliceridi djelomično polimeriziraju prije same uporabe ulja. Stoga je proizvod viskozniji od sirovog ulja. Priroda reakcije ovisi o tome vrši li se obrada uz prisutnost ili odsutnost zraka. U procesu uz prisutnost zraka, reakcije se odvijaju slično reakcijama u toku procesa sušenja. U procesu bez prisutnosti zraka odvijaju se drugačiji procesi poput Diel-Adler reakcije u kojoj nastaje cikloalken reakcijom između konjugiranog diena i spoja s dvostrukom vezom (dienofil). Kako bi se ova reakcija odvijala s linolenskom ili linoleinskom kiselinom potrebna je prethodna izomerizacija nekonjugiranih dvostrukih veza u konjugirane, što se postiže zagrijavanjem. Stvaranje di- i trimernih proizvoda ubrzava se s vremenom zagrijavanja. Zagrijavanje lanenog ulja na 300°C u atmosferi dušika nakon 6 sati daje 49% polimernih glicerida, 57% nakon 6,5 sati i 84% nakon 7 sati. Štand ulja se suše sporije i vežu manje kisika od sirovih ulja. Sirovo ulje može vezati 10-12% kisik, dok toplinom obrađena ulja vežu svega 3% kisika. Prednost štand ulja je manja promjena volumena tijekom sušenja što je razlog slabijem nabiranju uljenog filma. Zbog manjeg sadržaja linolenske kiseline štand ulja su manje sklona žućenju“ (Matijević, Pavela-Vrančić, 2009).

#### 1.4.3 Tungovo (drvno) ulje

Tradicionalno ulje koje se dobiva iz tungovih sjemenaka, odnosno koštica plodova te se primarno koristilo za površinsku obradu drva u Kini i Japanu (slika 5).



Slika 5 – Prikaz sjemenki tungovine i čistog tungovog ulja  
([http://www.letonkinoisvarnish.uk/files/TungSeed\\_big.jpg](http://www.letonkinoisvarnish.uk/files/TungSeed_big.jpg) i  
[http://www.woodguide.org/files/2014/08/tungoil\\_2-960x642.jpg](http://www.woodguide.org/files/2014/08/tungoil_2-960x642.jpg))

Otporno je na alkalije i vodu, skuplje od lanenog ulja stoga je svoju primjenu pronašlo u industriji boja i vodootpornih premaza (Flexner, 2016). Miješanjem s lanenim uljem dobiva se smjesa ulja koja se pokazala dobrom za površinsku obradu podnih obloga. Površine drva vrlo

brzo apsorbiraju ovo ulje te se oksidacijskim otvrdnjavanjem dobivaju vrlo fleksibilne i trajne prevlake (Jirouš-Rajković, 2006). Osim u Kini koja je svjetski lider u uzgoju tungovine, uzgaja se i u Paragvaju, Argentini i Brazilu. Do kraja 19. stoljeća bilo je potpuno nepoznato ostatku svijeta. Nakon 5 do 6 slojeva nanosa s međubrušenjem postiže se poprilično velika vodootpornost drvene površine. Tungovo ulje nakon poliranja tvori moker i mat izgled što je mnogim korisnicima veoma atraktivno. Sušenje tungovog ulja je brže od sirovog lanenog ulja zato jer tungovo ulje apsorbira otprilike 12% kisika dok laneno ulje apsorbira 16% kisika. S obzirom da je manje kisika apsorbiralo tungovo ulje, viskozitet se povećava brže i u većoj mjeri nego kod lanenog ulja. Također, osušeno i otvrdnuto ulje nije otrovno i može se koristiti za prehrambene artikle (Teryaki i sur., 2013). Tungovo i laneno ulje najčešći su sastojci premaza za uljenje drvenih podova i namještaja te su u pravilu uljni premazi kombinacije različitih ulja u svrhu postizanja što boljih svojstava. Stoga se u takvim uljima često nalaze ulja poput orahovog, suncokretovog, narančinog, makovog, sojinog, čičkovog i repičinog (Jirouš-Rajković, 2006).

#### 1.4.4 Tikovo ulje

Prirodno ulje koje se dobiva od sjemenki drva tikovine i raste primarno u jugoistočnoj Aziji (slika 6).



Slika 6 – Prikaz sjemenki tikovine i tikovog ulja  
(<http://images2.hellotrader.com/data3/GJ/LP/MY-2662786/teak-wood-250x250.jpg> i [http://centuryhouseinc.com/wp-content/uploads/products/I/M/IMG\\_8932-1024x683.jpg](http://centuryhouseinc.com/wp-content/uploads/products/I/M/IMG_8932-1024x683.jpg))

Zato što je tikovina rijetka i ugrožena vrsta u mnogim područjima gdje raste, mnogi proizvodi koji su označeni kao tikovo ulje zapravo su rafinirano tungovo ulje. Tikovo ulje je jedan od najefektivnijih impregnacijskih sredstava za drvo u eksterijeru. Pomaže u tvorbi zaštitnog sloja na drvu koji je visokootporan na kišu i vlagu. Taj zaštitni sloj može uvelike produžiti uporabnost drva tako što zadržava drvo svoj prirodan izgled i glatku završnu obradu. Međutim, čisto tikovo ulje je skupo te se često miješa s tungovim i ostalim uljima koja u određenoj mjeri smanjuju stupanj vodootpornosti ulja. Može se nanijeti na bilo koji proizvod od drva uključujući namještaj u interijeru, vrtni namještaj ili podne obloge. Preporučljivo je nanijeti ulje u više slojeva sve dok drvo više neće moći upijati ulje. Potrebno je svakih 6 mjeseci do godine dana ponoviti nanos, ovisno o tome koliko se drvo počelo sušiti. U praksi se tikovo ulje koristi u eksterijeru, a tungovo ulje u interijeru. Dok se tikovo ulje i ostala biljna ulja primarno koriste za površinsku obradu drva, svako od navedenih ulja ima i druga područja za upotrebu. Tungovo ulje se npr. dodaje u većinu boja kako bi pomoglo pigmentima da bolje prijanjaju na objekt tijekom primjene. Također se koristi na stupovima i brodovima kako bi se smanjilo trošenje i oštećenja na drvu. Tikovo ulje se koristi i za pomorske namjene. Mnoge moderne jahte i ratni brodovi koriste drvo koje je

zaštićeno tikovim uljem zbog zaštite od izlaganja slanoj morskoj vodi. Dodaje se i u neka močila i otapala za poboljšanje otpornosti na vlagu (Teryaki i sur., 2013).

#### 1.4.5 Konopljinu ulje

Prirodno sušivo ulje dobiveno iz sjemenki industrijske konoplje. Pomiješano s lanenim uljem stvara mekanije filmove s dobrom otpornosti na starenje uslijed vremenskih utjecaja (Petrič, 2006).

#### 1.4.6 Orahovo ulje

Dobiva se hladnim prešanjem jezgri oraha. Unatoč sličnom sastavu, zbog manjeg sadržaja linolenske kiseline suši sporije od lanenog ulja (8-10 dana), ali brže od makovog ulja. U odnosu na laneno ulje manje je sklono žutilu (Medvidović, 2014).

#### 1.4.7 Makovo ulje

Makovo se ulje dobiva hladnim prešanjem sjemenki maka. Svjetlije je boje, a izbijeljeno postaje prozirno kao voda. S obzirom na to da ne sadrži linolensku kiselinu suši sporije od lanenog i orahovog ulja (oko 15 dana). Također najmanje žuti pa se koristi kao vezivo za tvorničke bijele pigmente i za pigmente koji bi se zbog kemijskog sastava brzo sušili (Medvidović, 2014).

#### 1.4.8 Jojoba ulje

Prirodno biljno koje koje se dobiva prešanjem sjemenki jojobe i koristi se u kozmetici i za završnu obradu bez ikakve prerade i miješanja s drugim uljima (slika 7).



Slika 7 – Prikaz sjemenki jojobe i čistog jojoba ulja  
(<http://www.allbizmart.com/wp-content/uploads/2015/04/jojoba-oil.png>)

Sjemenke jojobe sadrže do 60% svoje težine ulja koje se izolira hladnim prešanjem. Zlatno jojoba ulje nije ustvari ulje već tekući vosak. Njegova struktura ne sadrži glicerol koji čini okosnicu u strukturi svih ulja i masti. Jojoba tekući vosak se naziva uljem samo zato što ima svojstva tekućine. Biljke jojobe nalaze se u divljini i rastu kao grmovi. Prije njenog otkrića 1970. godine i njezinog kultiviranja 1980. godine, sjemenke su koristili Indijanci izoliranjem ulja koje su koristili kao hranu i za medicinske svrhe. Ulje jojobe može se koristiti za površinsku obradu drvenih podova. Dobar je izbor iz razloga što je prirodno i potpuno sušivo. S obzirom da je ulje

skupo, preporučljivo bi bilo da se koristi za obradu manjih površina ili za poliranje izoliranih područja gdje završni sloj treba renoviranje (Teryaki i sur., 2013).

## 1.5 Dodaci uljima

Ulja se kao samostalan medij ne koriste za površinsku obradu. Zbog svojih (ograničenih) svojstava dodaju se sredstva poput veziva, otapala i sikativa.

### 1.5.1 Veziva

Kao vezivo se često upotrebljavaju smole, po organskom sastavu organski spojevi, a mogu biti viskozne tekućine ili amorfne krute tvari relativno velike molekularne mase. Smole su netopive su u vodi ali su topive u nekim organskim otapalima. Smole mogu biti prirodne, modificirane i umjetne. S ekološkog stajališta zanimljive su prirodne smole koje prema porijeklu mogu biti:

- ❖ biljne (kolofonij, jantar, kopal),
- ❖ životinjske (šelak) i
- ❖ mineralne (asfalti).



Slika 8 - Kolofonij kao smola  
(<http://i.imgur.com/6K45uV2.jpg>)

Kao prirodni sastojak često se uljima dodaju smole za postizanje trajnijih površina. Najviše se upotrebljava kolofonij. To je prirodna smola koja se dobiva destilacijom tekućih dijelova smole crnogoričnog drveća (bora, jele, smreke). Najjeftinija je prirodna smola, žute je boje, topiva u alkoholu, benzenu, benzolu te mineralnim i biljnim uljima (slika 8). Nedostaci kolofonija su:

- ❖ veliki kiselinski broj (sadrži slobodne kiseline),
- ❖ niska temperatura omekšavanja (izlučivanje otopina) i
- ❖ neujednačena kvaliteta (ovisi o nalazištu), (Jamnicki, 2016).

### 1.5.2 Otapala

Otapala su tvari u kojima su ostali sastojci otopljeni. Najvažnija svojstva su jakost otapala i brzina isparavanja, a uglavnom se koriste nepolarna (organska) otapala koja otapaju nepolarne



kovalentne spojeve (masti, ulja, smole, voskove, lakove i sl.). Nadalje se dijele prema vrelištu i brzini isparavanja. Brzina isparavanja otapala, određuje se uspoređivanjem brzine isparavanja nekog otapala s brzinom isparavanja iste količine etera, a označava se kao broj brzine isparavanja (BBI), (Jamnicki, 2016).

Prema vrelištu se dijele na:

- ❖ Otapala niskih vrelišta (do 100°C),
- ❖ Otapala srednjih vrelišta (100 – 150°C) i
- ❖ Otapala visokih vrelišta (do 225°C).

Prema brzini isparavanja se dijele na otapala koja:

- ❖ Brzo isparavaju (BBI < 10),
- ❖ Srednje isparavaju (BBI 10 – 35) i
- ❖ Sporo isparavaju (BBI > 35).

Ulja se veoma često razređuju otapalima zbog poboljšanja svojstava, osobito povećanja dubine penetracije u drvo. Cilj je dodavanjem određenih tvari ulju dobiti manju gustoću i bolje tečenje tj. viskoznost ulja kako bi se moglo lakše nanositi. Uz sintetska otapala, koriste se terpentinska ulja koja su prirodnog porijekla. Terpentinska ulja koja sadrže po zdravlje štetni toluen i benzen koriste se u omjerima 80 % ulja i 20 % terpentina, a može se ići do omjera 50/50. Borov terpentin ima intenzivan miris i može izazvati alergijske reakcije. Neki proizvođači koriste izoparafine koji potječu iz petrokemijske industrije, a prema eko-testiranjima su relativno bezopasni. Veliki izazov proizvođača eko-ulja je postići dobra svojstva bez upotrebe toksičnih tvari koje mogu naštetiti čovjekovom zdravlju. Na području otapala, gdje se često izabire kompromisno rješenje, u sukobu su dva cilja: dobra obradivost u procesu površinske obrade i dobra svojstva površine drva u svakodnevnoj upotrebi. Postoji zabluda da razrijeđena ulja bolje prodiru u drvo, pa se stječe dojam da je drvo upilo veliku količinu ulja, dok nerazrijeđeno ulje ostaje prilično dugo na površini i stječe se dojam da drvo nije upilo dovoljno ulja. Situacija je zapravo drugačija, nerazrijeđeno ulje drvo upija znatno sporije te svejedno može upiti značajne količine ulja (Šoljić, 2014).

### 1.5.3 Sikativi

Sikativi su dodaci koji ubrzavaju sušenje ulja. Sikativi su po sastavu kobaltne, olovne i manganove soli (sapuni) s organskim kiselinama iz ulja, smola i naftne kiseline. Ulje kojemu su dodani sikativi naziva se *firnis*. Osim što ubrzavaju sušenje ulja, pojačavaju tamnjenje i krtost, pa se stoga dodaju u malim količinama. Na težinu ulja se preporučuje 2 % olovnog, manganovog do 1 %, a kobaltovog sikativa najviše do 0,5 %. Kobaltov sikativ se najbrže suši (5-6 sati), ne izaziva značajnije promjene boje i ubrzava sušenje 5 – 10 puta brže od ostalih. Manganov sikativ suši za 10 – 12 sati, ubrzava oksidaciju ili polimerizaciju, međutim, sklon je tamnjenju boje (tona) drva. Olovni sikativ suši najsporije, ali jednoličnije od ostalih, za 24 sata. Njihovo djelovanje ovisi o vlažnosti, temperaturi i svjetlosti, što treba uzeti u obzir prilikom njihove upotrebe (Agić, 2013). U Europi olovni sikativi nisu dopušteni za upotrebu u uljima zbog povećanja svijesti o zaštiti okoliša. Na brzinu sušenja mogu utjecati i organski spojevi poput fenola. Spojevi ove vrste nazivaju se inhibitori ili antioksidansi te usporavaju ili zaustavljaju oksidativno propadanje materijala. Fenoli reagiraju s peroksi ili alkoksi radikalima koji nastaju u

procesu sušenja te prelaze u vrlo stabilne fenoksi ili općenito ariloksi radikale. Stabilnost fenoksi radikala posljedica je stabilizacije radikala rezonancijom. Što je više rezonantnih struktura, veća je delokalizacija slobodnog elektrona a time i veća stabilnost radikala (Matijević, Pavela-Vrančić, 2009).

## 1.6 Sušenje ulja

Sušenje ulja je kemijski proces oksidacije i polimerizacije. „Prvi korak u procesu sušenja je homolitičko cijepanje C-H veze uz stvaranje slobodnih radikala. Radikal se stabilizira delokalizacijom ili rezonancijom te se ponaša kao hibrid od tri rezonantne strukture. Slobodni radikali su vrlo reaktivne čestice. Spremno reagiraju s kisikom iz zraka uz stvaranje peroksi radikala. Peroksi radikal može oduzeti vodik iz druge molekule nezasićene masne kiseline stvarajući hidroperoksida. Ova reakcija ne uzrokuje umrežavanje triglicerida. Međutim, peroksi radikal se može adirati na dvostruku vezu masne kiseline druge molekule triglicerida, pogotovo ako je dvostruka veza konjugirana, dajući dimer povezan peroksi skupinom. Radikal može dalje reagirati kako je već opisano. Peroksi skupina je nestabilna, pa se može pocijepati na dva alkoksi radikala. Na dvostruku vezu mogu se adirati i alkoksi radikali koji nastaju homolizom hidroperoksida ili peroksida, dajući dimer povezan eterskom vezom. Do polimerizacije može doći i adicijom radikala ugljika na dvostruku vezu. Lančane reakcije završavaju gašenjem radikala odnosno reakcijom između dvaju radikala. Djelovanjem prijelaznih metala, lančana reakcija završava oksidacijom radikala ugljika u karbonijev ion koji gubi proton uz stvaranje dvostruke veze. Budući da svaka molekula ulja sadrži dvije ili tri nezasićene masne kiseline, povezivanje uzrokuje umrežavanje triglicerida u polimer. Polimer koji nastaje zove se linoksin. Za razliku od svježeg ulja nije topljiv u terpentinskom ulju ili ugljikovodičnim otapalima“ (Matijević, Pavela-Vrančić, 2009).

„U toku sušenja, osim reakcija umrežavanja, odvijaju se i reakcije u kojima se kidaju veze pa nastaju razgradni produkti niske molekulske mase. Odnosno, moglo bi se reći da dolazi do „odlamanja“ malih komadića trodimenzionalnog polimera osušenog ulja“ (Matijević, Pavela-Vrančić, 2009).

Proces sušenja ulja počinje na površini, gdje je ulje u direktnom dodiru s kisikom iz zraka. U fazi očvršćivanja se formira plin koji "buši" pore i izlazi kroz premaz ulja. Pore omogućuju dublji pristup kisiku. Izlazak plina čini premaz poroznim. Ako se preko takvog premaza (koji nije viskoznan, ali je nedovoljno tvrd) nanese nova količina ulja, donji premaz će upiti svježe ulje te nabubriti - što objašnjava pojavu matiranja (Agić, 2013). Neke vrste drva sadrže tvari koje otežavaju sušenje ulja i uzrokuju druge poteškoće, primjerice taninske kiseline kod hrastovine, kestenovine i jasenovine.

## 1.7 Žućenje ulja

„Neka sušiva ulja više žute od drugih, naročito ako se nalaze u mraku. Žućenje je naime reverzibilno te će ulje brzo posvijetliti kada se ponovno izloži jačem svjetlu. Poznato je da su ulja bogata linolenskom kiselinom posebno sklona žućenju. U lanenom ulju nalazi se puno linolenske kiseline pa ono jače žuti. Orahovo i makovo ulje zbog manjeg sadržaja linolenske kiseline ujedno su i manje podložna žućenju. Stoga se upravo ta dva ulja najčešće miješaju sa svijetlim pigmentima kod kojih je žućenje veziva najveća smetnja. Žuta boja može također biti

posljedica interakcije proteina s autooksidirajućim sušivim uljima, pogotovo u emulzijama proteina i ulja“ (Matijević, Pavela-Vrančić, 2009).

## 1.8 Voskovi

„Pod pojmom vosak razumijeva se niz prirodnih ili sintetičkih tvari koje imaju svojstva plastičnosti pri sobnoj temperaturi, različit raspon tvrdoće, temperaturu taljenja veću od 40°, konzistenciju i topljivost ovisnu o temperaturi, te mogućnost poliranja (zaglađivanja) uz slab pritisak. Voskovi mogu biti biljni i životinjski, mineralni i sintetski. Mineralni i sintetski voskovi u kemijskom smislu nisu pravi voskovi, jer nisu esteri. Kemijska definicija voskova je da su to esteri monohidroksilnih alkohola velike molekularne težine sa zasićenim ili nezasićenim jednobazičnim kiselinama. Pravi voskovi su pretežno smjese estera, a često sadrže i neke više ugljikovodike, kao i nevezane više kiseline i više alkohole. Voskovi su netopljivi u vodi, ali se otapaju u različitim organskim otapalima, npr. u terpentinu ili benzinu, a neki se otapaju i u alkoholu. Za površinsku obradu drva najčešće se koriste prirodni voskovi poput pčelinjeg voska, karnauba i montan voska“ (Jirouš-Rajković, 2006).

„Pčelinji vosak je proizvod domaće pčele medarice. Složenoga je kemijskog sastava, ugodnog mirisa, a pod prstima je mekan i plastičan jer se tali pri temperaturi 64°C. Dobiva se od pčelinjih saća. Prirodna mu je boja žuta do gotovo crne, ovisno o starosti i prehrani pčela. Izbjeljivanjem se mogu dobiti svjetliji tonovi. Pčelinji vosak nije toksičan i najčešće se primjenjuje za obradu namještaja, drvenih podova i drvenih igračaka. Može se nanositi u čistom obliku ili kombiniran s drugim voskovima, uljima, smolama i otapalima. Odnos između voska, ulja i otapala određuje tvrdoću dobivene prevlake“ (Jirouš-Rajković, 2006).

„Karnauba vosak dobiva se od listova palme karnaube (*Copernicia cerifera*), najrasprostranjenije u pustinjским područjima Brazila. Talište mu je pri 80-91°C, a boja žuta, zelena i smeđa. To je najtvrdi prirodni vosak najvišeg tališta. Dodan drugim voskovima već u malim količinama povećava njihovu tvrdoću, a smanjuje ljepivost nekih mekih voskova. Pri poliranju daje glatku, sjajnu i tvrdnu površinu“ (Jirouš-Rajković, 2006).

„Montan vosak fosilni je biljni vosak koji je obično sastavni dio bitumena i asfalta. Dobiva se ekstrakcijom iz smeđeg ugljena. Tvrd je, krt, crnosmeđe boje. Odlično se polira“ (Jirouš-Rajković, 2006).

„Prirodnim smolama, uljima, voskovima te kombinacijama ulje-vosak dodana su organska otapala kako bi im se poboljšala uporabna svojstva. Uz sintetska otapala primjenjuju se i terpentinska ulja prirodnog porijekla. U posljednje vrijeme proizvodi se velik broj proizvoda kao zamjena za klasična ulja i voskove (koji imaju sadržaj otapala većinom veći od 50%) koji su na vodenoj bazi ili imaju znatno smanjen sadržaj organskih otapala. Kod nekih je proizvoda nemoguće eliminirati otapalo budući da je ono neophodno da bi se proizvod (npr. tvrdi vosak) mogao nanijeti. U tablici 1 prikazani su razredi uporabe ulja i voskova prema zahtjevima za pojedinu namjenu koji se kreću od vrlo niskih zahtjeva koji su samo za njegu namještaja u privatnim stanovima do vrlo visokih razreda uporabe s vodoodbojnim djelovanjem za kupaonski i kuhinjski namještaj, stepenice te podove“ (Jirouš-Rajković, 2006).

Tablica 2- Preporuke za primjenu ulja i voskova (Jirouš-Rajković, 2006).

Razred zahtjeva	Primjena	Primjer	Predložena obrada	Efekt (izgled)
Vrlo nizak	Naknadna obrada, njega namještaja u stanovima		Vosak 1 do 2 puta	prirodan
nizak	Prva obrada, dijelovi od kojih se ne traži visoka otpornost	Ormar, unutrašnjost	2 puta vosak; ili ulje-vosak 1 put	prirodan
malen	Prva obrada, normalno opterećene površine	Stranice ormara u stanovima	Izolirajući sloj (šelak) 1 put i vosak 1 put; ili ulje 1 put i vosak 1 put	Prirodan ili malo oživljen
srednji	Prva obrada, dijelovi opterećeni habanjem	Ploče stolova, fronte namještaja	Ulje-vosak 1 put, vosak 1 put; ili ulje-vosak 2 puta; ili 1 put ulje, 1 put vosak	Lagano do srednje oživljen
visok	Prva obrada, površine izložene jakom habanju i sredstvima za čišćenje	Podovi, stepenice, namještaj za sjedenje, fronte kuhinja	Ulje-vosak 2 puta; ili tvrdo ulje 2 puta i vosak 1 put	oživljen
Vrlo visok	Prva obrada, površine izložene jakom habanju, sredstvima za čišćenje i vodenoj pari	Kuhinjski i kupaonski namještaj, podovi i stepenice	Tvrdo ulje 2 puta do 3 puta; (dodatno eventualno 1 put vosak); Ulje-vosak 2 do 3 puta	Jako oživljen

## 1.9 Površinska obrada uljima

Preduvjeti za uspješnu površinsku obradu uljima su:

1. Vrsta drva,
2. Sadržaj vode u drvu između 12 i 14% i
3. Finim i temeljitim brušenjem pripremljena površina.

Pri površinskoj obradi drva (koje nije industrijski obrađeno) važno je na površinu nanositi onu količinu ulja, koju je moguće obraditi unutar otvorenog vremena određenog ulja (otprilike 30 - 45 min.). Na mjestima na kojima je nanoseno ulje koje se suši treba izbjegavati opterećenja, poput hodanja na podnim oblogama. Kako bi se sigurnije spriječila ovakva situacija, potrebno je

obrađivati površinu od kraja prostorije prema vratima. Po površinama obrađenim uljima bez otapala može se ranije hodati, bez problematičnih posljedica, osim toga, zrak u prostoriji nije u tolikoj mjeri zagađen. Pri normalnim klimatskim uvjetima (temperatura: 18–24°C i vlažnost zraka: 40-60%) i dovoljnom izmjenom zraka, nauljene se površine mogu nakon 24-48 sati izlagati opterećenjima. Sam proces površinske obrade drva uljima razlikuje se od uobičajenog lakiranja. Drvna vlakanca su nakon nanosa ulja zasićena, odnosno ne stvara se sloj na površini drva. Obrađene površine su vrlo izdržljive i pogodne za daljnju obradu (Šoljić, 2014).

Ulja su posebno popularna s ekološkog stajališta, stoga danas proizvođači prirodnih bojila koji nude izuzetno kvalitetna (biljna) ulja. Korisnici mogu sasvim jednostavno uljem obraditi željenu površinu slijedeći jasne upute koje jamče vrlo dobre rezultate. Površina drva obrađena uljima izuzetno je ugodna na dodir, omogućuje izravan kontakt s drvom i čuva prirodnost drvene površine za razliku od lakova koji pokrivaju površinu u potpunosti (Šoljić, 2014).

## **1.10 Primjena ulja pri višim temperaturama**

### **1.10.1 Zagrijavanje ulja**

Za bolju penetraciju ulja u drvo, ulju se često zagrijavanjem diže temperatura, što ga čini viskoznijim tj. rjeđim. Zagrijava se na temperature 50 - 60°C u vodenoj kupki i kao takvo se nanosi. Potrebno je pri tome paziti na temperaturu površine drva, jer ukoliko je preniska slijedilo bi brzo hlađenje ulja (Šoljić, 2014).

## **1.11 Opasnost od samozapaljenja**

Pri upotrebi ulja za površinsku obradu drva treba imati na umu mogućnost samozapaljivosti. Tkanina natopljena uljem kojom se briše površina zbog oksidacije ulja koja oslobađa toplinu može uzrokovati samozapaljenje tkanine. Takva tkanina ne može predati puno topline pa se zagrijava i može početi gorjeti. Stoga je potrebno sva pomoćna sredstva za nanošenje (tkanine, spužve i valjke) natopiti vodom tako da se spriječi njihovo zapaljenje (Petrič, 2006).

## **1.12 Uporaba pigmentiranih ulja**

„Pri površinskoj obradi drva uljima poželjno je ponekad i promijeniti u određenoj mjeri ton boje drva. Najčešći je cilj postići tamniji ton kod svjetlijeg drva ili čak postići crni izgled. S obzirom na trendove, tonovi boja poput plave, crvene, zelene i žute, pa čak i bijele, postaju omiljeni“ (Šoljić, 2014). Kombinacija prstenasto poroznih vrsta drva i kvalitetnog pigmentiranog ulja rezultirat će površinom vrlo dobrih estetskih svojstava.

„Pigmenti prodiru i u unutrašnjost drva, a s obzirom da pigmenti ne stvaraju neproziran film na površini, tekstura drva ostaje vidljiva kao i u slučaju s bezpigmentnim uljima. Konačno obojenje značajno ovisi o prirodnoj boji drva. Pigmenti različito utječu na svjetlije i na tamnije vrste drva. Prilikom upotrebe pigmentiranih ulja greške brušenja su izuzetno uočljive i značajno umanjuju estetska svojstva površine. O kvaliteti i načinu brušenja površine ovisi u kolikoj mjeri će drvo upiti pigmente. Jako fino brušene površine gotovo da nemaju pore i "sitne pukotine" u

koje pigmenti mogu prodrijeti. Grubo brušena površina je zahvalnija, jer pigmenti mogu u nju lakše prodrijeti i zadržati se“ (Šoljić, 2014).

### 1.13 Kompatibilnost različitih ulja međusobno i s drugim premazima

Dva ulja različitih proizvođača ne smiju se miješati jer postoji mogućnost negativnog utjecaja na kvalitetu premaza i kvalitetu tako obrađene površine. Svako ulje je sastavljeno po određenoj recepturi kako bi se dobila optimalna smjesa ulja, smole i otapala. Takva receptura će se uvelike izmijeniti ako se pomiješaju različita ulja, a kakva će se smjesa dobiti je teško predvidivo. Razlika u uljima se može ustanoviti posebice u otapalima, gdje primjerice ulje koje sadrži terpentinsko ulje kao otapalo ne bi trebalo miješati s uljem koje je razrijeđeno izoalifatima. Kompatibilnost ulja bi trebalo bolje ispitati, ali zasigurno se može zaključiti da miješanje nije preporučljivo (Šoljić, 2014).

### 1.14 Proces obrade površine uljima

#### 1.14.1 Brušenje i priprema površine

Površina drva doživljava se vizualno i haptički – opipom. Za ocjenu uljene površine dodir je jednako bitan kao i izgled. Pažljivije obrušena površina je preduvjet za kvalitetan izgled i dodir uljene površine. Ovisno o stanju površine i njenoj hrapavosti, odabire se brusni papir odgovarajuće granulacije, a zatim se daljnjom obradom kreće prema finijim granulacijama. Površine koje se lakiraju ne smiju se previše fino brusiti kako ne bi došlo do loše adhezije laka na površini. To pravilo ne vrijedi u slučaju nanošenja ulja ili voska na drvo. Što je finije brušenje, površina drva će biti glađa i ugodnija na dodir. Površina drva se mora stupnjevito brusiti. Preporuča se stupnjevito brušenje ovim redom: 80 - 100 - 120 - 180 - 220 - 280 ili 320 na uskotračnim (slika 9) i širokotračnim brusilicama. Granulacije iznad 400 imaju smisla samo kod vrsta drva velike gustoće i tvrdoće. Pri brušenju finijim granulacijama može doći do utiskivanja drvnih vlaknaca stoga je poželjno površinu kvasiti prilikom brušenja. Tvrde vrste drva zahtijevaju finije brušenje od mekih vrsta drva. Za visokokvalitetne površine drvo četinjača potrebno je završno brusiti granulacijom 280, a drvo listača granulacijom 320. Također je bitno da sadržaj vode u drve ne premašuje 12-14 % i da je površina bez masnoće i prašine. Kod kružnog brušenja (slika 9) moguće je da zaostanu tragovi smjera brušenja, pa se često uzima još finiji papir koji će dotjerati izgled površine (Hägele, 2003).



Slika 9 – Prikaz brušenja drva ručnom kružnom brusilicom

(<http://www.mmttoolparts.com/blog/wp-content/uploads/2014/12/sanding.jpeg>)

### 1.14.2 Postupci nanošenja ulja

Način nanošenja ulja također utječe na optiku i haptiku površine drva. Pri tome su bitni čimbenici vrsta drva, vrsta podloge (masivna ili furnirana) i receptura ulja. Ovisnost količine nanosa i kemijske otpornosti površine nije utvrđena. Međutim, mehanička otpornost površine povećava se nanošenjem ulja u više slojeva. Proizvođači pritom preporučuju količinu nanosa od 8 do 60 g/m<sup>2</sup> ovisno o načinu nanošenja i broju nanosa (Hägele, 2003)..

#### Nanošenje kistom / nanošenje valjkom

Ulje se može nanositi direktno iz posude odgovarajućim kistom s prirodnim dlakama (slika 10) ili pjenastim valjkom za ulje. Pritom otpornost površine ne ovisi o načinu nanošenja i potrebno je točno slijediti upute proizvođača ulja.



Slika 10 – Prikaz nanošenja ulja kistom  
([http://www.house-painting-info.com/wp-content/uploads/2014/06/artimg\\_applyin\\_g-tung-oil-wood-countertop.jpg](http://www.house-painting-info.com/wp-content/uploads/2014/06/artimg_applyin_g-tung-oil-wood-countertop.jpg))

#### Nanošenje lopaticom (špahtlom)

Ulje se može direktno iz spremnika izliti u dovoljnoj količini na površinu ali ne na samo jednom mjestu. Za raspodjelu ulja po površini koristi se nazubljena ali ne pretvrda gumena (ili sintetička) strana lopatice. S nenazubljenom stranom lopatice pod vrlo šiljatim kutom utiskuje se ulje u pore i utore. Preporuča se dijagonalno potezanje ulja lopaticom. Postupak se može ponavljati dok se ne postigne željena količina nanosa. Prednost ovog načina nanošenja ulja je to što drvo zbog mehaničkog djelovanja lopatice i utiskivanja u pore bude dobro zapunjeno (zasićeno) uljem. Iako je iskorištenje ulja dobro, nedostatak je veliki utrošak vremena (Hägele, 2003).

#### Štrcanje ulja

Većina ulja bez otapala i ulje-vosak kombinacija nanose se pomoću pištolja s posudom. Ravni obratci mogu se tako brže i jednakomjernije obraditi uljem nego nanošenjem kistom ili valjkom. Za štrcanje ulja nije potrebno fino raspršivanje kao pri nanošenju lakova već su potrebni niži tlakovi kako bi se maksimalno smanjili gubici pri raspršivanju (*overspray*). Za nanošenje ulja posebno su pogodni pištolji s niskim tlakom (HVLP) koji imaju grubo raspršivanje i ne stvaraju maglu. Za primjenu „normalnih“ zračnih pištolja potrebno je prilagoditi

veličinu sapnice i tlak. Za veće ravne dijelove nanošenje štrcanjem ima svoje prednosti poput jednakomjernog nanošenja, manjeg dodatnog rada, dobrog iskorištenja materijala i kratkog vremena obrade. Potrebno je pritom paziti da gubitci ulja budu mali. Vruće nanošenje ulja i uljevosak kombinacija ne daje dodatne prednosti (Hägele, 2003).

### **Nanošenje uranjanjem / oblijevanjem**

Ovakav način nanošenja pogodan je za manje drvene dijelove poput prihvatnika, drvenih figurica, prehrambenih artikala ili primjerice dna regala. Nakon nanošenja potrebno je određeno vrijeme da ulje otkapa s obratka. Uklanjanje viška ulja i daljnja obrada ovisi o vrsti obratka (Hägele, 2003).

#### **1.14.3 Brisanje (uklanjanje) viška ulja**

Brisanje viška ulja preporučljivo je obavljati s suhom tkaninom ili s tkaninom koja je već natopljena uljem. Često se preporučuje tkanina koja je već u određenoj mjeri natopljena uljem, što prilikom uklanjanja viška ipak ostavlja jedan jako tanak sloj ulja na površini koji se kasnije može polirati. Završni sloj može se prebrisati tkaninom kružnim pokretima, a posljednji prolaz potrebno je obaviti svakako u smjeru vlakana (Šoljić, 2014).

#### **1.14.4 Međubrušenje**

Nakon 24 sata većina ulja je površinski suha. Potrebno je obaviti brušenje papirom granulacije 320. Prilikom nanosa ulja i sušenja izdigne se određena količina vlakana koja se osjete na dodir. Brušenje se odvija ručno, vrlo pažljivo, bez velikog pritiska, a dodiranjem se može lako ustanoviti je li površina još i u kojoj mjeri hrapava. Nakon toga se površina očisti od prašine i slijedi ponovni nanos ulja. Za ugađeni izgled površine, preporučljivo je prije međubrušenja nanijeti tanki sloj ulja na površinu, a zatim prebrusiti površinu. Nekoliko je prednosti takvog brušenja jer se brusni papir ne lijepi za površinu, mokro brušene površine su finije i glađe, a i brušenjem nauljene površine ulje se "utiskuje" u pore. Suha brusna prašina ne nalazi se u radnoj okolini što rad čini ugodnijim. Za ovakvo brušenje se preporučuje brusna tkanina, a ne papir (slika 11). Vrlo učinkovite su granulacije 320 i 400. Naknadno brisanje površina od velike je važnosti, jer u protivnom slučaju nauljena površina je ljepljiva i sadrži smjesu drvene prašine (Šoljić, 2014).“



*Slika 11 – Prikaz postizanja finijih površina brusnom tkaninom*

<http://cf.remodelaholic.com/wp-content/uploads/2015/03/How-to-build-a-Media-Center-by-Two-Feet-First-featured-on-@Remodelaholic.jpg>



#### **1.14.5 Ponovni nanos ulja**

Prilikom drugog i svakog sljedećeg nanosa ulja, nanosi se manja količina jer drvo više ne može upiti količinu ulja jednaku prvom nanosu. Na mjesta koja se eventualno upila više ulja kistom se razmazuje višak koji je ostao na drugim mjestima. Nakon 15-20 minuta slijedi ponovno brisanje površine i uklanjanje viška ulja. Nakon 24 sata, površina je suha na dodir, a potpuno sušenje (otvrdnjavanje) se postiže tek nakon 7 - 14 dana. Za estetski kvalitetne površine dva nanosa su sasvim dovoljna. Po želji ili za još finiji izgled površine moguće je na isti način nanijeti još tri ili četiri nanosa. Važno je da su nakon zadnjeg nanosa sva vlakanca dobro zasićena (Šoljić, 2014).

#### **1.14.6 Vrijeme sušenja**

Većina ulja je već nakon 12-24 sata suho na površini i kao takva su spremna za uporabu. Informacije o trajanju sušenja ulja dane od strane proizvođača, uglavnom su minimalne. S obzirom da se u današnje doba sve mora brzo obaviti i završiti, brzo sušiva ulja su često samo ekonomski argument odnosno marketinški trik. Većina ulja će pokazati značajno veću konačnu kvalitetu ukoliko imaju dovoljno vremena za sušenje. U dobro isplaniranom tehnološkom procesu duže vrijeme sušenja se uvijek može uračunati bez težih posljedica. Hoće li i u kojoj mjeri doći do komplikacija prilikom sušenja, uvelike ovisi o načinu primjene (Šoljić, 2014).

#### **1.14.7 Zbrinjavanje ostatka ulja**

„Količina ulja koja ostaje kao tehnički višak nikada se ne vraća u originalnu posudu, niti se ulje koristi direktno iz iste. Razlog je sprječavanje bilo kakvog onečišćenja prvoklasnog ulja, koje je moguće skladištiti samo kao čisto tvorničko. Također se posude ne smiju držati dugo otvorene. Ostatak ulja se može pohraniti u posebne posude, te se takvo ulje kasnije koristi često za površine i predmete kod kojih estetska svojstva i visoka kvaliteta nisu prioritet“ (Šoljić, 2014).

### **1.15 Nanošenje voskova**

„Načelno postoji razlika između površina obrađenih uljima i onih obrađenih voskovima. Ulja prodiru u drvena vlakanca i tamo otvrdnjavaju dajući na taj način površine koje djeluju neobrađeno, dok vosak poput politure na automobilima ostaje na površini i daje baršunaste, ne klizajuće površine. Voskovi na površini stvaraju vrlo tanak film što je uzrok povećanoj otpornosti na habanje, većoj vodoodbojnosti i otpornosti na prljanje. Pokazalo se, međutim, da površine obrađene voskovima slabije štite drvo izloženo oprerećenjima nego uljene površine. Vosak se na podu s vremenom troši i osjetljiviji je na otapala nego površina obrađena uljem. Zbog toga se za drvene podne obloge najčešće koriste kombinacije ulja i voskova koje daju optimalnu zaštitu drva i željena svojstva. Kod sustava ulje-vosak razlikujemo dva sustava: tvrda voštana ulja kao kombinacije ulja (lanenog, drvnog itd.), voska (pčelinjeg npr.) i otapala koje se većinom nanose kao i ulja ili imamo odvojeno nanošenje prvo tvrdog ulja iza čega slijedi nanošenje voska. Ulje s jedne strane prodire duboko u pore drva, a vosak ostaje na površini i štiti od prljavštine i djeluje vodoodbojno i protuklizno. Površine se, naravno mogu obrađivati i samo voskovima. Pri tome je kao i kod obrade uljima važno točno sljediti uputstva proizvođača“ (Jirouš Rajković, 2006).

„Voskovi su izvorno u čvstom obliku. Za obradu se ili zagrijavaju ili su otopljeni u otapalima. Većina tekućih voskova se na površinu nanosi specijalnim kistom prvo poprijeko, a zatim u smjeru vlakanca. Nakon par minuta se suhim kistom preostali vosak na površini

razdjeljuje opet prvo poprijeko i na kraju u smjeru vlakana. Pri tome više puta treba obrisati kist da ne ostaje previše voska na površini. Nakon sušenja od najmanje 12 sati površina se polira odgovarajućim filcom za poliranje. Ukoliko površina drva nije dobro zapunjena cijeli se postupak može ponoviti ili se dodatno može nanijeti pastozni tvrdi vosak. On se obično nanosi kistom koji ne smije biti previše mekan ili četkom ili krpom. Moguće je nanošenje i vrućim štrcanjem. Nakon određenog vremena sušenja sljedi ručno poliranje vunenom ili flanel krpom ili strojno poliranje kolutima od tekstilnih vlakana ili kolutima od janječeg krzna. Na taj se način oživljava prirodan izgled drva i poboljšava otpornost površine. Ukoliko želimo površini promijeniti boju na tržištu se mogu naći voskovi koji transparentno oboje površinu“ (Jirouš Rajković, 2006).

„Na masivno drvo se uljno-voštani materijali mogu nanositi ručno, štrcanjem i valjcima. Ukupna količina nanosa krutog voska kao završnog sloja na površini iznosi cca. 10 g/m<sup>2</sup>. Kao temelj često se rabe uljni proizvodi na bazi lananog ulja. Uljno-voštana površina postiže se sa cca. 30 g/m<sup>2</sup> ulja i cca. 10 g/m<sup>2</sup> voska. Nedovoljna otpornost ulja na kemikalije i vodu tako se poboljšava hidrofobnim slojem voska“ (Jirouš Rajković, 2006).

## **1.16 Prednosti i nedostaci površina obrađenih uljima i voskovima te njihovo čišćenje i održavanje**

Primjena prirodnih ulja i voskova u površinskoj obradi podova i namještaja ima svoje prednosti i nedostatke. Prednosti površina obrađenih prirodnim uljima i voskovima su:

- ❖ izostanak grešaka poput pucanja laka, stvaranja mjehurića i formiranja curaka,
- ❖ jednostavno nanošenje, popravljavanje oštećenih mjesta i restauracija površina,
- ❖ drvo zadržava svoj prirodni izgled, a ulje oživljava njegovu teksturu
- ❖ prima i otpušta vlagu, drvo može „disati“,
- ❖ postoje ulja koja imaju malu sklonost žutilu te koja zbog voska slabije penetriraju u drvo i manje oživljavaju površinu,
- ❖ oštećenja površine neće dovesti do zaraze okolnog drva, jer je ulje duboko penetriralo, što kod lakiranih površina nije slučaj,
- ❖ ulja i vosak pružaju određenu razinu vodoodbojnosti, otpornosti na prljanje i ogrebotine te djeluje antistatički,
- ❖ mogućnost parcijalnih popravaka bez velikih troškova,
- ❖ dobro podnošenje kontakta s raznim kemikalijama (bez predugog izlaganja),
- ❖ minimalan utjecaj UV zračenja zbog izlaganja u interijeru,
- ❖ velika neosjetljivost na toplinu,
- ❖ podnošljivost za ljude u potpuno suhom i otvrdnutom stanju,
- ❖ jednostavno čišćenje suhim ili vlažnim tkaninama sa sredstvima na bazi biljnih sapuna ili alkoholnog octa, te metlom ili usisavačem,
- ❖ mogućnost ponovnog otvrdnjavanja ulja nakon izlaganja vodi koja omekšava ulje,
- ❖ bubrenje i utezanje nisu smanjeni ali je sadržaj vode konstantno niži nego kod neuljenog drva i
- ❖ trajnost premaza ali samo uz pravilno održavanje.

Nedostatci površina obrađenih prirodnim uljima i voskovima su:

- ❖ ograničena otpornost na kemijske i mehaničke utjecaje,
- ❖ dugo vrijeme sušenja i otvrdnjavanja,
- ❖ intenzivan miris lanenog i tungovog ulja koji se zadržava tjednima,
- ❖ moguća promjena boje svjetlijih vrsta drva (žućenje i tamnjenje),
- ❖ određeni troškovi redovitog pravilnog održavanja i obnavljanja,
- ❖ potrebno je uljene površine periodički tretirati uljem za održavanje,
- ❖ površine obrađene voskom potrebno je dvostruko češće obnavljati od uljenih površina,
- ❖ obojene tekućine predstavljaju veliku opasnost za nauljene površine (popravak samo uz brušenje i ponovno uljenje),
- ❖ UV zračenje je prilično agresivno za ulja i prirodne smole u njima (moguća razgradnja nakon određenog vremena),
- ❖ kapljice vode i sunce mogu parcijalno uništiti sloj ulja te se javljaju mjehurići,
- ❖ potrebno je i do 8 tjedana kako se na površini nebi pojavilo znojenje ulja,
- ❖ čestice prašine i prljavštine se mogu zavući u otvorene pore uljenog drva,
- ❖ urin kućnih ljubimaca može penetrirati u drvo, ostaviti vidljivu mrlju te kasnije oslobađati neugodne mirise,
- ❖ nepostojanje pravog filma na površini te prirodni sastojci u uljima poput prirodnih smola privlače kukce, insekte i štetnike,
- ❖ za tvornički obrađene podne obloge uljima i voskovima potrebno je od prodavača kupiti i sredstva za redovito održavanje i obnavljanje,
- ❖ pojava hrapavosti površine zbog izostanka međubrušenja ili neodgovarajuće granulacije brusnog papira,
- ❖ pojava ljepljivih površina ukoliko se s brisanjem ulja predugo čekalo,
- ❖ pojava tamnijih dijelova ili mjestimičnih mrlja zbog nehomogenosti drva, neravnomjernosti moći upijanja, veličine pora, tupe oštrice alata, nanošenja količine ulja dovoljne za cijelu površinu na jednom mjestu u vidu „lokve“, nejednolikog brušenja, duboke penetracije na poprečnih presjecima i
- ❖ pojava znojenja (izbijanja) ulja zbog formiranja malih mjehurića u porama koji se povećavaju zagrijavanjem ili zbog isparavanja otapala.

## **2. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Cilj ovog diplomskog rada bio je ispitati svojstva površine različitih vrsta drva (bukovina, hrastovina i trešnjevina) obrađenih različitim vrstama ulja (8 vrsta) te utvrditi njihovu kvalitetu i postojanost.

Zadatak ovog rada bio je ispitati i utvrditi vrijeme sušenja ulja, pojavu žućenja, promjenu boje, tvrdoću površine po Brinellu, otpornost uljenih površina prema hladnim tekućinama i toplini te dubinu penetracije različitih vrsta ulja na uzorcima bukovine, hrastovine i trešnjevine.

### 3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

U ovome istraživanju korišteno je drvo hrasta lužnjaka (*Quercus robur L.*), obične bukve (*Fagus silvatica L.*) i trešnje (*Prunus avium L.*) bez grešaka te radijalne teksture (blistače), poluradijalne teksture (polublistače) i tangentne teksture (bočnice), zbog široke upotrebe u izradi namještaja i podnih obloga.

Hrast lužnjak (*Quercus robur L.*) je listopadno drvo nizinskih šuma Europe, sjeverne Afrike i zapadne Azije. Drvo je jedričavo, bijeljika žućkastobijela, uska, srž žućkastosmeđa, ima finu teksturu (slavonska hrastovina), odnosno grubu teksturu (gruba hrastovina), visok sjaj na blistači i katkada je nepravilne teksture (ikričavost, valovitost žice). Godovi su markantni, prstenasto-porozni, drvni traci vrlo krupni. Traheje kasnog drva nastavljaju se neposredno na traheje ranog drva, njihova veličina postepeno opada i tvore uske radijalne pruge. U trahejama se često nalaze tile. Hrastovina lužnjaka je srednje teška ( $t_0 = 0,39-0,76 \text{ g/cm}^3$ ), jako se uteže ( $\beta_v = 8,75-20,67 \%$ ), srednje tvrdoće ( $HB = 28-101 \text{ N/mm}^2$ ), srednjeg modula elastičnosti ( $E_{15} = 10-13,2 \text{ GPa}$ ) i srednje čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima ( $\sigma_w = 48-70 \text{ N/mm}^2$ ). Trajnost nezaštićenog drva je 8-12 godina, ogrijevna snaga je velika ( $H_{15} = 14,44 \text{ MJ/kg}$ ), lako se cjepa i obrađuje, teško se i sporo suši te je česta pojava okorjelosti. Upotreba je široka i raznovrsna, kao prvorazredno tehničko drva za potrebe građevinarstva, za pragove, gradnju brodova, najbolje je bačvarsko drvo, za građevno stolarstvo i stolarstvo za pokućstvo, za furnire, parkete, gradnju klavira, rudničko drvo, moždanike, elise za avione, žbice, podove, kolje za vinograd, taninsko drvo, ogrijevno drvo za pougljavanje (Horvat, Krpan, 1967).

Obična bukva (*Fagus silvatica L.*) naše je najraširenije šumsko drvo koje se nalazi u brdskim i planinskim predjelima. Njen areal je centralna i južna Europa. Drvo je bakuljavo, zdravo (bez neprave srži) crvenkastobijelo, drvo neprave srži crvenkastosmeđe. Sjajno je i fine teksture (slavonska bukovina), godovi su markantni, difuzno-porozni, drvni traci široki, brojni i vidljivi na svim presjecima. Na radijalnom presjeku ističu se bojom i sjajem od ostalog drva, na tangentnom presjeku tvore tamne, guste i lećaste crtice (visoke do 1 cm). Traheje su brojne, jednolično raspoređene. Traheje zrelog drva ispunjene su tilama. Bukovina je teška vrsta drva ( $t_0 = 0,49-0,88 \text{ g/cm}^3$ ), jako se uteže ( $\beta_v = 14-21 \%$ ), drvo je tvrdo ( $HB = 54-110 \text{ N/mm}^2$ ), velikog modula elastičnosti ( $E_{15} = 10-18 \text{ GPa}$ ) i srednje čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima ( $\sigma_w = 41-99 \text{ N/mm}^2$ ). Nezaštićena bukovina nije trajna, može se kvalitetno impregnirati a ogrijevna snaga je velika ( $H_{15} = 14,84 \text{ MJ/kg}$ ). Lako se cjepa i obrađuje ali se pri sušenju vitoperi i uvija. Upotreba je kao i kod hrastovine široka i raznovrsna, poput stuba, pragova, rudničkog drva, bačvarskog drva, za pokućstvo (savijeno), klavire, furnire, parkete, kolarstvo, tokarstvo, kundake, kućno oruđe, igračke, lamelirano u građi aviona i elisa, impregnirano za nisku gradnju i vodogradnju, kao celulozno drvo te ogrijevno drvo (Horvat, Krpan, 1967).

Divlja trešnja (*Prunus avium L.*) je najraširenija voćkarica koja se koristi u domaćoj industriji namještaja i podnih obloga. Raste u mješovitim listopadnim šumama, a njen areal je Europa, Mala Azija i Kavkaz. Drvo je jedričavo, zdravo, svijetla bjeljika se razlikuje od žuto crvenkaste srži i često je zakrivljeno. Sjajne je i fine teksture, bez mirisa. Kada drvo potamni, bjeljika i srž se ne razlikuju. Rano i kasno drvo su jasno vidljivi. Blistača je s obzirom na drugačije boje godišnjih zona godova prugasta te ima jako visok sjaj. Trešnjevina je srednje teška vrsta drva ( $t_0 = 0,57 \text{ g/cm}^3$ ), slabo se uteže ( $\beta_v = 14 \%$ ), drvo je srednje tvrdo ( $HB = 31-59 \text{ N/mm}^2$ ), velikog modula elastičnosti ( $E_{15} = 11 \text{ GPa}$ ) i srednje čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima ( $\sigma_w = 44-55 \text{ N/mm}^2$ ). Nezaštićena trešnjevina nije trajna i javljaju se promjene boje pri kontaktu s metalima. Dobro se mehanički obrađuje, izuzetno se dobro savija parenjem, vrlo dobro se lijepi. Drvo se dobro obrađuje uljima i voskovima ali za ostale oblike površinske obrade drvo je problematično zbog selektivne penetracije. Može se izbjeljivati vodikovim peroksidom.

Primjenjuje se u proizvodnji šperploča, za kućni namještaj, garniture za sjedenje, lamperiju i parket. Koristi se za izradu glazbenih instrumenata (puhački instrumenti, harfe, klaviri), umjetničkog pribora, galanterije i marketarije (Wagenführ, Scheiber, 1974).

Uzorci su prije donošenja na Šumarski fakultet fino blanžani. Nakon što su uzorci doneseni na fakultet utvrđeno je da sadržaj vode ne prelazi 12 %. Potom su uzorci kondicionirani određeno vrijeme pri temperature  $23\pm 2$  °C i  $50\pm 5$  % relativne vlage zraka. Nakon kondicioniranja pripremljeni su uzorci različitih dimenzija. Dimenzije uzoraka hrastovine su iznosile  $375 \times 100 \times 21$  mm (po četiri uzorka za svako ulje). Kod uzoraka bukovine su odabrane dvije vrste dimenzija,  $450 \times 90 \times 14$  mm i  $1000 \times 90 \times 14$  mm (2 kratka uzorka i jedan duži uzorak za svako ulje). Kod trešnjevine su također odabrane dvije vrste dimenzija uzoraka,  $300 \times 90 \times 14$  mm i  $1000 \times 90 \times 14$  mm (1 kratak uzorak i 1 duži uzorak za svako ulje).

Svaki uzorak je označen kraticom ulja koje je nanoseno i brojem. Potom se pristupilo ručnom brušenju uzoraka brusnim papirom granulacije 80, zatim 120, uslijedilo je brušenje granulacijom 180 te je za završno brušenje odabrana granulacija 240. Uzorci su nakon brušenja obrisani krpom kako bi se otklonila sva drvena prašina.

Sva ulja nanosena su kistom prema preporukama proizvođača. Količina nanosa izračunala se sljedeći način: dužina uzorka [m]  $\times$  širina uzorka [m]  $\times$  preporučena količina nanosa proizvođača [ $\text{ml}/\text{m}^2$ ]. Npr. ulje Remmers:  $0,375 \text{ m} \times 0,10 \text{ m} \times 70 \text{ ml}/\text{m}^2 = 2,66 \text{ ml}$ . Nakon nanošenja prvog sloja ulja, pričekalo se na brisanje ulja krpom određeno vrijeme prema uputama proizvođača. Nakon brisanja viška ulja pamučnom tkaninom, uzorci su ostavljeni u kontroliranim uvjetima kako bi se ulje osušilo. Nakon prolaska vremena koje je proizvođač odredio kao vrijeme dostatno da se ulje osuši, na uzorcima je obavljeno međubrušenje granulacijom brusnog papira 320 kako bi se otklonila moguća prašina i odignuta vlakanca. Uzorci su obrisani krpom te se nanio drugi sloj ulja čija je količina manja u odnosu na prvi sloj. Ponovno se pričekalo s brisanjem ulja pamučnom tkaninom. Uzorci su nakon brisanja, a ujedno i poliranja ostavljeni u kontroliranim uvjetima na sušenju i otvrdnjavanju 2 tjedna prije početka ispitivanja promjene boje. Potom se nastavilo ispitivati otpornost na hladne tekućine i toplinu sa i bez vlage. Ispitivanje tvrdoće površine po Brinellu izvršeno je 3 tjedna nakon završetka sušenja ulja, a ubrzano izlaganje u QUV uređaju izvršeno je 4 tjedna nakon završetka sušenja ulja. Mjerenje dubine penetracije ulja izvršeno je drugim uzorcima 4 dana nakon završetka sušenja ulja.

### 3.1 OPIS ULJA

U daljnjem tekstu bit će prikazani dostupni tehnički podaci za svako korišteno ulje:

#### 3.1.1 BIOFA Arbeitsplattenöl lösemittelfrei Art. Nr. 2052

##### *Opis proizvoda*

BIOFA ulje za radne površine je prirodno i bezotapalno ulje s dobrom otpornošću na mrlje. Ispunjava normu HRN EN 71-3 koja se odnosi na sigurnost dječjih drvenih igračaka i otpuštanje određenih elemenata, te je uspješno testirano na kompatibilnost s hranom. Prodire duboko u drvo, dobrih je antistatičkih svojstava te oživljuje prirodnu strukturu i ton obrađenog drva.

### *Sastojci*

Laneno ulje, kuhano drveno (tungovo) ulje, ricinusovo ulje, kolofonij, esteri smola, mikro vosak, cinkov oksid, kobalt (2 etilheksanoat), sušivi cirkonij i manganoktoat te antioksidansi.

### *Radni postupci*

#### 1. Predobrada

Površina drva mora biti suha (do 12 % sadržaja vode), čista, bez prašine i masti. Završno brušenje granulacijom 180. Za obradu i sušenje proizvoda osigurati optimalnu cirkulaciju svježeg zraka. Ne započinjati proces pri temperaturama ispod 16 °C.

#### 2. Temeljni premaz

Ulje se može nanositi četkom, krpom, valjkom, spužvom ili štrcanjem. Nakon 20-30 minuta penetracije, ulje se može razmazati na mjesta koja su više upila i potom ih obrisati suhom krpom.

#### 3. Završni premaz

Nakon sušenja opet nanijeti ulje prema gore opisanom postupku ovisno o sposobnosti upijanja površine.

#### 4. Čišćenje alata

Odmah nakon upotrebe ulja primijeniti BIOFA bezotapalni čistač za četke 0600 ili razrjeđivač 0500.

#### 5. Čišćenje i održavanje površina

Ručno čišćenje s pH neutralnim deterdžentom otopljenim u toploj vodi. Preporuča se NACASA universalni čistač 4010 (zastupnik BIOFA). Nakon čišćenja potrebno je ostaviti površinu da se osuši te potom nanijeti ulje. Jače oštećena mjesta prebrusiti brusnim papirom granulacije 240 te potom nanijeti ulje.

### *Sušenje*

Nakon 16-24 sata pri 20 °C i 50-55 % relativne vlage zraka površina je suha na dodir. Potpuno sušenje i otvrdnjavanje ulja će trajati 7-10 dana.

### *Potrošnja*

1. nanos 25-35 ml/m<sup>2</sup> ili 30-40 m<sup>2</sup>/l.

2. i 3. nanos imaju nešto manju potrošnju, 5-10 ml/m<sup>2</sup> ili 100-200 m<sup>2</sup>/l, ovisno o sposobnosti upijanja površine.

### *Skladištenje*

Na hladnom i suhom mjestu. Moguć nastanak opne na površini ulja. Potrebno je ukloniti opnu te procijediti ulje.

### *Pakiranje*

Dostupno je pakiranje od 150 ml u staklenoj boci te metalni spremnici od 750 ml i 2,5 l.

### *Upozorenja o opasnostima*

Predmete natopljene radnim proizvodom (uljem) kao što su krpe i spužve isprati i osušiti u hermetički zatvorenom metalnom kontejneru kako bi se spriječila mogućnost samozapaljenja. Sam proizvod nije samozapaljiv. Sadrži kobalt (2-etilheksanoat). Može izazvati alergijske reakcije. Čuvati izvan dohvata djece. Koristiti samo na dobro provjetrenom području. Štetno za vodene organizme, može uzrokovati dugoročne štetne učinke. Izbjegavati ispuštanje u okoliš. Posebne upute potražiti u sigurnosno tehničkom listu. Prilikom obrade zaštititi kožu. Prilikom brušenja nositi masku za prašinu. Moguća pojava mirisa tipičnog za prirodne sirovine od kojih se ulje sastoji.

### *Manipuliranje materijalom*

Veće količine ostataka ulja zbrinuti u skladu s lokalnim zakonskim propisima. Male količine mogu se nakon sušenja odlagati u smeće. Za recikliranje potrebno je predati potpuno prazna pakiranja.

## **3.1.2 HABiol UV**

### *Opis proizvoda*

Temelji se na naprednoj nano tehnologiji UV zaštite te štiti drvene površine od oštećenja uzrokovanog djelovanjem sunca. Bitno umanjuje djelovanje UV zraka što omogućuje ne samo djelotvornu zaštitu drva već i zadržavanje prirodne boje drva. Habiol UV je čisto, biološko i antibakterijsko sredstvo koje se koristi u unutarnjim i vanjskim prostorima za impregnaciju, njegu i zaštitu prirodnih drvenih površina. Ulje je u skladu s normom HRN EN 71-3 za sigurnost dječjih drvenih igračaka i otpuštanja određenih elemenata, te dokazano kao neotrovno za artikle u kontaktu s hranom. Tako je Habiol UV siguran za djecu i za prehrambene artikle poput kuhinjskih drvenih ploča za rezanje. Povećava i učinak na higijenu, posebno u higijenski osjetljivim područjima kao što su kuhinja, kupaonica i drvene igračke te umanjuje učinak klica na zdravlje.

### *Sastojci*

Glavne komponente Habiol UV ulja je hladno prešano ulje koštica lana i prirodne smole koje zatvaraju pore drva i tako u velikoj mjeri sprječavaju prodiranje tekućina i prljavštine. Dubokom impregnacijom drva ističe se prirodni karakter, drvene površine mogu „disati“, nisu elektrostatski nabijene i imaju antibakterijsko djelovanje. Osim toga, drvo može apsorbirati i otpuštati vlagu što osigurava prirodnu regulaciju klime u prostoriji.

### *Postupak obrade*

#### 1. Predobrada

Brušenje brusnim papirom granulacije 180 i otprašivanje površine drva krpom ili zrakom.

#### 2. Temeljni premaz

Ulje se može nanositi štrcanjem, kistom, valjkom ili krpom. Višak ulja može se obrisati nakon otprilike 2 minute. Potrošnja ovisi o stanju obrađene drvene površine.



### 3. Završni premaz

Nakon sušenja potrebno je brušenje brusnim papirom granulacije 300. Potom se ulje nanosi kao u točki 2. Ulje se briše nakon 2 minute. Poslije sušenja površina se može polirati dok se ne postigne svileni mat efekt. Potrebno je pričekati još sat vremena i proizvod je spreman za postavljanje ili pakiranje.

#### *Sušenje*

Nakon 1. i 2. nanosa potrebno je 1-4 sata kako bi se ulje apsorbiralo u drvo i osušilo. Površina drva će potpuno otvrdnuti i postići propisanu otpornost nakon otprilike 10 dana.

#### *Potrošnja*

1. i 2. nanos imaju potrošnju od 50 do 80 g/m<sup>2</sup>. S obzirom na brzo upijanje ulja nije naodmet 1. nanos odraditi s 80 g/m<sup>2</sup> a drugi s 50 g/m<sup>2</sup>. Prilikom redovitog održavanja, dovoljno je koristiti nanos od 5 g/m<sup>2</sup>, a kod restauracije može se koristiti nanos kao kod neuljenog drva.

#### *Skladištenje*

Ulje je potrebno skladištiti čvrsto zatvoreno na suhom, hladnom i tamnom mjestu. Preporuča se držati ulje izvan dohvata djece.

#### *Sigurnost*

Isprati i osušiti korištene krpe kako bi se spriječila mogućnost samozapaljenja.

### 3.1.3 Helios Bio impregmol ABL i HOW

#### *Postupak obrade*

#### 1. Predobrada

Brušenje brusnim papirom granulacije 80-120-180-240 i otprašivanje površine krpom ili zrakom.

#### 2. Temeljni premaz

Kao temeljni sloj koristi se Bio impregmol ABL. Može se nanositi krpom, valjkom ili kistom. Nakon 2 minute ostaci ulja se mogu obrisati krpom ili papirom.

#### 3. Završni premaz

Nakon sušenja potrebno je brušenje površine s brusnim papirom granulacije 240. Potom se nanosi Bio impregmol HOW. Nakon 2 minute ulje se može obrisati krpom ili papirom te lagano ispolirati.

#### *Sušenje*

Nakon nanosa 1. sloja potrebna su 3-4 sata da se ulje osuši pri temperaturi 18-25 °C i relativne vlažnosti zraka 50-70 %. Potom se može nanijeti 2. sloj ulja. Za sušenje 2. sloja ulja potrebno je minimalno 8 sati i potom se takvo uljeno drvo može pakirati u vosak papir. Kod uvijeta izvan preporučenih granica sušenje se može produžiti. Nakon uljenja površine ne izlagati višim temperaturama kako bi se spriječilo tzv. znojenje ulja.

### *Potrošnja*

Jedan nanos Bio impregnola ABL ima propisanu potrošnju od 60 do 80 ml/m<sup>2</sup> dok jedan nanos Bio impregnola HOW ima potrošnju 20 ml/m<sup>2</sup>.

### *Skladištenje*

Ulje je potrebno skladištiti čvrsto zatvoreno na suhom, hladnom i tamnom mjestu. Preporuča se držati ulje izvan dohvata djece.

### *Upozorenja o opasnostima*

Bio impregnologi bazirani su na sušivim biljnim uljima te suše oksidacijom što je egzotermni proces. Zbog toga je tkanine natopljene uljem potrebno namočiti vodom kako nebi došlo do samozapaljenja.

## **3.1.4 Hesse Hartwachs-Öl OB 5281x(Glanzgrad)-(Farbton)**

### *Opis proizvoda*

Kvalitetno ulje s bijelim pigmentom idealno je za površinsku obradu drvenih površina u interijeru uključujući premazivanje drvenih podnih obloga i OSB ploča. Najbolji efekt stvara na prstenasto-poroznim vrstama drva. Ne stvara film na površini već efekt otvorenih pora i drvo može primati i otpuštati vlagu ovisno o uvjetima u prostoriji.

### *Sastojci*

Univerzalno ulje na bazi lanenog, suncokretovog i jojoba ulja s modificiranom alkidnom smolom, bijelim pigmentom, bez kobalta i olova.

### *Postupak obrade*

#### 1. Predobrada

Površina drva mora biti čista i suha. Podne obloge moraju biti ravnomjerno položene kako bi i brušenje bilo ravnomjerno. Brušenje se vrši granulacijama kako je zadano: 80-120-180-240. Nakon brušenja potrebno je obrisati prašinu s površine krpom ili zračnim otprašivanjem.

#### 2. Temeljni premaz

Ulje se može nanositi finom abrazivnom spužvom, lopaticom (špahtlom), valjkom, kistom ili zračnim štrcanjem pri temperaturi od minimalno 20 °C. Promjer mlaznice za zračno štrcanje iznosi 1,5 do 1,8 mm a tlak štrcanja je 2-3 bar-a. Nakon 10-20 minuta višak ulja može se brisati mekom pamučnom krpom dok se ne pojavi ravnomjerno suha površina.

#### 3. Završni premaz

Nakon sušenja potrebno je površinu prebrusiti brusnim papirom granulacije 320 te naknadno otprišati površinu. Potom se nanosi drugi sloj ulja. Kao i kod temeljnog premaza, potrebno je pričekati 10-20 minuta prije brisanja s mekom pamučnom krpom.

#### 4. Čišćenje i održavanje uljenih površina

Postavljanje tepiha na uljene podne obloge ne poreporuča se ranije od 7 dana nakon uljenja zbog procesa otvrdnjavanja ulja. Preporuča se redovito čišćenje i održavanje

površina namještaja s Proterra Cleaner GR 1900 sredstvom za čišćenje. Prvu njegu nakon uljenja i naknadno održavanje podnih obloga preporuča se provoditi s Hesse PROTECT-CLEANER PR 90 sredstvom za njegu uljenih drvnih površina. Parket se može brisati mekom i navlaženom krpom.

#### *Sušenje*

Vrijeme potrebno da se osuši sloj ulja iznosi 16-24 sata pri minimalnoj temperaturi od 20 °C i optimalnoj cirkulaciji zraka. Drugi sloj ulja može se nanijeti nakon 24 sata i vrijeme sušenja drugog sloja je jednako vremenu sušenja prvog sloja. Potpuno otvrdnjavanje ulja predviđa se 7 dana nakon nanošenja.

#### *Potrošnja*

Prije upotrebe dobro promiješati ulje. Za jedan nanos ulja na elemente namještaja korištenjem fine abrazivne spužve utrošak iznosi 10-20 g/m<sup>2</sup> dok za nanos ulja na parket korištenjem lopatice, valjka, kista ili zračnog štrcanja iznosi 15-20 g/m<sup>2</sup>. Drugi nanos ima jednak utrošak ulja za oba načina nanošenja.

#### *Pakiranje*

Dostupna su pakiranja od 1 i 25 litara.

#### *Skladištenje*

Temperatura za skladištenje ulja iznosi 15-25 °C. Rok trajanja ulja je 52 tjedna. Otvoreno vrijeme za rad s uljem je maksimalno 2 sata.

#### *Upozorenja o opasnostima*

Nakon brisanja ulja s krpom ili papirom potrebno je krpu ili papir namočiti s vodom kako nebi došlo do samozapaljenja. Krpe se potom mogu osušiti te ponovno koristiti.

### **3.1.5 Hesse Hartwachs-ÖL OE 5281x(Glanzgrad)-2001**

#### *Opis proizvoda*

Idealan odabir za površinsku zaštitu parketa i namještaja u zatvorenom prostoru, kao što su dnevni boravak i spavaće sobe, dječji namještaj, zidne i stropne ploče. Kemijska i mehanička otpornost ovisi o broju primijenjenih slojeva ulja.

#### *Sastojci*

OE ulje temelji se na prirodnom lanenom ulju uz dodatak modificirane alkidne smole i kobalta. Ulje daje drvu tvrd, fleksibilan i na habanje otporan sloj koji je razrijeđen izoparafinski te dobro naglašava teksturu drva. Također se omogućava i „disanje“ drva, ovisno o uvjetima u prostoriji.

#### *Postupak obrade*

##### 1. Predobrada

Površina drva mora biti čista i suha. Podne obloge moraju biti ravnomjerno položene kako bi i brušenje bilo ravnomjerno. Brušenje se vrši granulacijama kako je zadano:

80-120-180-240. Nakon brušenja potrebno je obrisati prašinu s površine krpom ili zračnim otprašivanjem.

## 2. Temeljni premaz

Ulje se može nanositi špahtlom (lopaticom), valjkom, kistom ili zračnim štrcanjem pri temperaturi od minimalno 20 °C. Promjer mlaznice za zračno štrcanje iznosi 1,5 do 1,8 mm a tlak štrcanja je 2-3 bar-a. Nakon 10-20 minuta višak ulja može se brisati krpom ili papirom.

## 3. Završni premaz

Nakon sušenja potrebno je površinu prebrusiti brusnim papirom granulacije 320 te naknadno otprašiti površinu. Potom se nanosi drugi sloj ulja. Kao i kod temeljnog premaza, potrebno je pričekati 10-20 minuta prije brisanja s krpom ili papirom.

## 4. Čišćenje i održavanje uljenih površina

Postavljanje tepiha na uljene podne obloge ne poreporuča se ranije od 7 dana nakon uljenja zbog procesa otvrdnjavanja ulja. Preporuča se redovito čišćenje i održavanje površina namještaja s Proterra Cleaner GR 1900 sredstvom za čišćenje. Prvu njegu nakon uljenja i naknadno održavanje podnih obloga preporuča se provoditi s Hesse PROTECT-CLEANER PR 90 sredstvom za njegu uljenih drvnih površina. Parket se može brisati mekom navlaženom, a ne mokrom krpom.

### *Sušenje*

Vrijeme potrebno da se osuši sloj ulja iznosi 16-24 sata pri minimalnoj temperaturi od 20 °C i optimalnoj cirkulaciji zraka. Drugi sloj ulja može se nanijeti nakon 24 sata i vrijeme sušenja drugog sloja je jednako vremenu sušenja prvog sloja. Potpuno otvrdnjavanje ulja predviđa se 7 dana nakon nanošenja.

### *Potrošnja*

Prije upotrebe dobro promiješati ulje. Za jedan nanos ulja korištenjem lopatice utrošak iznosi 10-30 g/m<sup>2</sup> dok za nanos ulja korištenjem valjka, kista ili zračnog štrcanja iznosi 40-60 g/m<sup>2</sup>. Drugi nanos ima jednak utrošak ulja kao i prvi nanos za oba načina nanošenja.

### *Pakiranje*

Dostupna su pakiranja od 25, 200, 400 i 1000 litara.

### *Skladištenje*

Temperatura za skladištenje ulja iznosi 15-25 °C. Rok trajanja ulja je 104 tjedna. Otvoreno vrijeme za rad s uljem je maksimalno 1 sat.

### *Upozorenja o opasnostima*

Nakon brisanja ulja s krpom ili papirom potrebno je krpu ili papir namočiti s vodom kako nebi došlo do samozapaljenja. Krpe se potom mogu osušiti te ponovno koristiti.

### 3.1.6 Leinos Naturfarben Hartwachsöl 290

#### *Opis proizvoda*

Leinos ulje je visoko otporan premaz idealan za drvene podne obloge i stepenice, drvene ploče i Sterling OSB ploče u zatvorenom prostoru. Posebno jako upijajuće podloge treba premazati uljem Hartöl 240. Ovaj premaz oživljava i produbljuje prirodnu strukturu drva, istovremeno pruža efekt otvorenih pora i svileni mat efekt. Odlikuje se izdržljivom i vodoodbojnom površinom. Ispunjava normu HRN EN 71-3 koja se odnosi na sigurnost dječjih drvenih površina i ispuštanje određenih elemenata, uspješno je testirano na kompatibilnost s hranom i potvrđena je otpornost prema znoju i slini prema DIN 53160. Leinos ulje ima nekoliko tonova: bezbojni, trešnja, orah, prirodni hrast, ebanovina, bijela, dvostruko bijela, siva i pjeskovito žuta.

#### *Sastojci*

Ricinusovo ulje s vrelim kolofonijem, tungovo štand ulje, tungovo-ricinusovo štand ulje, kaolin, aluminijev oksid, cink karbonat, talk, izoparafin, mikro vosak, silicijev dioksid, mineralni pigmenti i sikativi. Udio VOC-a u ovom ulju je maksimalno 390 g/l dok je propisana EU granica 700 g/l (kategorija F iz 2010. godine).

#### *Postupak obrade*

##### 1. Predobrada

Površina mora biti čista i bez prašine s maksimalnim sadržajem vode od 14 %. Temperatura pri nanošenju ne smije biti ispod 16 °C jer je pri nižim temperaturama sušenje sporije. Završno brušenje s brusnim papirom granulacije 120.

##### 2. Temeljni premaz

Ulje je potrebno dobro protresti prije upotrebe kako bi se ulje i vosak povezali. Nanos ulja mora biti tanak i ravnomjeran po cijeloj površini. Nakon nanošenja potrebno je ostaviti ulje 15-20 minuta kako bi se upilo. Potom slijedi brisanje viška ulja s površine mekom pamučnom krpom dok se ne postigne ravnomjerna suha površina.

##### 3. Završni premaz

Nakon sušenja potrebno je površinu prebrusiti brusnim papirom granulacije 150-180 te ukloniti prašinu od brušenja krpom ili odzračivanjem. Potom se nanosi drugi sloj u istoj količini.

##### 4. Čišćenje i održavanje

Uljene površine preporučljivo je tretirati miješavinom tvrdog voska i naftalina (Pfanzenseife Art. 930) u količini od 10 do 30 ml na 10 l vode pomoću vlažne krpe. Ukoliko dođe do habanja površine, očistiti površinu i nanijeti ulje za održavanje (Pflegeöl 285). Preporuča se 4 tjedna nakon posljednjeg uljenja površine naručiti prvo ulje za održavanje Pflegeöl 285.

#### *Sušenje*

Vrijeme sušenja je 6-12 sati pri 20 °C i 50-55 % relativne vlage zraka uz optimalnu cirkulaciju zraka. Nakon 16-24 sata može se nanositi drugi sloj ulja. Izlaganje površine punom opterećenju moguće nakon 7-14 dana.

### *Potrošnja*

Oba sloja se nanose u količini od 30 do 50 ml/m<sup>2</sup> čime se može pokriti 25 m<sup>2</sup>/l.

### *Pakovanje*

Leinos ulje se pakira u 4 različite dimenzije pakovanja: 0,25 l dovoljno je za 6 m<sup>2</sup>, 0,75 l dovoljno je za 18 m<sup>2</sup>, 2,5 l dovoljne su za 60 m<sup>2</sup> i 10 l dovoljno je za 250 m<sup>2</sup>.

### *Skladištenje*

Čuvati na hladnom i suhom mjestu. Tvornički zatvoreno pakovanje traje 5 godina. Ukoliko spremnik nije dobro zatvoren može se pojaviti opna na vrhu ulja te je prilikom ponovne upotrebe potrebno procijediti ulje.

### *Upozorenja o opasnostima*

Štetno za vodeni okoliš s dugotrajnim učincima. Ponavljano izlaganje može izazvati suhoću ili pucanje kože. Čuvati izvan dohvata djece. U slučaju gutanja nazvati toksikološki centar ili liječnika. Ne izazivati povraćanje. Izbjegavati ispuštanje u okoliš. Sadržaj i spremnik pravilno reciklirati prema lokalnim propisima. Osušeni ostaci se mogu odlagati zajedno s kućnim otpadom. Sam proizvod nije samozapaljiv. Nakon korištenja krpe i spužve namočiti u vodi kako nebi došlo do samozapaljenja. Prilikom nanošenja ulja zračnim štrcanjem nositi odobreni respirator, a kod brušenja masku za prašinu.

## **3.1.7 Proterra Cerol GE 12006**

### *Opis proizvoda*

Proterra bezbojno ulje služi za obradu drvenim površina u zatvorenom prostoru kao što su dnevni boravak, spavaća soba, dječji namještaj, zidne i stropne oplata. Također se može koristiti za popravak ranije nauljenih površina na mnogim vrstama drveta. Svojom impregnacijom omogućuje paropropusnost površine s efektom otvorenim pora što pruža ugodan osjećaj u prostoru.

### *Sastojci*

Kombinacija ulja i voska na bazi lanenog ulja, pčelinjeg i karnauba voska niske viskoznosti, niskog sadržaja otapala, bez kobalta i olovnih sikativa.

### *Postupak obrade*

#### 1. Predobrada

Površina mora biti čista, suha, bez ulja, masti, voska i silikona. Brušenje brusnim papirom granulacije do 280. Što je veća granulacija brusnog papira to se manje ulja upije u drvo. Nakon brušenja potrebno je prašinu obrisati krpom ili odzračiti.

#### 2. Temeljni premaz

Prije upotrebe potrebno je dobro protresti ulje. Može se nanositi finom abrazivnom spužvom, kistom, valjkom, zračnim i bezzračnim štrcanjem. Promjer mlaznice za zračno štrcanje iznosi 1,5-1,8 mm a tlak iznosi 2-3 bar-a. Za bezzračno štrcanje promjer mlaznice je 0,23-0,28 mm a tlak je 50-80 bar-a. Nakon nanošenja pričekati 10-20 minuta kako bi se ulje upilo, potom se višak ulja može brisati mekom pamučnom krpom.

### 3. Završni premaz

Nakon sušenja potrebno je površinu lagano prebrusiti brusnim papirom granulacije 320. Površinu je potrebno očistiti od prašine krpom ili odzračivanjem. Potom se nanosi drugi sloj ulja u istoj količini. Nakon 10-20 minuta nakon nanošenja ulja, višak ulja može se obrisati mekom pamučnom krpom.

#### *Sušenje*

Vrijeme potrebno za sušenje svakog sloja ulja iznosi 16-24 sata pri 20 °C, 65 % relativne vlage zraka iz uz optimalnu cirkulaciju svježeg zraka. Nakon 24 sata može se nanositi idući sloj ulja. 3-6 sati nakon nanošenja završnog sloja ulja površina se može polirati mekom pamučnom krpom dok se ne postigne ravnomjerno sjajna površina. Površinu je preporučljivo izlagati potpunom opterećenju 7 dana nakon završenog sušenja.

#### *Potrošnja*

Neovisno o alatu nanošenja potrošnja ulja iznosi 10-30 g/m<sup>2</sup> za svaki nanos.

#### *Pakiranje*

Ulje je dostupno u pakiranjima od 1, 5 i 10 litara.

#### *Skladištenje*

Rok trajanja originalno zapakiranog ulja je 2 godine. Temperatura skladištenja bi trebala iznositi 10-30 °C.

#### *Upozorenja o opasnostima*

Nakon brisanja ulja s površine drva meke pamučne krpe potrebno je natopiti u vodi kako bi se spriječilo samozapaljenje. Praznu ambalažu zbrinuti prema lokalnim zakonskim propisima. Čuvati izvan dohvata djece.

### 3.1.8 HWS-112-Hartwachs Siegel

#### *Opis proizvoda*

HWS-112 se upotrebljava u unutarnjim prostorima i posebno je povoljan za drvene podove i stepenice. Također se može upotrebljavati za kvalitetni namještaj od punog drva, kuhinjske radne ploče i panele. Bezbojan je i povoljan za skoro sve vrste drva. Prodire duboko u drvo i time naglašava prirodnu strukturu drva. Svojim impregnirajućim djelovanjem čini površinu drva odbojnom za prljavštinu i habanje te stvara zaštitni film uz efekt otvorenih pora. Ne preporuča se koristiti ga kod izbijeljenog drva. Cjelovito je ispitan i certificiran od strane njemačkih institucija: podržava Opće odredbe građevinske inspekcije, sukladan je Deco-Paintu, ima oznaku protukliznosti R10 prema DIN 51130, otporan je na kemikalije prema DIN 68861-1B i ispunjava normu HRN EN 71-3 za sigurnost dječjih igračaka.

#### *Sastojci*

Podaci o sastojcima nisu dostupni.

### *Postupak obrade*

#### 1. Predobrada

Površina drva mora biti čista, suha, bez masti, ulja ili silikona. Površine masnih listača ili četinjača potrebno je tretirati razrjeđivačem V-890 prije nanošenja ulja. Sadržaj vode mora biti 8-12 %, temperatura zraka 15-25 °C a relativna vlažnost zraka 50-65 %. Završno brušenje u predobradi se obavlja brusnim papirom granulacije 150. Nakon brušenja potrebno je prašinu odstraniti krpom ili odzračivanjem.

#### 2. Temeljni premaz

Prije upotrebe ulje je potrebno dobro promiješati. Može se nanositi valjkom, kistom, zračnim i bezzračnim štrcanjem. Promjer mlaznice kod zračnog štrcanja iznosi 1,6-1,8 mm a tlak 2-3 bar-a dok promjer mlaznice kod bezzračnog štrcanja iznosi 0,23-0,28 mm a tlak 60-80 bar-a. Nakon nanošenja pričekati 10 minuta da se ulje upije pa potom obrisati višak koristeći meku pamučnu krpu.

#### 3. Završni premaz

Nakon sušenja potrebno je površinu lagano prebrusiti brusnim papirom granulacije 240-280. Potom je potrebno prašinu odstraniti krpom ili odzračivanjem. Nakon nanošenja završnog sloja potrebno je ostaviti ulje na 10 minuta da se upije pa obrisati višak ulja koristeći meku pamučnu krpu.

#### 4. Čišćenje alata

Nakon nanošenja ulja alat se može očistiti koristeći sredstvo za čišćenje V 101 (proizvod br. 0978).

### *Sušenje*

Vrijeme potrebno za sušenje svakog nanesenog sloja ulja iznosi 6 sati a već nakon 60 minuta površina je suha na dodir. Idealni uvjeti za propisano vrijeme sušenja su temperatura od 20 °C i 65 % relativne vlage zraka. Nakon 7 dana uljenu površinu se smije izložiti potpunom opterećenju.

### *Potrošnja*

Ulje se nanosi u 2 sloja. Za 1. sloj potrošnja iznosi 70 ml/m<sup>2</sup> a 2. sloj potrošnja iznosi 60 ml/m<sup>2</sup>.

### *Pakiranje*

Dostupno je pakiranje metalnim bijelim posudama od 1, 5 i 20 litara.

### *Skladištenje*

Preporuča se skladištenje u suhim i hladnim uvjetima, rok trajanja originalno zapakiranog ulja je 1 godina.

### *Upozorenja o opasnostima*

Ulje se preporuča upotrebljavati umjereno i po uputstvu za primjenu. Čuvati izvan dohvata djece. Izbjegavati kontakt sa očima i kožom. Pri obradi ne jesti, piti ili pušiti. Kod



nanošenja u unutarnjim prostorima pobrinuti se za dobro prozračivanje. Tekstili (npr. krpe za čišćenje, radna odjeća) koji su onečišćeni sa HWS-112 uljem mogu naginjati samozapaljenje, zato se trebaju zbrinuti u otpad koji nije zapaljiv. Ostaci proizvoda se moraju zbrinuti prema važećim propisima. Prazna pakiranja mogu se reciklirati. Spriječiti izlijevanje ulja u okoliš.

Zbirni podaci o količini nanosa svakog ulja za temeljni i završni premaz prikazani su u tablici 3.

Tablica 3 - Oznake i potrošnja ulja po slojevima

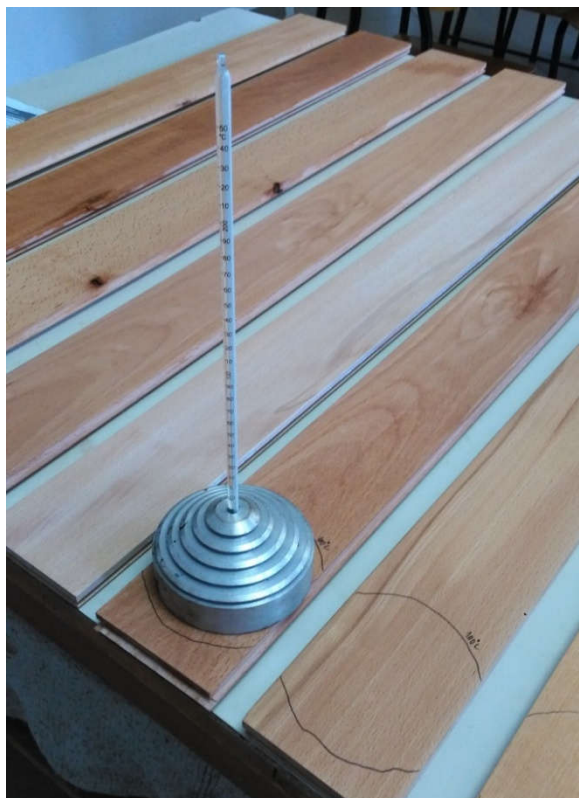
Oznaka uzorka	Sustavi premaza			
	Temelj (impregnacija)		Završni sloj	
	Količina nanosa [ml/m <sup>2</sup> ]	Broj slojeva	Količina nanosa [ml/m <sup>2</sup> ]	Broj slojeva
BI (BIOFA)	35	1	10	1
HA (HABiol)	80	1	50	1
HE (Helios)	80	1	20	1
OB (Hesse OB)	50	1	50	1
OE (Hesse OE)	50	1	50	1
LE (Leinos)	50	1	30	1
PR (Protterra)	30	1	10	1
RE (Remmers)	70	1	60	1

### 3.2 Metoda procjene otpornosti površine prema toplini bez vlage

Ispitivanje se vrši prema normi HRN EN 12722:2009. Oprema koja se koristi za ovo ispitivanje sastoji se od:

- termometra s točnošću od 1°C (oznaka TE-01),
- grijaćeg tijela (oznaka GT-01),
- grijača (oznaka EG-01),
- termoizolacijske mase (oznaka TM-01) i
- upijajuće tkanine za brisanje.

Prije početka ispitivanja provjeriti jesu li klimatski uvjeti u laboratoriju odgovarajući te provjeriti jesu li uzorci kondicionirani tjedan dana pri  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  i  $50 \pm 5\%$  relativne vlage zraka. Postupak ispitivanja se provodi na način da se grijaće tijelo zagrije na temperaturu veću od zadane. Temperature pri kojima se može vršiti mjerenje su:  $55^\circ\text{C}$ ,  $70^\circ\text{C}$ ,  $85^\circ\text{C}$ ,  $100^\circ\text{C}$ ,  $120^\circ\text{C}$ ,  $140^\circ\text{C}$ ,  $160^\circ\text{C}$ ,  $180^\circ\text{C}$  i  $200^\circ\text{C}$ . Temperatura pri kojoj se vršilo ovo mjerenje iznosila je  $100^\circ\text{C}$ . Grijaće tijelo nakon zagrijavanja položiti na melaminsku spužvu (termoizolacijsku masu). Nakon što grijaće tijelo postigne zadanu temperaturu  $\pm 1^\circ\text{C}$ , može se staviti na ispitivanu površinu slijedećih 20 minuta. Nakon 20 minuta grijaće tijelo se makne, flomasterom se zabilježi položaj grijaćeg tijela i temperatura pri kojoj se vršilo ispitivanje te se uzorak ostavi neometan slijedećih 16-24 sata (slika 12).



Slika 12 – Prikaz ispitivanja otpornosti površine prema toplini bez vlage

Nakon 16-24 sata površinu uzorka potrebno je očistiti s tkaninom i ocijeniti promjene na površini. Ispitnu površinu potrebno je usporediti s okolnom površinom koja ju okružuje s udaljenosti od 0,25 do 1 m i dodijeliti ocjenu prema sljedećim kriterijima:

5	Nema vidljivih promjena.
4	Male promjene boje i sjaja, vidljive smo kada se svjetlo zrcali na ispitnom mjestu, ili izolirani jedva vidljivi tragovi.
3	Umjerene promjene boje i sjaja vidljive iz više smjerova.
2	Značajne promjene boje i sjaja vidljive iz svih smjerova. Slaba promjena strukture površine (npr. mjehuranje, dignuta vlakanca, pukotine)
1	Jako izražene promjene boje i sjaja, djelomično ili totalno odvajanje materijala s površine, tkanina od poliamida se zalijepila za površinu.

### 3.3 Metoda procjene otpornosti površine prema toplini s vlagom

Ispitivanje se vrši prema normi HRN EN 12721:2009. Oprema koja se koristi za ovo ispitivanje sastoji se od:

- termometra s točnošću od 1°C (oznaka TE-01),
- grijaćeg tijela (oznaka GT-01),
- grijača (oznaka EG-01),
- tkanine od poliamidnih vlakana (pravokutnog oblika stranice (120±3 mm) i gramature 50 g/m<sup>2</sup> (oznaka TK-01),
- deionizirane ili destilirane vode,
- termoizolacijske mase (oznaka TM-01),
- kapaljke ili sličnog pomagala sa skalom i
- upijajuće tkanine za brisanje.

Prije početka ispitivanja provjeriti jesu li klimatski uvjeti u laboratoriju odgovarajući te provjeriti jesu li uzorci kondicionirani tjedan dana pri 23±2 °C i 50±5 % relativne vlage zraka. Postupak ispitivanja se provodi na način da se grijaće tijelo zagrije na temperaturu veću od zadane. Temperature pri kojima se može vršiti mjerenje su: 55°C, 70°C, 85°C, 100°C. Temperatura pri kojoj se vršilo ovo mjerenje iznosila je 85°C. Grijaće tijelo nakon zagrijavanja položiti na melaminsku spužvu (termoizolacijsku masu). Staviti tkaninu od poliamidnih vlakana na ispitivanu površinu i ravnomjerno ju navlažiti s (2±0,2 cm<sup>3</sup>) deionizirane ili destilirane vode pomoću kapaljke ili sličnog pomagala (slika 13). Nakon što grijaće tijelo postigne zadanu temperaturu ±1 °C, može se staviti na ispitivanu površinu slijedećih 20 minuta. Nakon 20 minuta grijaće tijelo se makne. Potom je potrebno pričekati da se površina uzorka ohladi te ju očistiti s upijajućom tkaninom. Flomasterom se zabilježi položaj grijaćeg tijela i temperatura pri kojoj se vršilo ispitivanje te se uzorak ostavi neometan slijedećih 16-24 sata. Nakon 16-24 sata površinu uzorka potrebno je očistiti s tkaninom i ocijeniti promjene na površini. Ispitnu površinu potrebno je usporediti s okolnom površinom koja ju okružuje s udaljenosti od 0,25 do 1 m i dodijeliti ocjenu prema sljedećim kriterijima:

5	Nema vidljivih promjena.
4	Male promjene boje i sjaja, vidljive smo kada se svjetlo zrcali na ispitnom mjestu, ili izolirani jedva vidljivi tragovi.
3	Umjerene promjene boje i sjaja vidljive iz više smjerova.
2	Značajne promjene boje i sjaja vidljive iz svih smjerova. Slaba promjena strukture površine (npr. mjehuranje, dignuta vlakanca, pukotine)
1	Jako izražene promjene boje i sjaja, djelomično ili totalno odvajanje materijala s površine, tkanina od poliamida se zalijepila za površinu.



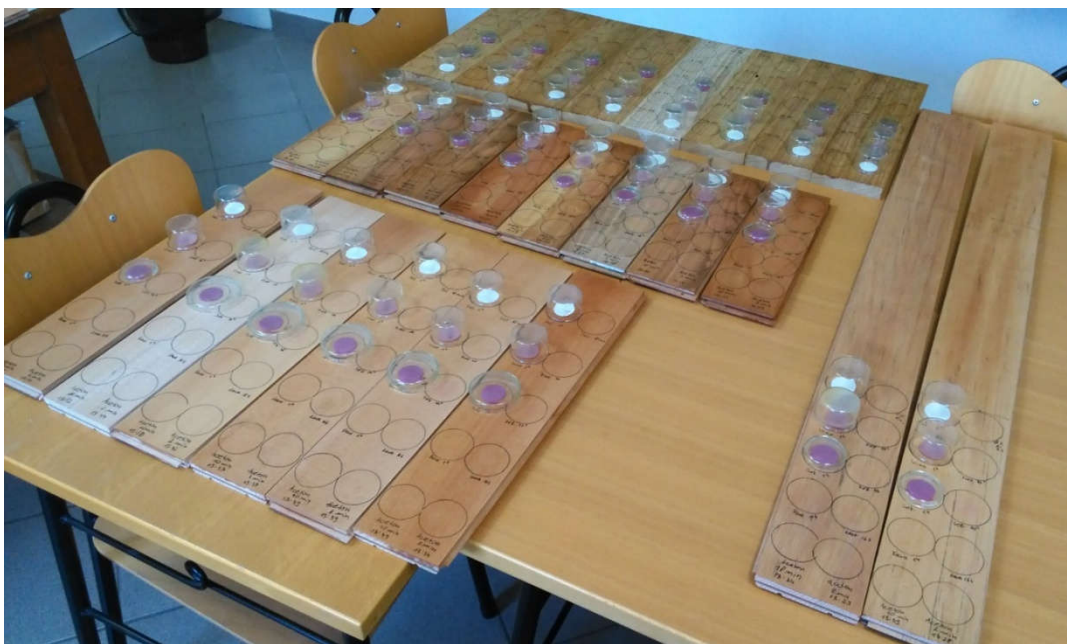
Slika 13 – Prikaz ispitivanja otpornosti površine prema toplini bez vlage

### 3.4 Metoda procjene otpornosti površine prema hladnim tekućinama

Ispitivanje se vrši prema normi HRN EN 12720:2009. Oprema koja se koristi za ovo ispitivanje sastoji se od:

- disk filtera papira promjera ( $25 \pm 2$  mm) i težine 400-500 g/m<sup>2</sup> (oznaka FP-01),
- staklene petrijeve zdjelice promjera 40 mm i visine ( $25 \pm 2$  mm) (oznaka SP-01),
- pincete,
- upijajućeg papira,
- upijajuće tkanine,
- tekućine za ispitivanje temperature ( $23 \pm 2$  °C),
- destilirane ili deonizirane vode temperature ( $23 \pm 2$  °C),
- otopine za čišćenje; omjer miješanja: 15 ml sredstva za čišćenje u 1 litri vode (oznaka OT-01) i
- posude za potapanje papira.

Prije početka ispitivanja provjeriti jesu li klimatski uvjeti u laboratoriju odgovarajući te provjeriti jesu li uzorci kondicionirani tjedan dana pri  $23 \pm 2$  °C i  $50 \pm 5$  % relativne vlage zraka. Uroniti filter papir u ispitnu tekućinu i držati ga 30-60 sekundi. Obrisati višak tekućine uz rub posudice, zatim položiti filter papir na ispitno mjesto i prekriti ga petrijevom zdjelicom. Označiti položaj filter papira, vrstu tekućine i trajanje ispitivanja (slika 14).



Slika 14 – Prikaz ispitivanja otpornosti površine prema hladnim tekućinama

Nakon isteka propisanog vremena maknuti petrijevu zdjelicu i ukloniti filter papir. Pokupiti višak tekućine i ostaviti površinu nepokrivenom 16-24 sata. Nakon 16-24 sata očistiti površinu s otopinom za čišćenje i destiliranom vodom. Nakon 30 min ocijeniti promjene na površini. Ispitnu površinu usporediti s referentnom s udaljenosti od 0,25 do 1 m i dodijeliti ocjenu prema sljedećim kriterijima:

5	Nema vidljivih promjena.
4	Male promjene boje i sjaja, vidljive smo kada se svjetlo zrcali na ispitnom mjestu, ili izolirani jedva vidljivi tragovi.
3	Mali tragovi vidljivi iz više smjerova.
2	Jako izraženi tragovi. Struktura površine nije jako promijenjena.
1	Jako izraženi tragovi. Struktura površine je promijenjena ili je sredstvo površinske obrade razgrađeno ili je papir dijelom ili potpuno zalijepljen za površinu.

Tekućine koje su korištene u ovom ispitivanju su aceton s vremenom izlaganja od 2 i 10 minuta, instant kava, sok od crnog ribiza i crno vino s vremenom izlaganja od 1 i 16 sati te sredstvo za čišćenje namještaja s vremenom izlaganja od 10 min i 1 sat.

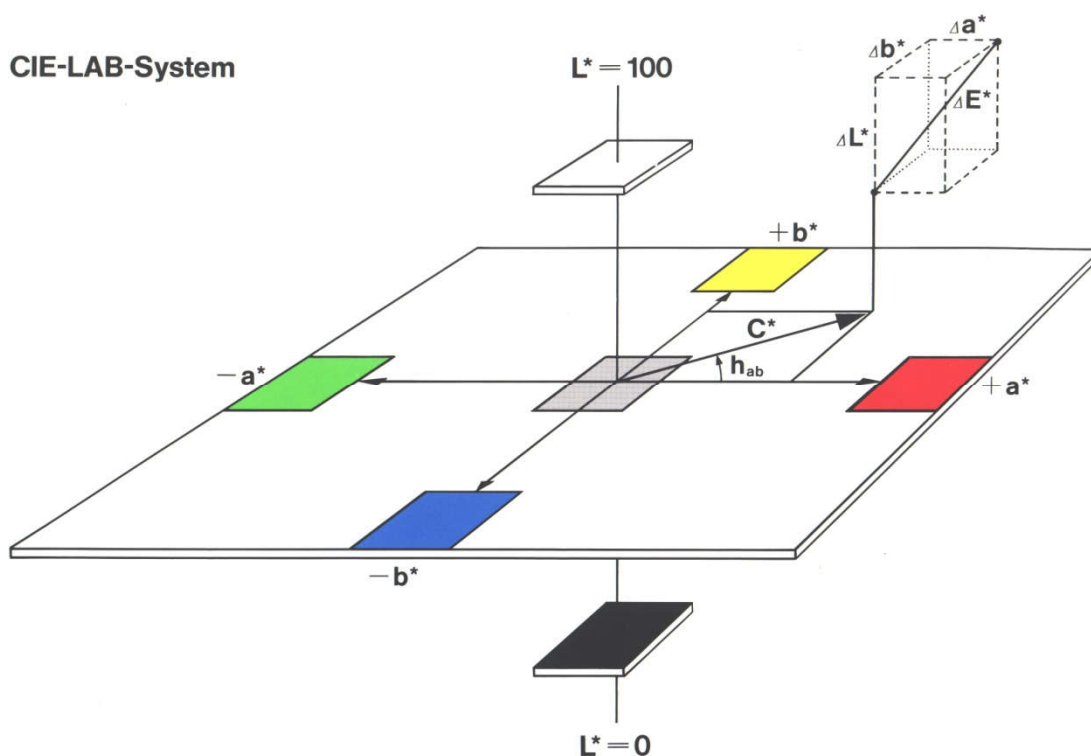
Navedene tekućine korištene su zbog praktički svakodnevne upotrebe u životu u interijeru i želje da se korištenjem tekućina koje ostavljaju tvrdokorne mrlje ispita intenzitet prodora u strukturu uljenog drva, tragovi koji će ostati nakon ispitivanja i mogućnost otklanjanja mrlja s otopinom za čišćenje i destiliranom vodom.

### 3.5 Metoda mjerenja boje

Boja drva se mijenja pod utjecajem svjetla bez obzira bila to sunčeva svjetlost ili neki umjetni izvor zračenja.

Prilikom mjerenja boje mjeri se njezine tri komponente: ton, zasićenost i svjetlinu boje koje predstavljaju tri koordinate u prostoru. Godine 1976. CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) preporučila je  $L^* a^* b^*$  sustav boje kao ujednačen prostor boja koji daje upotrebljivu mjeru za numeričko određivanje razlika boje (slika 15)

Osi  $a^*$  i  $b^*$  tvore ravninu tonova boja, a u ishodištu koordinatnog sustava nalaze se akromatske boje. Os  $L^*$  je okomita na osi  $a^*$  i  $b^*$ , a predstavlja svjetlinu.  $L^*$  ima vrijednost 0 za idealno crno i vrijednost 100 za idealno bijelo. Kut vektora  $h_{ab}$  (kut boje) definira ton boje u ravnini koju tvore osi  $a^*$  i  $b^*$ ,  $0^\circ$  označava crveno, a  $90^\circ$  žuto. Duljina vektora  $h_{ab}$  označava zasićenost  $C^*$  (grč. chroma) i kreće se od 0-60, gdje 60 označava potpunu zasićenost (Petrović, 2005).



Slika 15 -  $L^* a^* b^*$  sustav boja (Jirouš-Rajković, 2016).

Boja u CIE koordinatnom sustavu može se definirati na dva načina:

- ❖ Kartezijevim koordinatama  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ili
- ❖ polarnim koordinatama  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $h_{ab}^*$ .

Predstavljanje boje svjetlinom, zasićenošću i tonom bliže je općem razmišljanju o bojama.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  predstavljanje zornije je i bolje za predstavljanje razlika kod sivih i mat tonova boje (Jirouš-Rajković, 2016).

Procjenom dviju boja koordinatama  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  možemo oduzimanjem odgovarajućih parova koordinata dobiti razlike:  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ , pa ovisno o tome jesu li razlike pozitivne ili negativne zaključujemo sljedeće:

Tablica 4 - Prikaz značenja razlike (Petrović, 2005).

Razlika	Značenje razlika	
	pozitivne	negativne
$\Delta L^*$	svjetlije	tamnije
$\Delta a^*$	crvenije	zelenije
$\Delta b^*$	žuće	plavije

Prednost CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  sustava je mogućnost mjerenja ili vizualne procjene jednakih razlika boje u svjetlini, tonu i zasićenosti. Pa kažemo da je jedinica  $\Delta L^*$  vizualno jednaka  $\Delta a^*$  jedinici, a ona je jednaka  $\Delta b^*$  jedinici u cijelom sustavu boja. Iz toga proizlazi ukupna razlika boja, odnosno ukupna vizualna razlika boja  $\Delta E^*$  ovom formulom (Petrović, 2005):

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta H^*)^2 + (\Delta C^*)^2}$$

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta E^*_{ab})^2 + (\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*_{ab})^2}$$

Tablica 5 - Apsolutni iznos ustanovljenih razlika dopušta sljedeće promjene (Petrović, 2005).

Razlika $\Delta E^*_{ab}$	Procjena razlike boja
do 0,2	neprimjetna
0,2-0,5	vrlo slaba
0,5-1,5	slaba
1,5-3,0	jasna
3,0-6,0	vrlo jasna
6,0-12,0	jaka
preko 12	vrlo jaka

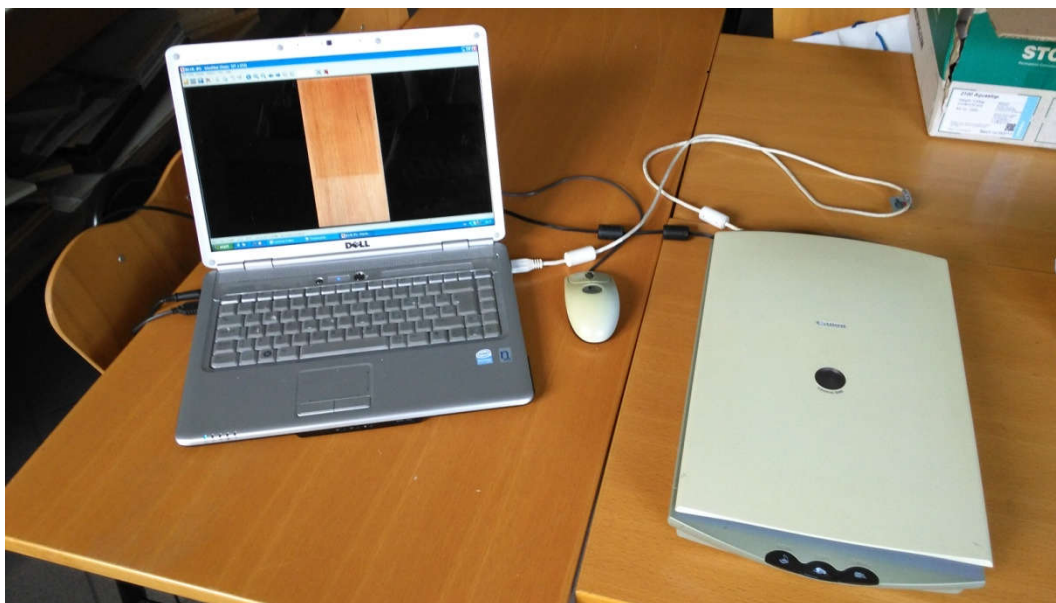
Boja je mjerena spektrofotometrom Microflash (slika 16), tvrtke Datacolor ( $d/8^\circ$  mjerna geometrija,  $10^\circ$  standardni promatrač, D65 izvor svjetlosti s uključenim sjajem površine) na 11 mjernih mjesta po uzorku te je izračunata srednja vrijednost. S obzirom da se u ispitivanju nalazi 8 različitih ulja i 2 uzorka od svake vrste te da su mjerenja obavljena prije i nakon uljenja, dobiveni rezultati predstavljaju srednju vrijednost mjerenja na 1056 mjernih mjesta. Spektrofotometar radi tako da odbijeno svjetlo predmeta prolazi kroz prizmu odnosno monokrometar, gdje se razlaže na vrlo uske dijelove spektra i dalje kao svjetlo samo određene valne duljine pada na fotočeliju koja nam pokazuje relativni intenzitet zračenja za tu valnu duljinu. Prije svakog mjerenja uređaj je potrebno iznova kalibrirati (Petrović, 2005).

Pri mjerenju, sonda se postavi na uzorak i pritisne se zelena tipka. U sondi se nalazi zelena bljeskalica, tj. ksenonska lampa koja osvijetli površinu uzorka promjera 8 mm. Sonda se uvijek postavlja na ista mjesta uzorka i time se osigurava točnije mjerenje promjene boje tijekom zračenja. Između sonde i uzorka ne smije biti slobodnog prostora ili vanjske svjetlosti, tj. sonda mora čvrsto nalijegati na uzorak (Petrović, 2005).

Ukupna promjena boje izračunata je prema CIE L\* a\* b\* sustavu. Nakon mjerenja boje uzorci su skenirani na skeneru Canon Canoscan 3000 kako bi se vizualno predočila promjena boje na uzorcima (slika 17).



Slika 16 – Prikaz opreme za mjerenje boje



Slika 17 – Prikaz opreme za skeniranje uzoraka



### 3.6 Metoda ispitivanja tvrdoće površine po Brinellu

Tvrdoća drva je otpor što ga drvo pruža prodiranju nekog drugog, tvrdog tijela u njegovu strukturu (volumen). To se prodiranje vrši postepeno posredstvom težine (tlaka) ili trenutno, posredstvom udarca. U prvom slučaju govori se o statičkoj tvrdoći, a u drugom o dinamičkoj tvrdoći. Budući da je drvo anizotropno razlikuje se tvrdoća u longitudinalnom tangencijalnom i radijalnom smjeru. Tvrdoća drva može se promatrati i s obzirom na smjer djelovanja sile; tvrdoća kada sila djeluje paralelno sa longitudinalnim smjerom (paralelno s vlakancima), tvrdoća kada sila djeluje u radijalnom ili u tangencijalnom smjeru (okomito na vlakanca). Ovisi o vrsti drva, građi, težini, dijelu debla iz kojeg je uzorak napravljen, smjeru vlakana i vlazi drva.

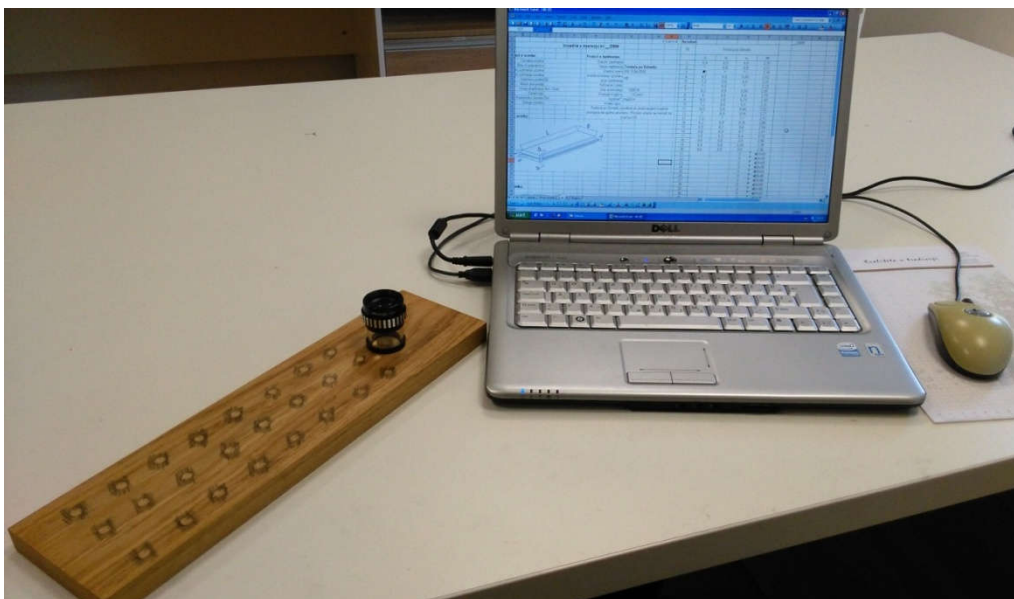
Određivanje statičke tvrdoće metodom po Brinellu provodi se prema normi HRN EN 1534:2008 koja propisuje da se kuglica od kaljenog čelika promjera 10 mm utiskuje u drvo konstantnim opterećenjem od 1000 N za listače i 500 N za četinjače u trajanju 30 sekundi (slika 18). Nakon izvršenih ispitivanja mjere se dva unakrsna promjera ulupka koji služe za izračunavanje tvrdoće prema formuli (slika 19):

$$HB = \frac{2 \times F}{\pi \times D \times (D - \sqrt{D^2 - d_s^2})} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Oznaka  $F$  u formuli označava silu utiskivanja kuglice (1000 N za listače), oznaka  $D$  označava promjer kuglice (10 mm), a oznaka  $d_s$  označava srednji promjer ulupka.



Slika 18 – Prikaz opreme za ispitivanje tvrdoće površine po Brinellu



Slika 19 – Prikaz mjerenja unakrsnih promjera i izračunavanja tvrdoće

### **3.7 Metoda određivanja vremena sušenja, otvrdnjavanja ili formiranja filma organskih premaza pri sobnoj temperaturi**

Ispitivanje se provodi prema normi ASTM D 1640-09 koja služi za određivanje različitih faza i ocjenjivanje vremena sušenja, otvrdnjavanja i formiranja filma kod organskih premaza s ciljem usporedbe različitih tipova premaza ili sastojaka. Norma je značajna za razvoj organskih premaza koji se koriste za završnu obradu te za kontrolu kvalitete raznih proizvođača premaza.

Uvjeti u prostoriji u kojoj se provode ispitivanja prema ovoj normi moraju iznositi  $23 \pm 2$  °C i  $50 \pm 5$  % relativne vlage zraka, potreban je klimatizacijski uređaj koji će osiguravati navedenu temperaturu i vlažnost zraka, u blizini uzoraka ne smije biti prašine, zapaljivih sredstava niti direktnog izvora svjetlosti, uzorci moraju biti u horizontalnom položaju odmaknuti od direktnog sunčevog svjetla. Debljina filma nakon nanosa sušivog ulja iznosi  $32 \pm 6$  μm, a mjerenja se ne smiju obavljati unutar 15 mm od ruba premaza.

Sve uzorke koji se koriste za ispitivanje treba pripremiti i obraditi ista kvalificirana osoba. Premaze koji se ispituju potrebno je nanijeti na čistu staklenu površinu. Staklene površine su podobnije za ovakvo ispitivanje nekih vrsta premaza koji imaju svojstvo puzanja poput niskoviskoznih ulja. Premaz se može nanositi štrcanjem, valjcima, kistom, gumenom lopaticom ili abrazivnom spužvom, a količina nanosa mora osigurati propisanu debljinu suhog filma za određeni premaz. Nakon sušenja potrebno je izmjeriti debljinu suhog filma premaza koristeći komparator ili mikrometar.

Procedura ispitivanja za ulja korištena u ovom radu sastojala se od određivanja suhoće ulja na utjecaj prašine, suhoće ulja na dodir, površinske suhoće ulja i suhoće ulja dovoljna za skladištenje. Suhoća ulja na utjecaj prašine određuje se pomoću testa pamučnih vlakana. Nakon brisanja viška ulja s površine mekanom pamučnom krpom, na površinu se stavlja određeni broj pamučnih vlakana s visine od 25 mm. Potom je potrebno nježno puhati na površinu i pratiti miču li se pamučna vlakna ili su se zalijepila za površinu. Ulje se smatra suhim na utjecaj prašine ako se pamučna vlakna nisu zalijepila i slobodno se miču po površini.

Suhoća ulja na dodir određuje se laganim stavljanjem čistog prsta na uljenu površinu i potom stavljanjem tog prsta na čistu staklenu površinu. Potrebno je pregledati staklenu površinu i utvrditi vidi li se otisak premaza na otisku prsta. Ulje se smatra suhim na dodir kada se ulje ne veže na površinu prsta uslijed laganih dodira po površini.

Površinska suhoća ulja određuje se na način da se prstom maksimalno pritisne uljena površina kako bi ostao čim veći otisak prsta. Potom je potrebno mekanom pamučnom krpom lagano ispolirati površinu na koju se djelovalo pritiskom prsta. Ulje se smatra površinski suhim ukoliko je laganim poliranjem otisak prsta u cijelosti odstranjen.

Suhoća ulja dovoljna za skladištenje određuje se na način da se uljena površina horizontalno položi na podlogu, potom se prstom okomito na površinu djeluje s maksimalnim pritiskom, pri maksimalnom pritisku potrebno je zakrenuti prst za 90°. Ulje se smatra dovoljno suhim za skladištenje ukoliko na površini nije ostao nikakav trag od djelovanja.

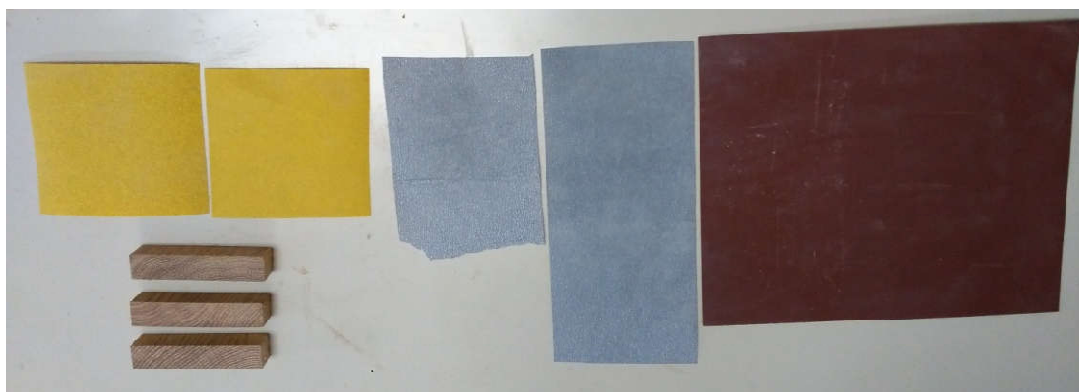
### 3.8 Određivanje penetracije ulja u drvo

Za potrebe određivanja dubine penetracije ulja u drvo korišteni su uzorci svih triju vrsti drva ali manjih dimenzija. Cijelokupna priprema, obrada uzoraka uljima i vrijeme sušenja izvršeno je na isti način kao i kod uzoraka namijenjenih za ostala ispitivanja. U svako ulje je prije nanošenja na drvo pomiješano 10 kapi uljnog močila s plavim pigmentom kako bi se olakšalo kasnije određivanje penetracije pod mikroskopom.

Nakon 2 nanesena sloja ulja i sušenja, iz sredine svakog uzorka ispiljeni su novi uzorci koji su promatrani pod mikroskopom. Poprečni presjek tih novih uzoraka brušen je brusnim papirom granulacija 80, 120, 180, 240, 320 i 800 kako bi se dobila što glađa površina na kojoj bi se mogla vidjeti dubina penetracije ulja (slika 20).

Promatranje dubine penetracije izvršeno je na mikroskopu Zeiss AXIO Zoom.V16 s kamerom AxioCam Icc 5 u Laboratoriju za drvo u graditeljstvu (slika 21). Dodavanje 10 kapi uljnog močila u svako ulje nije se pokazalo dobrim rješenjem jer ni pod povećanjem od 168 puta dubina penetracije nije bila vidljiva.

Stoga se poprečni presjek premazao s otopinom joda (slika 22) i osušio papirom nakon čega su na svakoj vrsti drva, kod svakog ulja i pod bilo kojim povećanjem dubina penetracije po cijeloj površini i selektivna penetracija ulja bile jasno vidljive.



Slika 20 – Prikaz brusnih papira korištenih za brušenje poprečnih presjeka



*Slika 21 – Prikaz opreme korištene za određivanje dubine penetracije*



*Slika 22 – Prikaz načina nanošenja otopine joda na uzorak za određivanje penetracije*

### **3.9 Izlaganje uzoraka u QUV uređaju**

Nakon završetka svih potrebnih priprema uzorci su bili spremni za izlaganje UV svjetlosti metodom ubrzanog izlaganja u QUV uređaju.

QUV uređaj „QUV Accelerated Weathering Tester“ tvrtke Q – Lab standardni je uređaj za ubrzano izlaganje vremenskim uvjetima nemetalnih materijala. U samo nekoliko dana ili tjedana, QUV uređaj može reproducirati oštećenja koja mogu nastajati tijekom vremenskog perioda od nekoliko mjeseci ili čak godina. Kao izvor UV svjetlosti upotrebljavaju se fluorescentne lampe kako bi se simulirala sunčeva svjetlost. Iako UV svjetlost sačinjava samo 5 % sunčeve svjetlosti najviše je odgovorna za oštećenja nastala sunčevom svjetlosti.

U uređaju je smješteno osam fluorescentnih lampi, po četiri sa svake strane. UV svjetlo je odgovorno za gotovo sve fotodegradacijske procese trajnih materijala izloženih sunčevoj svjetlosti. QUV fluorescentne svjetiljke simuliraju kritični kratki val UV-a i stvaraju fizička oštećenja na uzorcima uzrokovanim izlaganjem suncu. Nekoliko različitih tipova UV lampi su dostupni za različite aplikacije. Za ispitivanje koristila se lampa tipa UVA-351. UVA-351 fluorescentna lampa prema normi ASTM G-53 simulira dio UV zraka sunčeve svjetlosti koje prodiru u interijer kroz prozorsko staklo.

Cijeli ciklus izlaganja trajao je tjedan dana. Temperatura crnog tijela iznosila je 60°C, količina zračenja 0.77 W/m<sup>2</sup>nm dok je relativna vlažnost zraka odgovarala uobičajenoj vlažnosti za zatvorene prostore. Udaljenost uzoraka od UV lampi iznosio je 50 mm. Sve pripreme na uređaju obavljene su prije stavljanja samih uzoraka u uređaj. Svi parametri kontrolirani su svakodnevno kako bi se u slučaju bilo kakvog kvara pravodobno reagiralo.

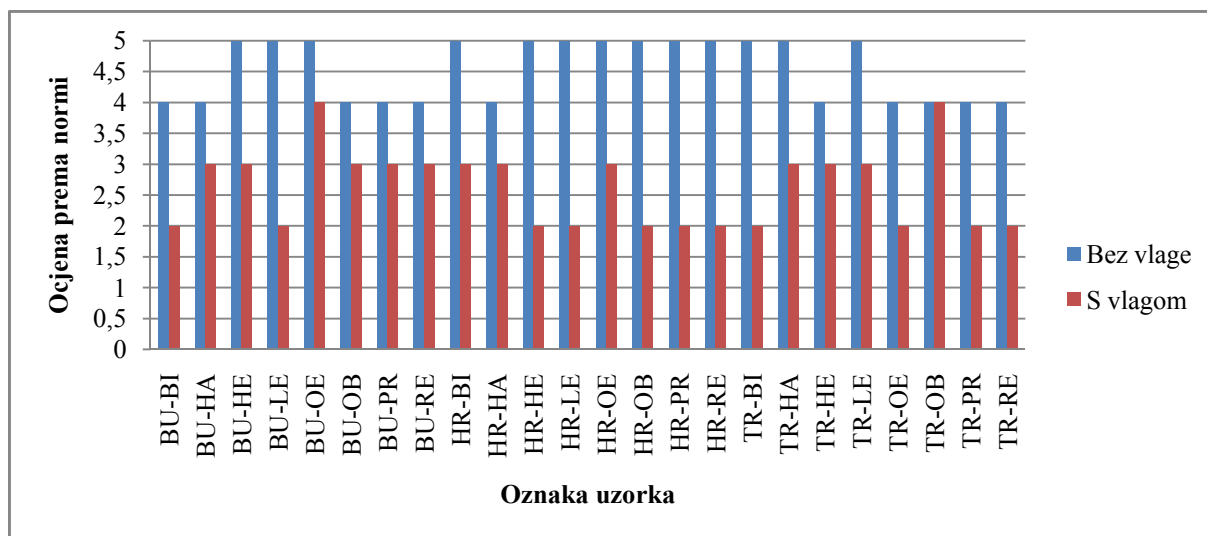
Kako lampe ne isijavaju svjetlo jednako po cijeloj dužini, uzorci se moraju rotirati kako bi se osiguralo ujednačeno zračenje uzoraka. Zamjena mjesta obavljala se na sljedeći način: uzorak koji je na početku mjerenja rezultata bio na prvom mjestu stavljao bi se na posljednje, a ostali bi se pomaknuli prema prvom mjestu i tako redom. Zamjena mjesta obavila se dva puta u tjednu. Na slici 23 prikazan je QUV uređaj i posloženi uzorci nakon završetka izlaganja.



Slika 23 – Prikaz QUV uređaja i načina slaganja uzoraka

## 4. DISKUSIJA I REZULTATI

### 4.1 Procjena otpornosti površine prema toplini bez vlage i s vlagom

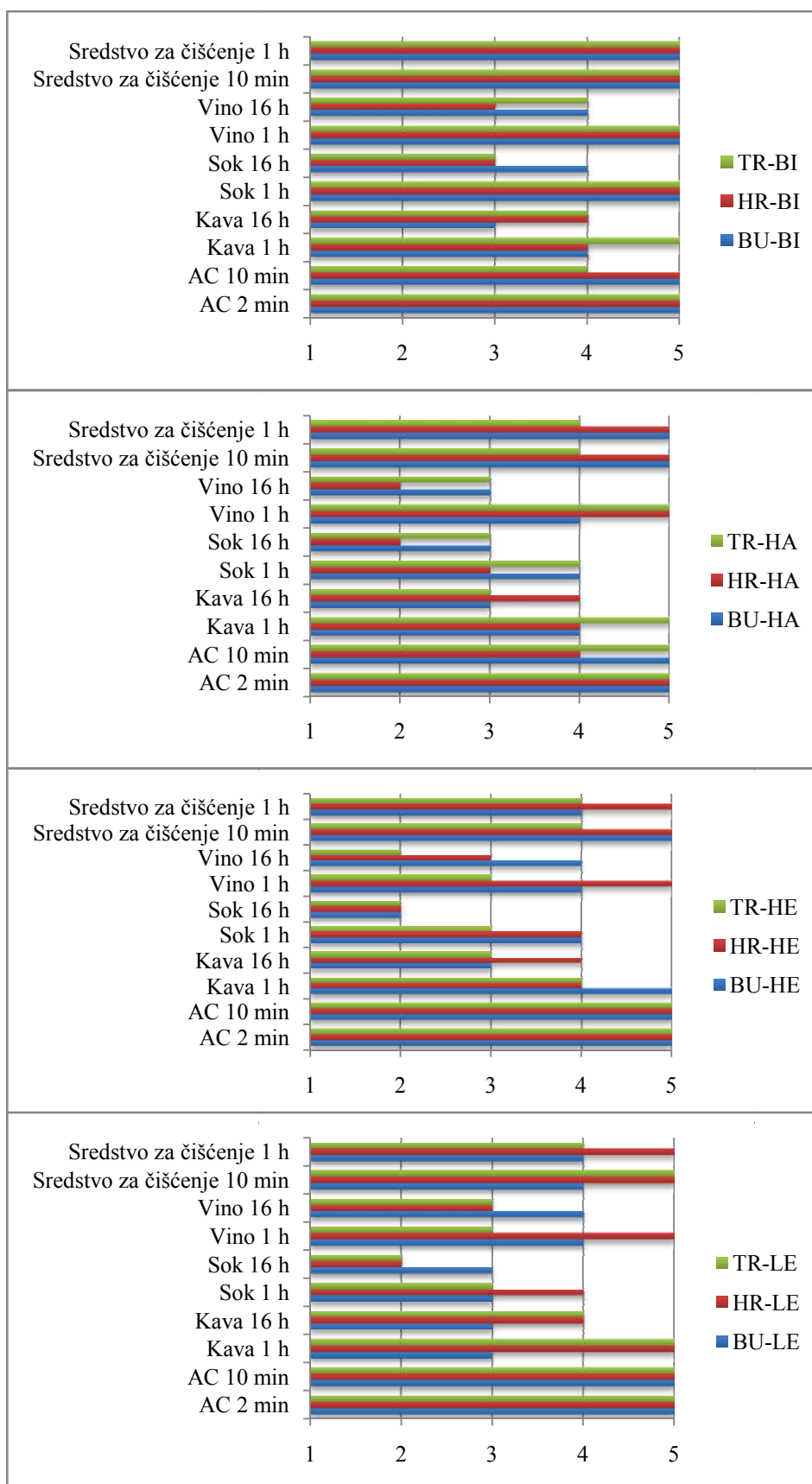


Slika 24 – Prikaz rezultata otpornosti površine prema toplini bez vlage i s vlagom

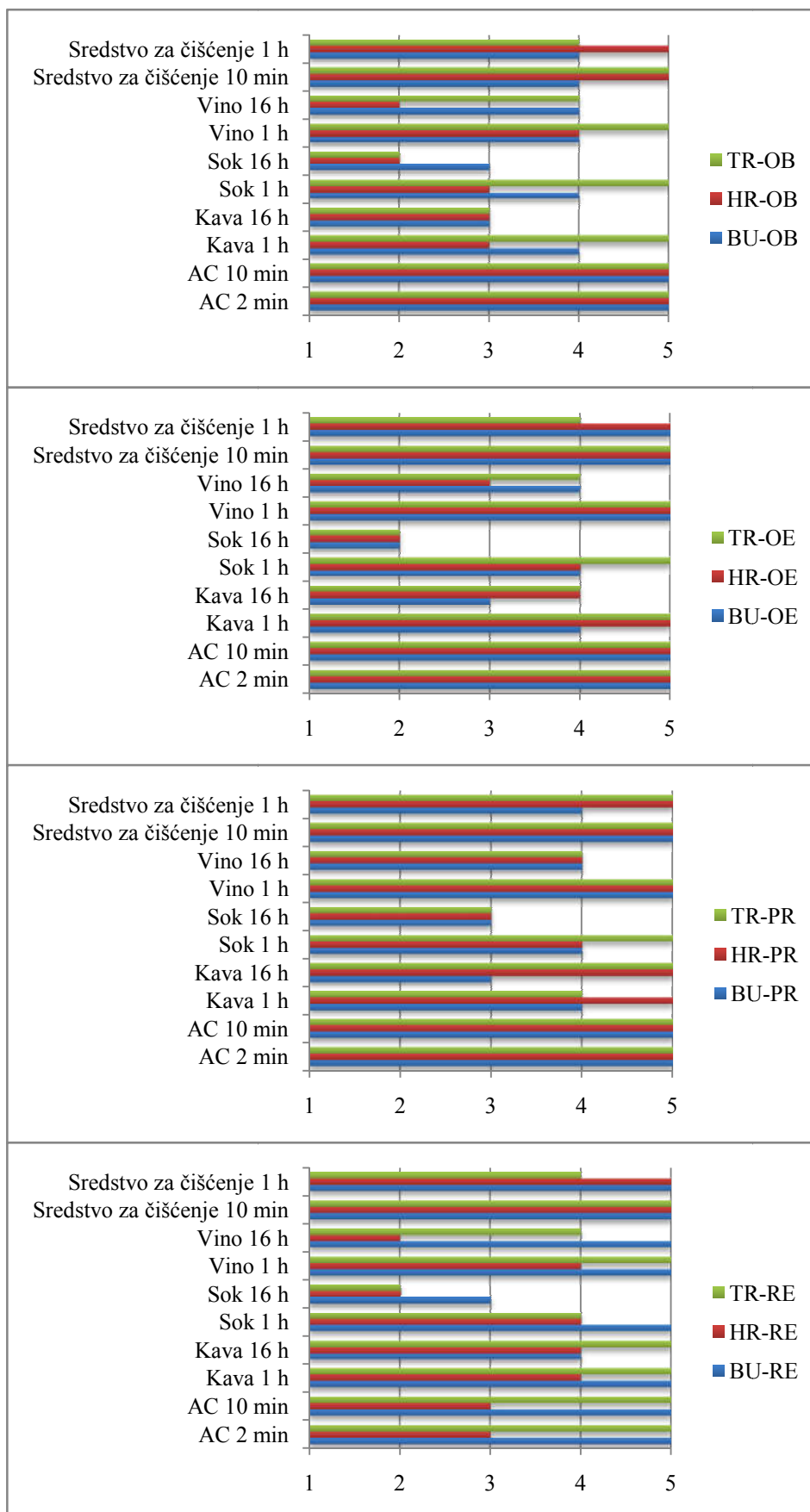
Prema prikazanim rezultatima na slici 24 uočava se da je otpornost površine prema toplini bez vlage veća u odnosu na otpornost površine prema toplini s vlagom što pokazuje da je voda bitan čimbenik za uljene površine. Ulja Hesse Lignal OE na bukovini i ulje Hesse Lignal OB na trešnjevini jedina su dobila ocjenu 4 pri ispitivanju s vlagom. Ulje Habiol je jedino pri ispitivanju s vlagom na sva tri uzorka dobilo istu ocjenu dok je kod ispitivanja bez vlage jedino ulje Leinos dobilo istu ocjenu na sva tri uzorka. Bukovina se pri ispitivanju s vlagom pokazala kao bolja podloga od trešnjevine i hrastovine. Pri ispitivanju bez vlage hrastovina se pokazala kao bolja podloga od trešnjevine i bukovine.

Najveću otpornost površine prema toplini sa i bez vlage na bukovini je ostvarilo ulje Hesse Lignal OE, na hrastovini su to ulja Biofa i Hesse Lignal OE, a na trešnjevini su to ulja Leinos i Hesse Lignal OB.

## 4.2 Procjena otpornosti površine prema hladnim tekućinama



Slika 25 – Prikaz rezultata otpornosti površine prema hladnim tekućinama za ulja Biofa, Habiol, Helios i Leinos

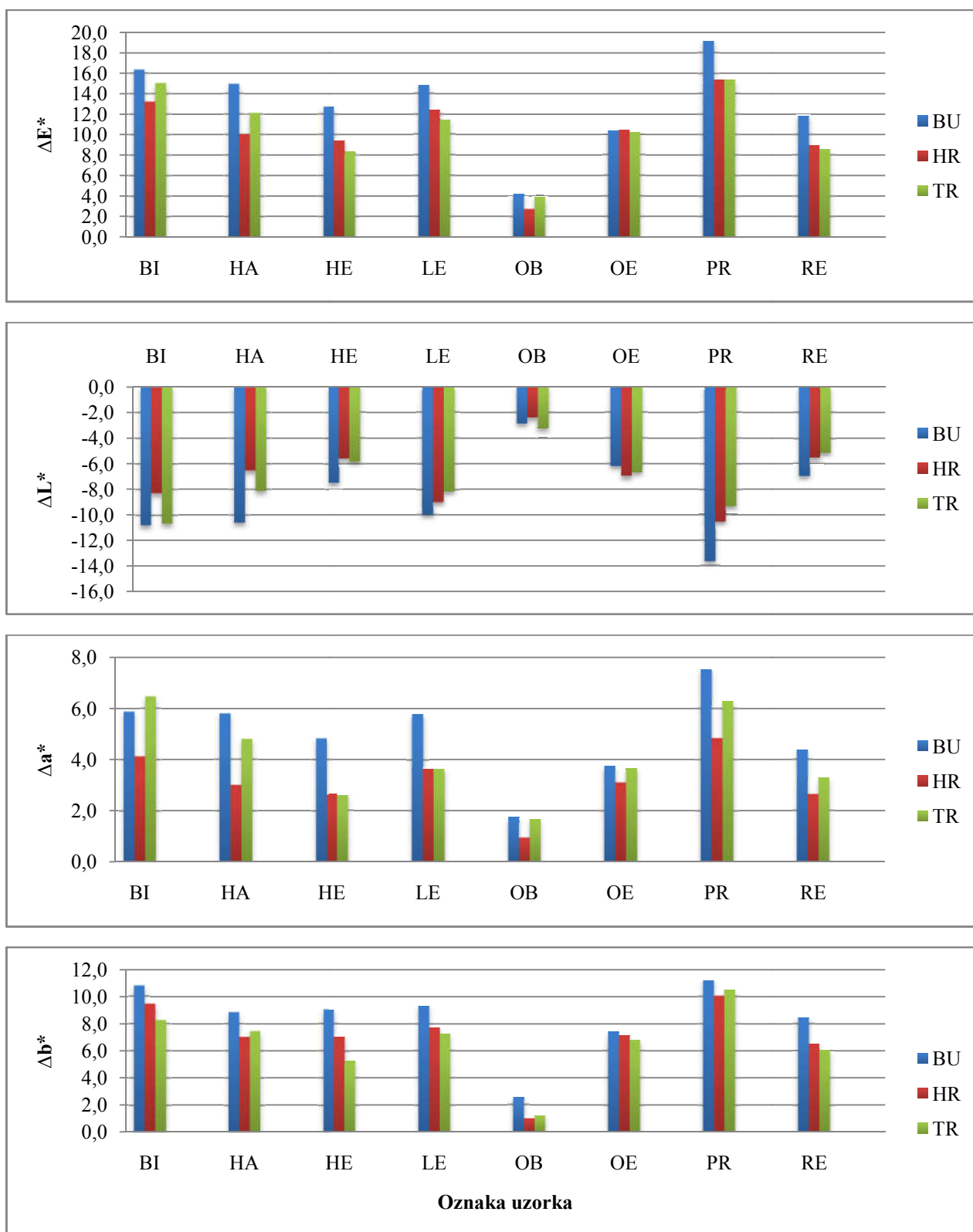


Slika 26 – Prikaz rezultata otpornosti površine prema hladnim tekućinama za ulja Hesse Lignal OB i OE, Proterra i Remmers



Nakon analize slika 25 i 26 uočava se da su ulja Biofa i Proterra najotpornija na utjecaj hladnih tekućina. Ulje Hesse Lignal OE je po otpornosti odmah iza ulja Biofa i Proterra. Potom slijede Remmers, Hesse Lignal OB, Leinos i Habiol. Najmanju otpornost na hladne tekućine ima ulje Helios. Što se tiče vrste drva kao podloge, trešnjevina se pokazala kao najotpornija na hladne tekućine, a potom slijede bukovina i hrastovina. Nadalje, može se uočiti kako hrastovina premazana s uljem Remmers ima puno nižu otpornost na hladne tekućine u odnosu na trešnjevinu, a osobito bukovinu premazanu istim uljem. Slična pojava može se uočiti kod trešnjevine premazane uljem Helios koja ima nižu otpornost u odnosu na bukovinu i hrastovinu premazanu istim uljem.

### 4.3 Promjena boje nakon uljenja



Slika 27 – Promjena boje ( $\Delta E^*$ ) i promjene komponenti boje ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ ) nakon premazivanja uzoraka drva ispitivanim uljima

Na slici 27 prikazana je promjena boje ( $\Delta E^*$ ) i promjene komponenti boje ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ ) nakon premazivanja uzoraka drva ispitivanim uljima.

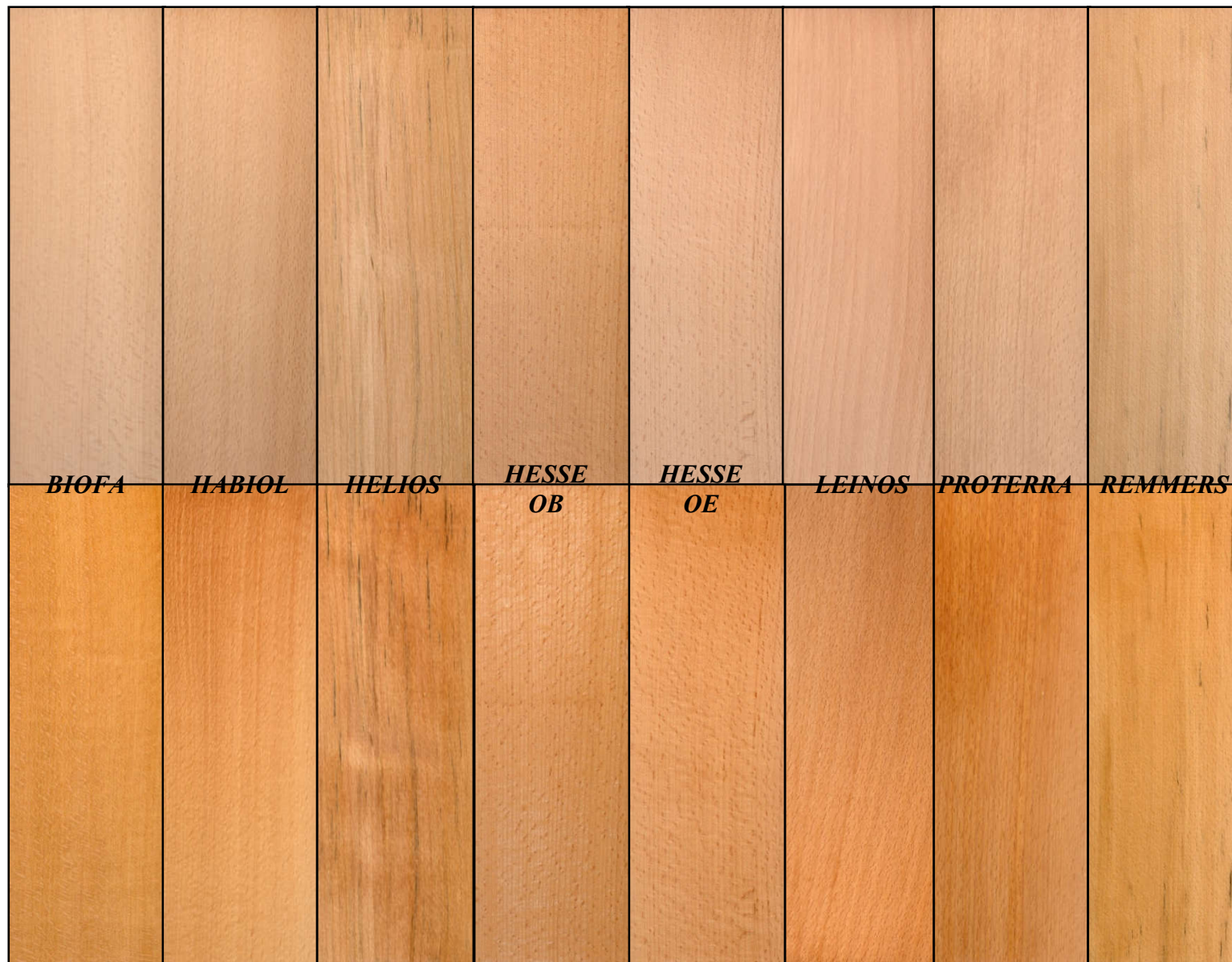
Vrijednosti promjene boje pokazuju da je ulje Proterra najviše promijenilo boju sve tri vrste drva dok je ulje Hesse Lignal OB najmanje promijenilo boju sve tri vrste drva. Također se može uočiti kako su sva ulja najviše promijenila boju bukovine, a većina ulja je najmanje promijenila boju hrastovine.

Što se tiče tamnjenja boje drva, sva ulja su potamnila boju svih vrsta drva. Većina ulja je najviše potamnila bukovinu dok je tamnjenje kod hrastovine i trešnjevine otprilike jednako. Ulje Proterra je najviše potamnilo bukovinu i hrastovinu dok je trešnjevinu najviše potamnilo ulje Biofa. Najmanje tamnjenje kod sve tri vrste drva uzrokovalo je ulje Hesse Lignal OB.

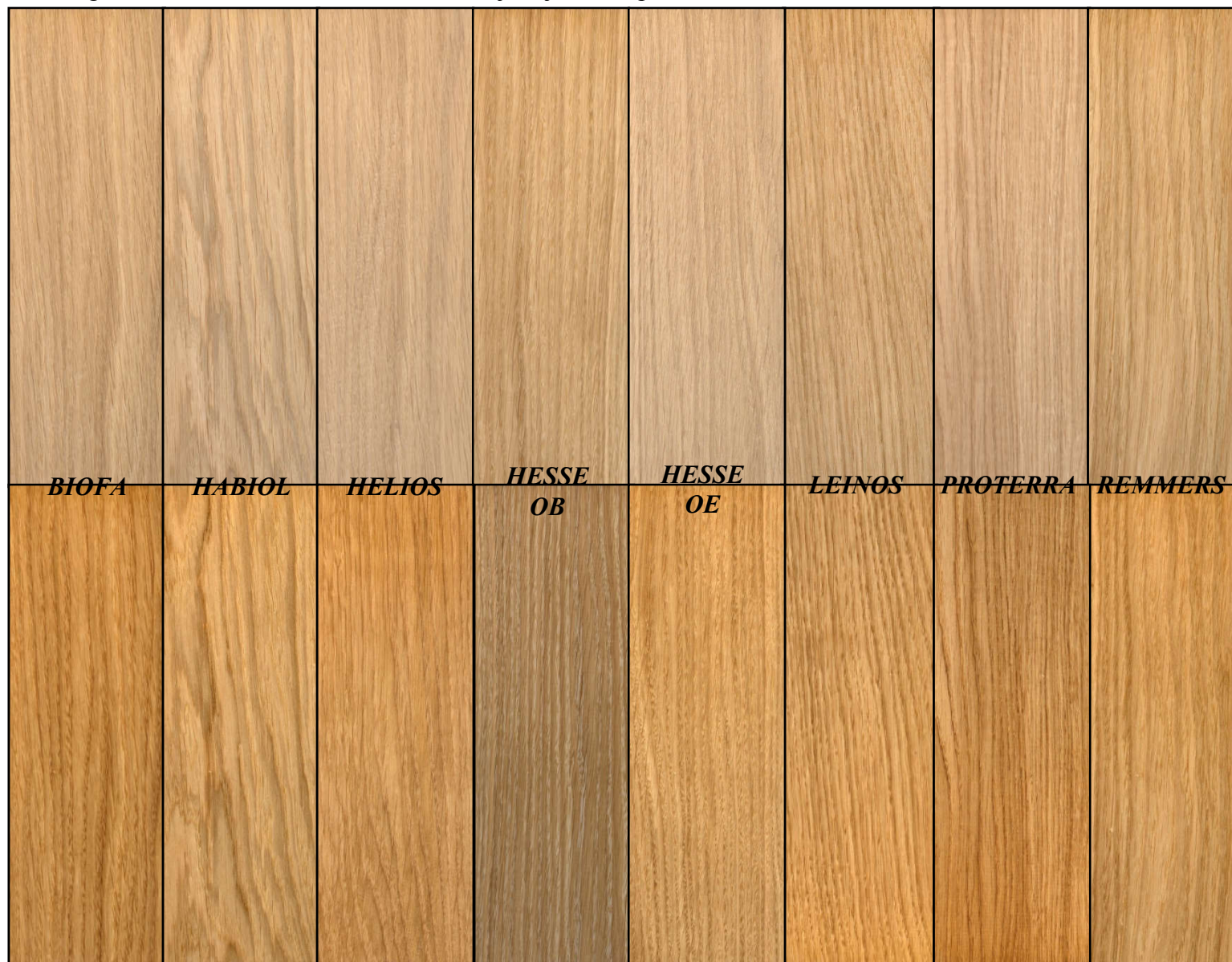
Povećanje crvenog tona zabilježeno je kod svih ulja i na svim uzorcima. Gotovo sva ulja su izazvala najveće povećanje crvenog tona kod bukovine, a najmanje povećanje kod hrastovine. Ulja Proterra izazvalo je najveće povećanje crvenog tona kod bukovine i hrastovine dok je kod trešnjevine najveće povećanje crvenog tona izazvalo ulje Biofa. Najnižu vrijednost povećanja crvenog tona kod sve tri vrste drva izazvalo je ulje Hesse Lignal OB.

Povećanje žutog tona zabilježeno je također kod svih ulja i na svim uzorcima. Gotovo sva ulja izazvala su najveće povećanje žutog tona kod bukovine, a najmanje povećanje žutog tona kod trešnjevine. Ulja Biofa i Proterra izazvala su najveće povećanje žutog tona kod bukovine i hrastovine, dok je kod trešnjevine najveće povećanje žutog tona izazvalo ulje Proterra. Najnižu vrijednost povećanja žutog tona kod sve tri vrste drva izazvalo je ulje Hesse Lignal OB.

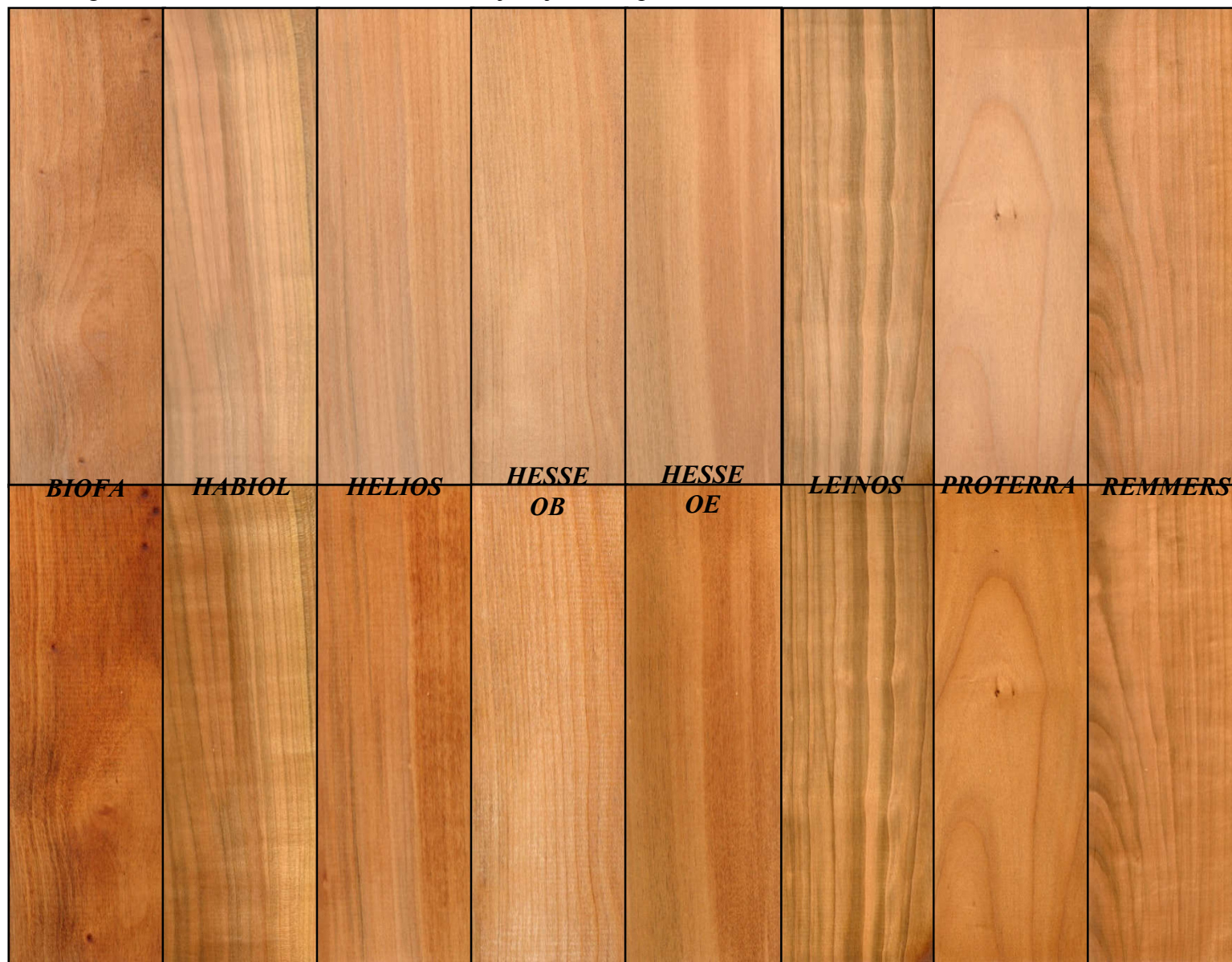
Na slikama 28, 29 i 30 prikazani su uzorci svih triju vrsta drva koji su skenirani prije i nakon nanošenja ulja.



Slika 28 – Prikaz bukovine neobrađene uljima (gornji red) i obrađene navedenim uljima (donji red)

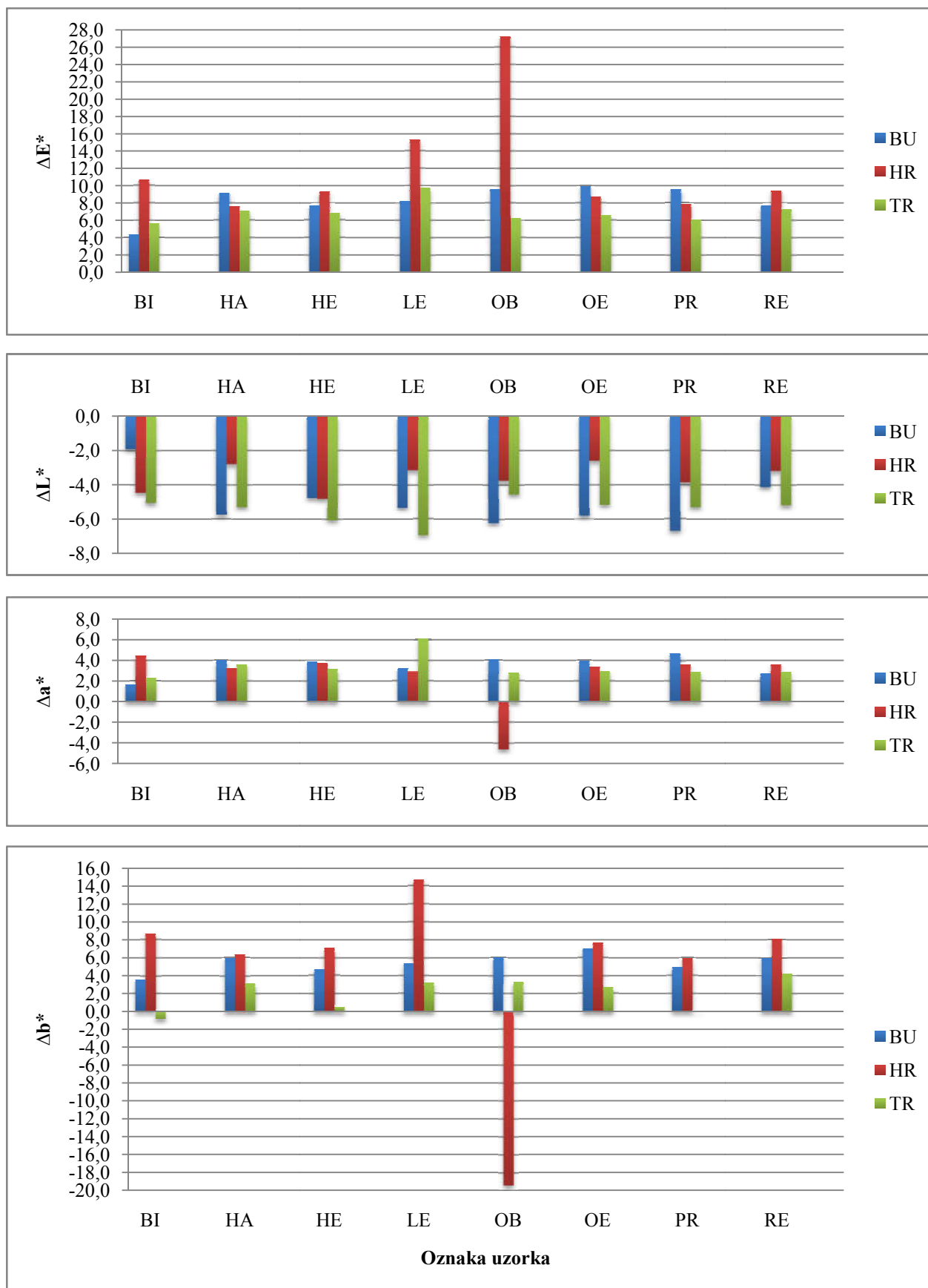


Slika 29 – Prikaz hrastovine neobrađene uljima (gornji red) i obrađene navedenim uljima (donji red)



Slika 30 – Prikaz trešnjevine neobrađene uljima (gornji red) i obrađene navedenim uljima (donji red)

#### 4.4 Promjena boje nakon tjedan dana izlaganja



Slika 31 - Promjena boje ( $\Delta E^*$ ) i promjene komponenti boje ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ ) nakon tjedan dana ubrzanog izlaganja

Na slici 31 prikazana je promjena boje ( $\Delta E^*$ ) i promjene komponenti boje ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ ) nakon sedmodnevnog izlaganja u QUV uređaju.

Vrijednosti promjene boje ulja pokazuju da je ulje Hesse Lignal OB na uzorku hrastovine promijenilo boju u daleko većoj mjeri naspram ostalih ulja na drugim dvjema vrstama drva. Najmanja promjena boje ulja zabilježena je na bukovini i trešnjevini premazanima uljem Biofa dok je za hrastovinu najmanja promjena boje zabilježena s uljem Proterra. Slijedeća veća promjena boje ulja zabilježena je za ulje Leinos na hrastovini. Također se može uočiti kako su se najveće promjene boje pojavile na hrastovini, a najmanje na trešnjevini.

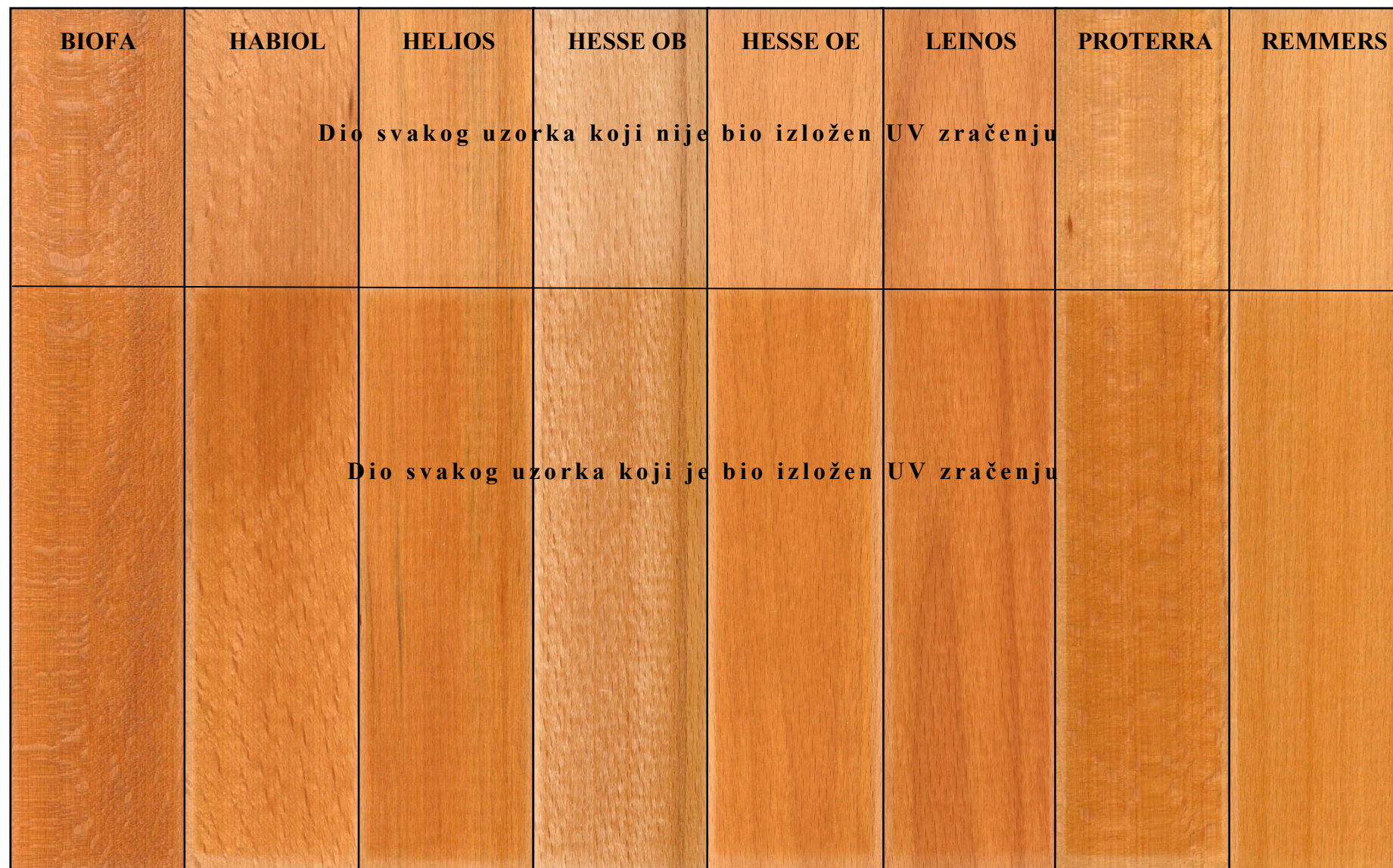
Tamnjenje boje ulja zabilježeno je na svim uzorcima svih triju vrsti drva. Ulja Biofa, Helios, Leinos i Remmers najviše su potamnili na trešnjevini dok su ulja Habiol, Hesse Lignal OB i OE i Proterra najviše potamnili na bukovini. Najmanje tamnjenje boje ulja zabilježeno je na bukovini s uljem Biofa, a najveće na trešnjevini s uljem Leinos.

Povećanje crvenog tona zabilježeno je za gotovo sva ulja. Najveće povećanje crvenog tona zabilježeno je za većinu ulja na bukovini, a najmanje je zabilježeno na hrastovini. Najveće povećanje crvenog tona ulja zabilježeno je za ulje Leinos na trešnjevini, a najmanje povećanje za ulje Biofa na bukovini. Najveće i jedino smanjenje crvenog tona zabilježeno je za ulje Hesse Lignal OB na hrastovini.

Povećanje žutog tona ulja zabilježeno je za 5 ulja dok je za tri ulja zabilježeno smanjenje žutog tona. Kod gotovo svih ulja najveće povećanje žutog tona pojavilo se na hrastovini, a najmanje na trešnjevini. Najveće povećanje žutog tona zabilježeno je za ulje Leinos na hrastovini, a najmanje za ulje Helios na trešnjevini. Za ulja Biofa i Proterra na trešnjevini zabilježeno je smanjenje žutog tona isto kao i za ulje Hesse Lignal OB na hrastovini.

Na slikama 32, 33 i 34 prikazani su uzorci svih triju vrsta drva koji su skenirani nakon tjedan dana izlaganja u QUV uređaju. Na gotovo svim uzorcima jasno se može vidjeti razlika između izloženog i neizloženog dijela uzorka UV zračenju.

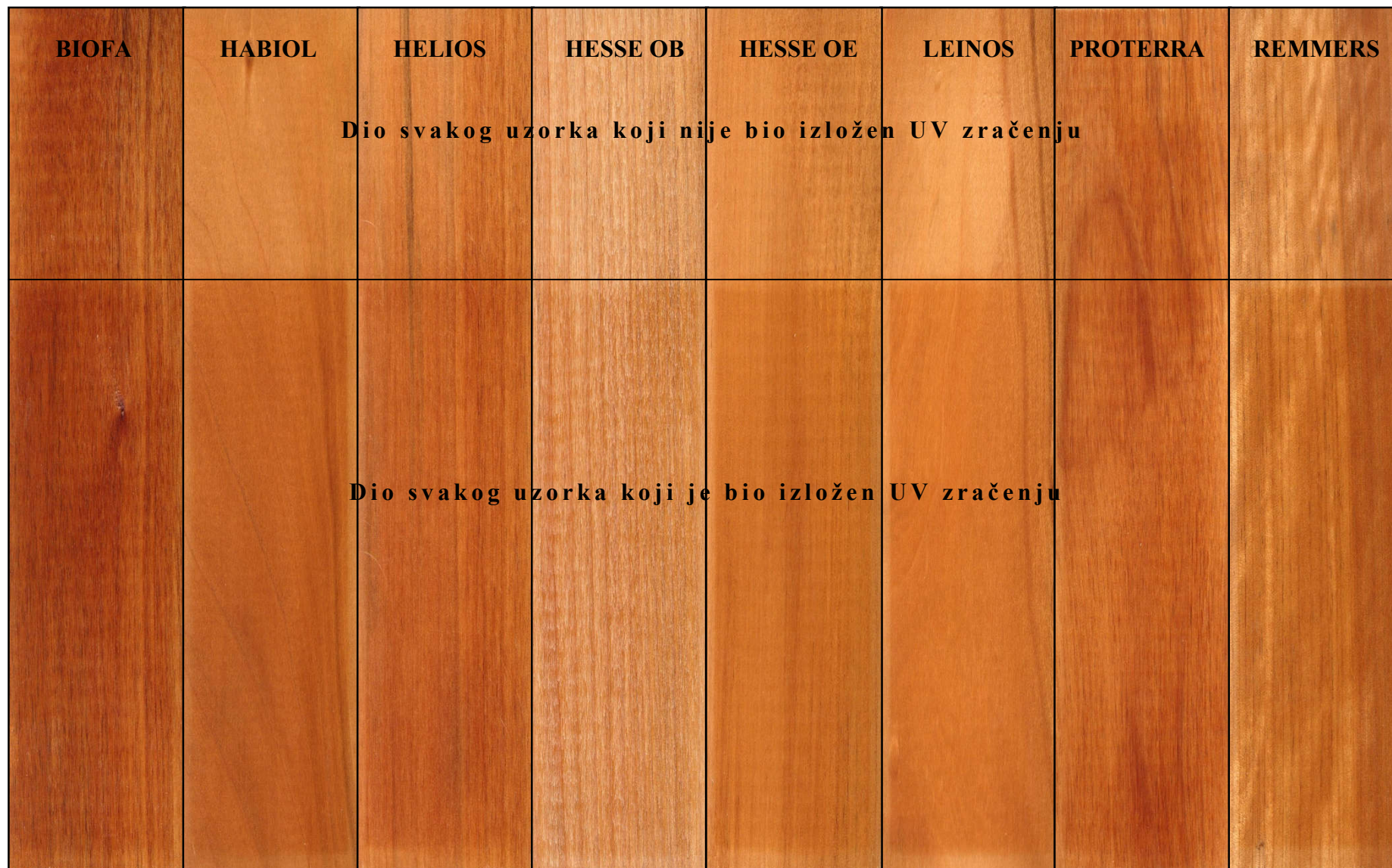




Slika 32 – Prikaz uzoraka bukovine premazanih sa svih 8 ulja nakon tjedan dana izlaganja u QUV uređaju

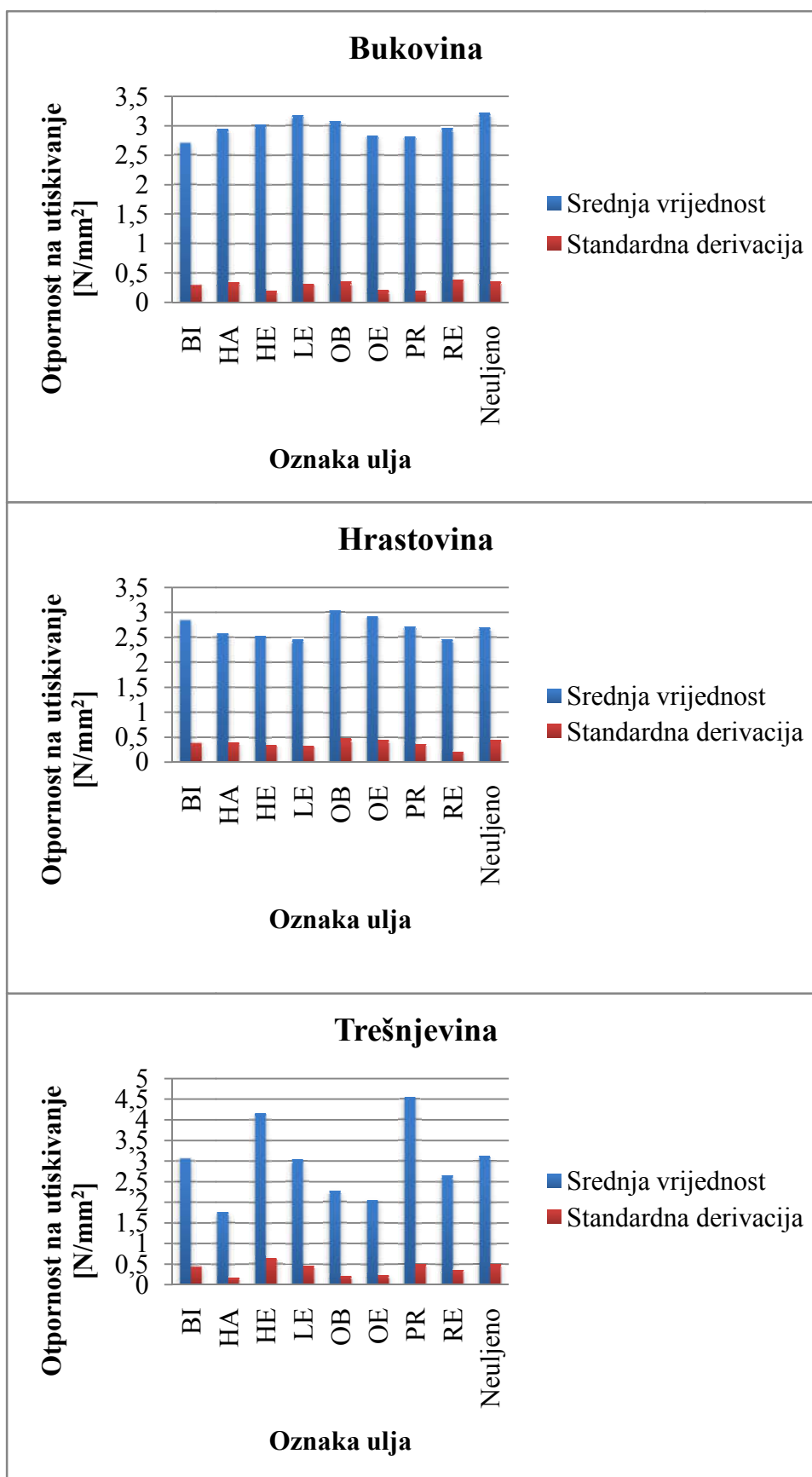


Slika 33 - Prikaz uzoraka hrastovine premazanih sa svih 8 ulja nakon tjedan dana izlaganja u QUV uređaju



Slika 34 - Prikaz uzoraka trešnjevine premazanih sa svih 8 ulja nakon tjedan dana izlaganja u QUV uređaju

#### 4.5 Tvrdoća površine po Brinellu



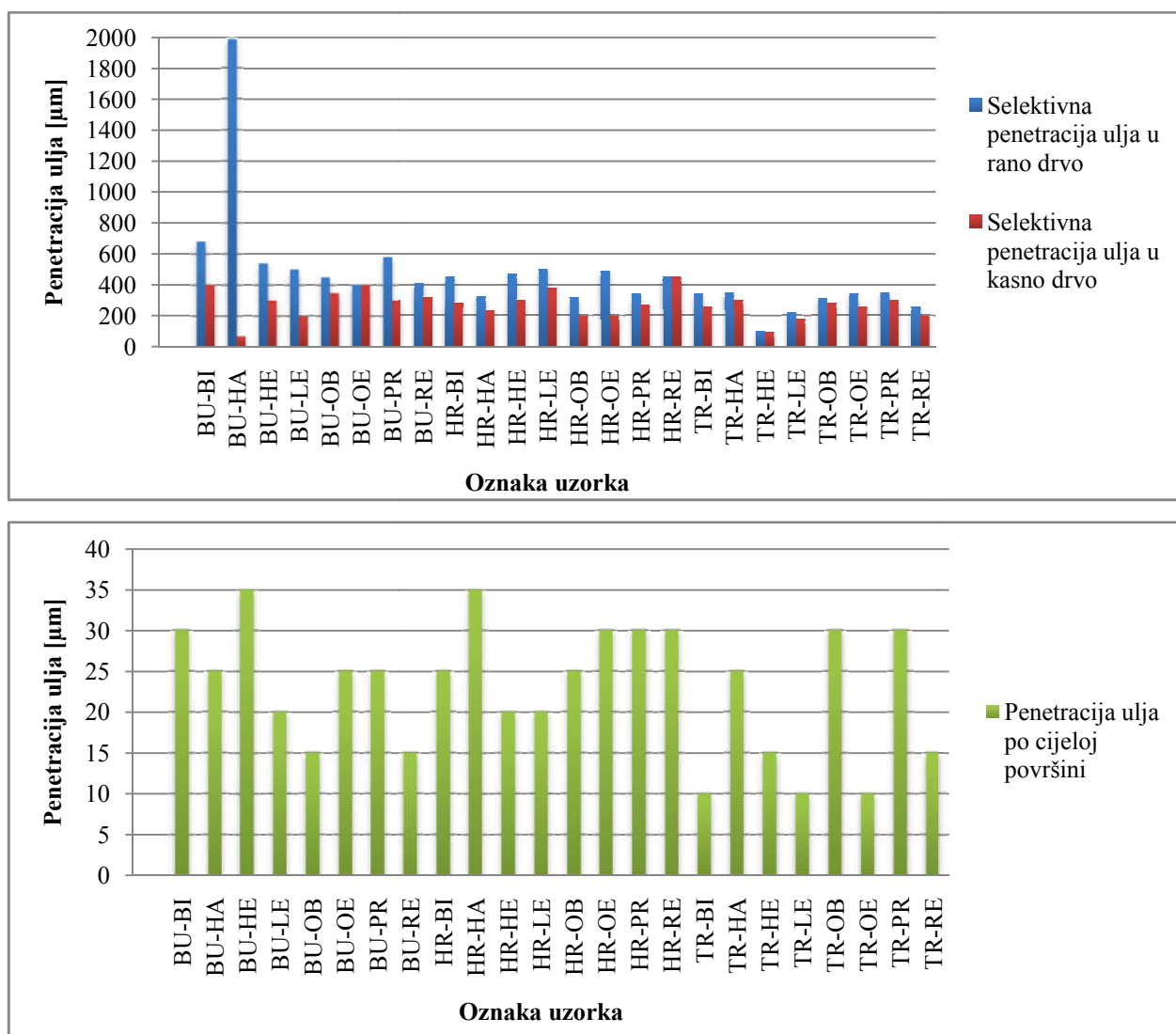
Slika 35 – Prikaz rezultata mjerenja tvrdoće po Brinellu

Na slici 35 prikazani su rezultati mjerenja tvrdoće površine po Brinellu na kojima se uočava da je neuljena bukovina otpornija na utiskivanje od uljene bukovine. Po srednjoj vrijednosti tvrdoće, bukovina uljena Leinos uljem vrlo je blizu neuljenoj bukovini. Ulje Biofa je najviše umanjilo tvrdoću bukovine. Ostala ulja su također smanjila tvrdoću drva, ali u manjoj mjeri.

Na hrastovini je ulje Leinos najviše umanjilo tvrdoću dok su ulja Biofa, Hesse Lignal OB i OE povećala tvrdoću. Na bukovini i hrastovini nema velikih odstupanja u tvrdoći uljenih uzoraka što se ne može konstatirati za trešnjevinu čije vrijednosti uvelike variraju.

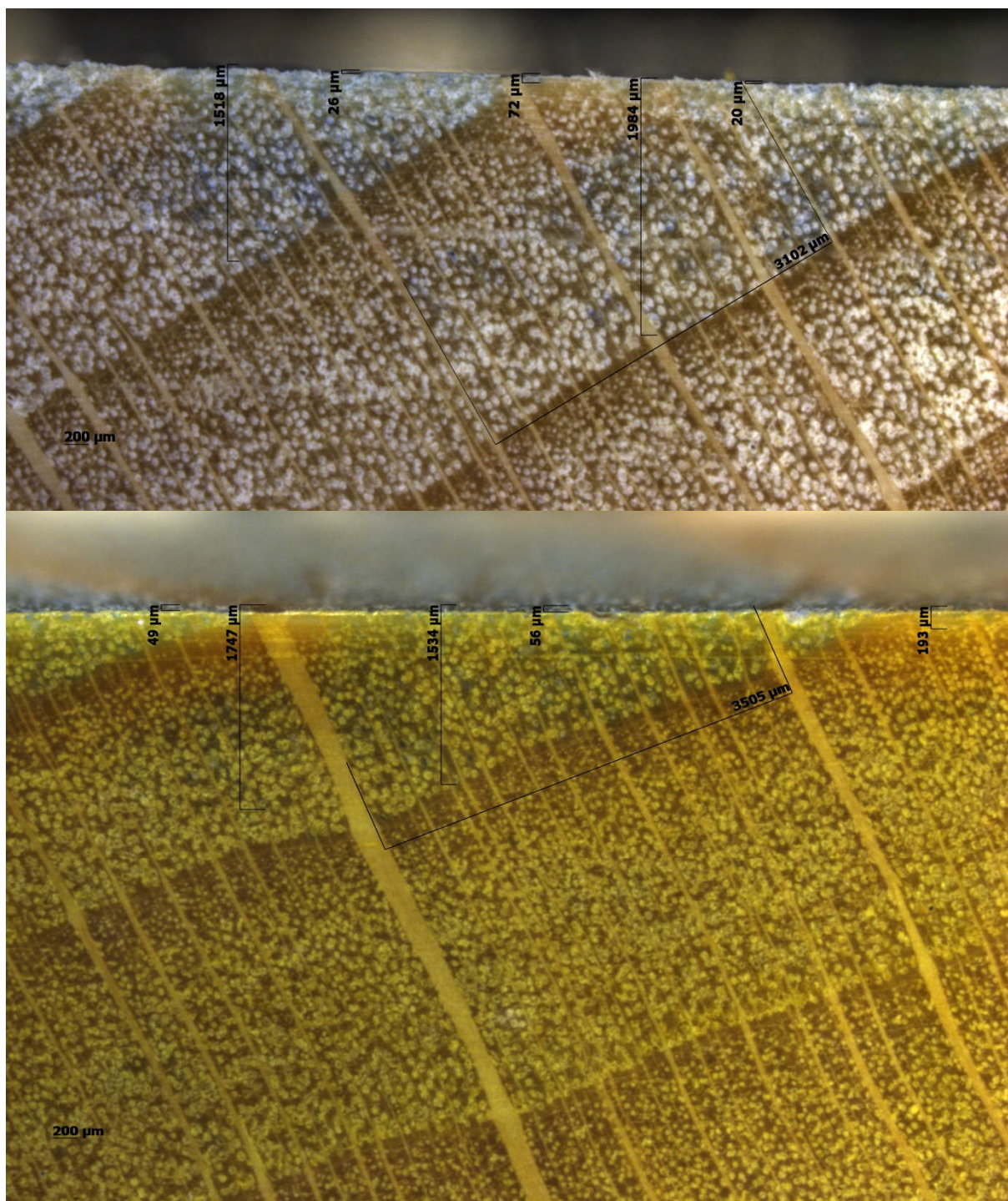
Neuljena trešnjevinu prema ovome ispitivanju ima tvrdoću kao i neuljena bukovina. Ulja Proterra i Helios jedina su povećala tvrdoću površine, ulja Biofa i Leinos su zadržala otprilike istu tvrdoću dok su ostala ulja smanjila tvrdoću površine trešnjevine. Najmanja tvrdoća na trešnjevinu zabilježena je s Habiol uljem.

#### 4.6 Rezultati mjerenja penetracije ulja u drvo



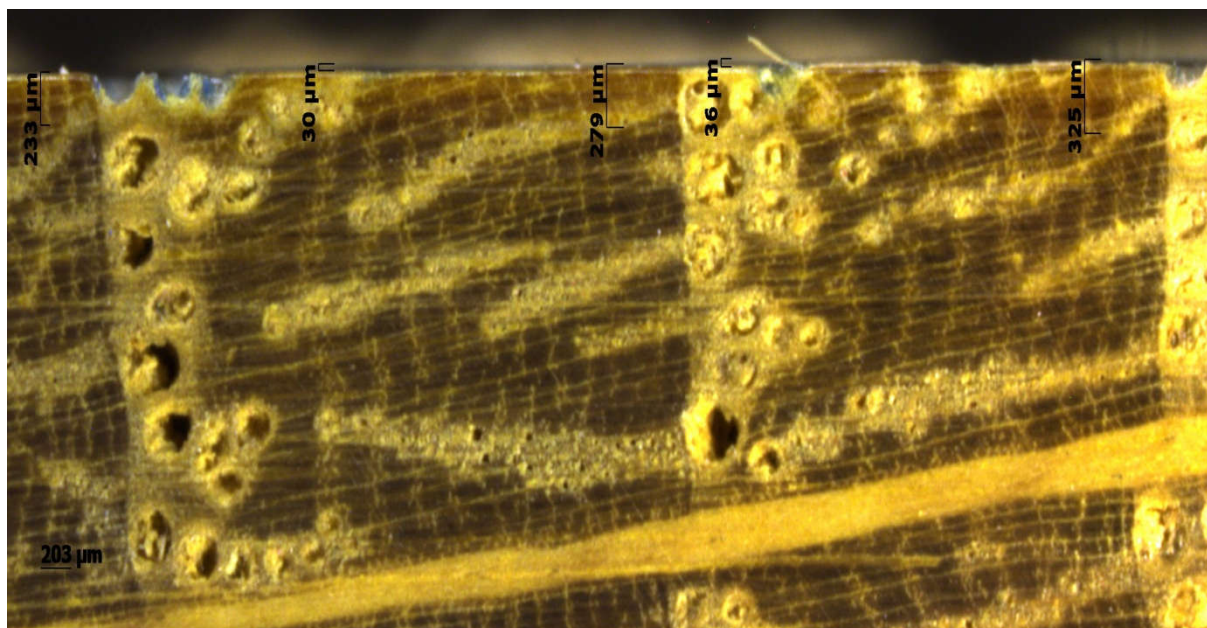
Slika 36 – Grafički prikaz rezultata selektivne penetracije ulja u drvo i penetracije ulja po cijeloj površini drva

Na slici 36 prikazani su rezultati selektivne penetracije ulja u rano i kasno drvo svake vrste drva i svakog ulja te penetracije ulja po cijeloj površini. Odmah se može uočiti kako ulje Habiol ima daleko najveću penetraciju u ranom drvu bukovine dok u kasnom drvu bukovine ima najmanju penetraciju. Uzrok tako velike penetracije ulja Habiol u rano drvo bukovine nalazi se u sastojcima među kojima prevladava laneno ulje koje ima veliku upojnost, osobito kod bukovine koja je inače poznata kao veoma povoljna vrsta drva za površinsku obradu. Nadalje, ulja Biofa, Helios, Hesse Lignal OB i Proterra bolje penetriraju u drvo bukovine nego u drvo hrastovine i trešnjevine dok ulja Leinos, Hesse Lignal OE i Remmers bolje penetriraju u drvo hrastovine nego u drvo bukovine i trešnjevine.



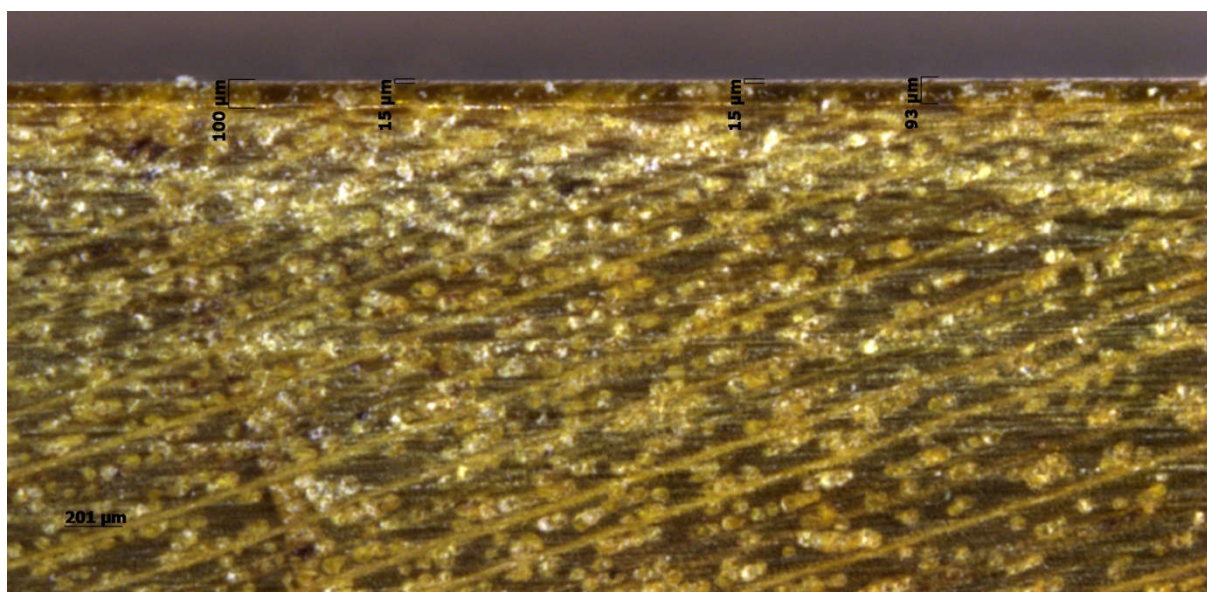
Slika 37 – Prikaz selektivne penetracije ulja Habiol na bukovini uvećan 10,5 puta

Na slici 37 jasno se može vidjeti kolika je penetracija Habiol ulja u drvo bukovine. Uzorak na gornjem dijelu slike 33 nije premazan otopinom joda i penetracija se može vidjeti zbog dodanog plavog pigmenta u ulju. Na tom uzorku je penetracija vidljiva i golim okom što kod ostalih uzoraka nije slučaj.



Slika 38 – Prikaz hrastovine uljene Habiol uljem uvećan 15 puta

Slika 38 prikazuje ulje Habiol na hrastovini te se uočava jednolična selektivna penetracija i penetracija ulja po cijeloj površini. Dodavanje plavog pigmenta pokazalo se korisnim tek na nekim uzorcima prvenstveno za određivanje penetracije po cijeloj površini. Na uzorcima trešnjevine premazanim svim uljima plavi pigment nije dolazio do izražaja čak niti pri određivanju penetracije po cijeloj površini.



Slika 39 – Prikaz selektivne penetracije i penetracije po cijeloj površini na trešnjevine obrađenoj uljem Helios uvećan 20 puta

Na slici 39 jasno se uočava gotovo jednaka selektivna penetracija i penetracija po cijeloj površini.

#### 4.7 Rezultati određivanja vremena sušenja, otvrdnjavanja ili formiranja filma organskih premaza pri sobnoj temperaturi

Prilikom određivanja vremena sušenja i otvrdnjavanja ulja korištenih u ovom ispitivanju bitno je napomenuti kako su ta vremena rezultat subjektivne procjene pri praćenju smjernica iz norme. Prema tome, sva ulja su bila otporna na utjecaj prašine odmah nakon brisanja viška ulja s površine drva. Sva ulja nanescena na uzorke bila su suha na dodir, površinski suha i spremna za skladištenje 16-24 sata nakon brisanja viška ulja s površine drva. Ta vremena su u skladu s preporukama proizvođača.

#### 4.8 Zbirni rezultati

Tablica 6 – Zbirni rezultati ispitivanja provedenih na bukovini obrađenoj svim uljima

Ispitivana svojstva na bukovini	Ispitivana ulja							
	Biofa	Habiol	Helios	Hesse Lignal OB	Hesse Lignal OE	Leinos	Proterra	Remmers
Otpornost na toplinu bez vlage			+	+	+			
Otpornost na topinu s vlagom					+			
Otpornost na hladne tekućine								
Kava 16 h								+
Sok 16 h	+							
Vino 16 h								+
Tvrdoća površine						+		
Promjena boje nakon izlaganja								
$\Delta E^*$	+							
$\Delta b^*$	+							
Dubina penetracije po cijeloj površini			+					

+/- označava najbolji rezultat pri primjeni tog ulja



Tablica 7 – Zbirni rezultati ispitivanja provedenih na hrastovini obrađenoj svim uljima

Ispitivana svojstva na hrastovini	Ispitivana ulja							
	Biofa	Habiol	Helios	Hesse Lignal OB	Hesse Lignal OE	Leinos	Proterra	Remmers
Otpornost na toplinu bez vlage	+		+	+	+	+	+	+
Otpornost na topinu s vlagom	+	+			+			
Otpornost na hladne tekućine								
Kava 16 h							+	
Sok 16 h	+						+	
Vino 16 h							+	
Tvrdoća površine				+				
Promjena boje nakon izlaganja								
$\Delta E^*$		+						
$\Delta b^*$							+	
Dubina penetracije po cijeloj površini		+						

+ - označava najbolji rezultat pri primjeni tog ulja

Tablica 8 – Zbirni rezultati ispitivanja provedenih na trešnjevini obrađenoj svim uljima

Ispitivana svojstva na trešnjevini	Ispitivana ulja							
	Biofa	Habiol	Helios	Hesse Lignal OB	Hesse Lignal OE	Leinos	Proterra	Remmers
Otpornost na toplinu bez vlage	+	+		+				
Otpornost na topinu s vlagom						+		
Otpornost na hladne tekućine								
Kava 16 h							+	+
Sok 16 h	+	+					+	
Vino 16 h	+			+	+		+	+
Tvrdoća površine							+	
Promjena boje nakon izlaganja								
$\Delta E^*$	+							
$\Delta b^*$							+	
Dubina penetracije po cijeloj površini				+			+	

+ - označava najbolji rezultat pri primjeni tog ulja

Na temelju podataka prikazanih u tablicama 6, 7 i 8 može se zaključiti kako je trešnjevina neznatno bolja podloga za uljenje od hrastovine, a potom slijedi bukovina. Isto tako se može zaključiti kako su hrastovina i trešnjevina obrađene uljem Proterra ostvarile najbolje rezultate, dok je na bukovini najbolji rezultat ostvarilo ulje Biofa. Najslabije rezultate ostvarila su ulja Helios i Leinos.

## 5. ZAKLJUČAK

Iz provedenog ispitivanja bilo je teško iznijeti jednoznačan zaključak. Tek se nakon obrade zbirnih rezultata može iznijeti zaključak da ulja Biofa i Proterra imaju sveukupno najbolje rezultate od 8 korištenih ulja na sve tri korištene vrste drva. Ulja koja također imaju dobar ukupan rezultat su Hesse Lignal OB, Hesse Lignal OE, Habiol i Remmers. Bitno je napomenuti kako su pri različitim ispitivanjima najbolje rezultate često imala različita ulja.

Tako gledajući, površine svih triju vrsta drva obrađenih uljem Leinos su najotpornije na toplinu bez vlage, dok su površine svih triju vrsta drva obrađenih uljem Habiol najotpornije na toplinu s vlagom.

Što se tiče ispitivanja otpornosti na hladne tekućine, može se konstatirati kako je za bukovinu najbolji izbor ulje Remmers, za hrastovinu je najbolji izbor ulje Proterra, a za trešnjinu su najbolji izbor ulja Proterra i Biofa.

Za ispitivanje promjene boje i promjene komponenti boje nakon nanošenja na drvo, ulje Proterra je prouzrokovalo najveću promjenu boje i komponenti boje na sve tri vrste drva, a najmanju promjenu boje i komponenti boje prouzrokovalo je pigmentirano ulje Hesse Lignal OB na sve tri vrste drva. Nakon tjedan dana izlaganja u QUV uređaju, promjena boje i komponenti boje manja je u usporedbi s rezultatima nakon nanošenja ulja za sva ulja osim pigmentiranog ulja Hesse Lignal OB na hrastovini. Pritom je ulje Biofa na bukovini u najmanjoj mjeri iskazalo promijenu boje i komponenti boje. Također se može uočiti kako je kod svih ulja nakon nanošenja i nakon tjedan dana izlaganja povećanje crvenog tona boje manje od povećanja žutog tona boje.

Pri ispitivanju tvrdoće površine po Brinellu može se konstatirati da neka ulja u maloj mjeri omekšavaju površinu drva dok neka ulja u maloj mjeri povećavaju tvrdoću površine. Tvrdoća površine ovisi o vrsti drva. Sva ulja na bukovini su neznatno omekšala površinu drva. Na hrastovini su ulja Biofa, Hesse Lignal OB i OE te Proterra neznatno povećala tvrdoću površine dok su ostala ulja neznatno omekšala površinu drva. Na trešnjevini su ulja Helios i Proterra povećala tvrdoću površine za 1 odnosno 1,4 N/mm<sup>2</sup> dok su ostala ulja u manjoj ili većoj mjeri omekšala površinu drva. Povećanja i smanjenja tvrdoće površine na bukovini i hrastovini kreću se unutar 0,5 N/mm<sup>2</sup> u usporedbi s neuljenim drvom, a na trešnjevini se smanjenje tvrdoće kreće i do 2,9 N/mm<sup>2</sup> u usporedbi s neuljenim drvom.

Za temelju rezultata mjerenja penetracije ulja u drvo, može se reći da dubina penetracije ovisi o vrsti drva. Na trešnjevini je uočljiva najmanja razlika između penetracije u rano i kasno drvo dok je na bukovini najveća. Većina ulja prodire 200-400 μm u kasno drvo i 400-600 μm u rano drvo. Penetracija po cijeloj površini iznosi za sva ulja 10-35 μm.

Subjektivni dojmovi koji su stečeni prilikom obrade drva uljima, slijedeći upute svakog proizvođača, sugeriraju da je najbolje pričekati 10-15 minuta prije brisanja viška ulja. Poslije 15 minuta brisanje postaje teže jer se sloj ulja na površini počinje sušiti, osobito kod ulja Hesse Lignal OB i OE. Također je uočeno da pigmentirano ulje Hesse Lignal OB ostavlja puno bolji vizualni dojam na hrastovini nego na bukovini i trešnjevini stoga se može predložiti da se pigmentirana ulja koriste samo na prstenasto poroznim vrstama drva. Kao što je i ranije spomenuto, uljenje drva nije zahtjevno ali uljenjem se ne može prikriti lošija prethodna priprema površine drva kao i drvo slabije kvalitete. Uljenje će istaknuti sve prednosti i nedostatke drva.

## 6. LITERATURA

1. ASTM D 1640 (2009): Standard test methods for drying, curing or film formation of organic coatings at room temperature. English version ASTM D 1640-09.
2. DIN 53160-1 (2010): Determination of the colourfastness of articles for common use - Part 1: Test with artificial saliva. English version DIN 53160-1:2010-10.
3. DIN 51130 (1992): Prüfung von Bodenbelägen – Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft – Arbeitsräume und Arbeitsbereiche mit Rutschgefahr, Begehungsverfahren – Schiefe Ebene. Deutsche norm DIN 51130:1992-11.
4. DIN 68861-1 (2001): Möbeloberflächen - Teil 1: Verhalten bei chemischer Beanspruchung. Deutsche norm DIN 68861-1:2011-01.
5. Hägele, V. (2003): Öle und Wachse zur Oberflächenbehandlung von Holz. Landesverband Holz+Kunststoff, Baden-Württemberg, Stuttgart, 2003.
6. Horvat, I.; Krpan, J. (1967): Drvno industrijski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb.
7. HRN EN 71-3 (2013): Sigurnost igračkaka, 3. dio: otpuštanje određenih elemenata
8. HRN EN 12720 (2014): Namještaj, procjena otpornosti površine prema hladnim tekućinama. Izvornik EN 12720:2009+A1:2013.
9. HRN EN 12721 (2014): Namještaj, procjena otpornosti površine prema toplini s vlagom. Izvornik EN 12721:2009+A1:2013.
10. HRN EN 12722 (2014): Namještaj, procjena otpornosti površine prema toplini bez vlage. Izvornik EN 12722:2009+A1:2013.
11. Jirouš-Rajković, V., 2006: Površinska obrada drvenih podnih obloga: ulja i voskovi. Graditelj, godina XIII, broj 11, str. 38-42, studeni 2006, ISSN 13303945
12. Jirouš-Rajković, V. (2016): Tehnološki procesi površinske obrade drva. Predavanja. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zavod za namještaj i drvene proizvode.
13. Petrič, M., (2006): Površinska obrada drvenih podnih obloga prirodnim uljima. Korak. Broj 1, godina 4/2006.
14. Petrović, M. (2005): Trajnost tankoslojnih lazura. Diplomski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
15. Scheiber, Chr.; Wagenführ, R. (1974): Holzatlas, str. 534-536, Veb Fachbuchverlag, Leipzig.
16. Šoljić, J., 2014: Površinska obrada podnih obloga uljima. Diplomski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
17. Tiryaki, S.; Tolga Okan, O.; Malkocoglu, A.; Deniz, I. (2013): The use of some vegetable oils as wood finishing substances in furniture industry, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey.

URL:

1. Agić, M.; Ulje – Slikarska tehnika. <http://slikarstvo.webs.com/slikarstvo>; (14.08.2016.).
2. Biofa Technisches Merkblatt (2010): [http://www.thymos.ch/fileadmin/editor/biofa/TM/tm\\_2052\\_Arbeitsplatten%C3%B6l.pdf](http://www.thymos.ch/fileadmin/editor/biofa/TM/tm_2052_Arbeitsplatten%C3%B6l.pdf); (22.08.2016.).
3. Flexner, B.; Understanding wood finishing; How to select and apply the right finish. [http://media.sharefoodforest.org/literatur/technik/holz/UnderstandingWoodFinishesFlexner,Bo\\_en.pdf](http://media.sharefoodforest.org/literatur/technik/holz/UnderstandingWoodFinishesFlexner,Bo_en.pdf); (08.09.2016.).
4. Habiol UV Technisches Merkblatt (2015): [http://www.armbruster-handel.eu/tl\\_files/inhalt/downloadbereich/technisches-merkblatt-habiol-habioluv-holzoel-holzpflge-holzpflgeol-2015.pdf](http://www.armbruster-handel.eu/tl_files/inhalt/downloadbereich/technisches-merkblatt-habiol-habioluv-holzoel-holzpflge-holzpflgeol-2015.pdf); (22.08.2016.).
5. Helios Bio impregol ABL i HOW; <http://www.helios.si/eng/sales-programmes/wood-coatings/oils-and-waxes/3308>; (22.08.2016.).
6. Hesse Lignal Coatings, Hesse Hartwachs-ÖL OE 5208x(Glanzgrad)-2001; [http://145.253.192.149:8080/procat/assets/Hesse\\_Hartwachs-%C3%96L\\_OE\\_5208x\(Glanzgrad\)-2001\\_C.pdf](http://145.253.192.149:8080/procat/assets/Hesse_Hartwachs-%C3%96L_OE_5208x(Glanzgrad)-2001_C.pdf); (23.08.2016.).
7. Hesse Lignal Coatings, Hesse Hartwachs-ÖL OB 5208x(Glanzgrad)-(Farbton); [http://145.253.192.149:8080/procat/assets/Hesse\\_Hartwachs-%C3%96L\\_OB\\_5281x\(Glanzgrad\)-\(Farbton\)\\_C.pdf](http://145.253.192.149:8080/procat/assets/Hesse_Hartwachs-%C3%96L_OB_5281x(Glanzgrad)-(Farbton)_C.pdf); (23.08.2016.).
8. Hesse Proterra Cerol GE 12006-2001, Technisches Information; [http://145.253.192.149:8080/procat/assets/Proterra\\_Cerol\\_GE\\_12006-2001\\_geruchsmild\\_C.pdf](http://145.253.192.149:8080/procat/assets/Proterra_Cerol_GE_12006-2001_geruchsmild_C.pdf); (24.08.2016.).
9. Jamnicki, S. Predavanja iz kolegija Tiskarske boje. Veziva. [http://materijali.grf.unizg.hr/media/Veziva%20TB%20\[Compatibility%20Mode\].pdf](http://materijali.grf.unizg.hr/media/Veziva%20TB%20[Compatibility%20Mode].pdf); (16.09.2016.).
10. Leinos Naturfaben Hartwachsöl 290, Technisches Merkblatt; <http://www.leinos.de/de/produkte/oele-und-wachse/innen/hartwachsoel-farbig-295>; (24.08.2016.).
11. Matijević, J.; Pavela-Vrančić, M. (2009): Primijenjena organska kemija u konzervaciji i restauraciji, Sveučilišna skripta; [http://mapmf.pmfst.unist.hr/online\\_publicacije/Primijenjena%20organska%20kemija.pdf](http://mapmf.pmfst.unist.hr/online_publicacije/Primijenjena%20organska%20kemija.pdf); (16.09.2016.).
12. Medvidović, I. Slikarska tehnologija i slikarske tehnike. Ulja. <http://documents.tips/documents/ulja-upotreba-ulja-u-slikarstvu.html>; (12.08.2016.).
13. Perinović Jozić, S., 2003: Ulja i masti i površinski aktivne tvari. Interna skripta za vježbe (TPOI). [http://tkojetko.irb.hr/documents/16691\\_2083.pdf](http://tkojetko.irb.hr/documents/16691_2083.pdf); (10.08.2016.).
14. Remmers HWS-112-Hartwachs-Siegel Technisches Merkblatt; [http://www.remmers.de/html/doc/tm/TM1\\_1826\\_DE.pdf](http://www.remmers.de/html/doc/tm/TM1_1826_DE.pdf); (24.08.2016.).

Popis slika:

Slika 1 - (Perinović-Jozić, 2003).

Slika 2 - (Perinović-Jozić, 2003).

Slika 3 - (Perinović-Jozić, 2003).

Slika 4 - (<http://linseed-oil.com/wp-content/uploads/2016/07/use-of-linseed-oil.jpg>)

Slika 5 - ([http://www.letonkinoisvarnish.uk/files/TungSeed\\_big.jpg](http://www.letonkinoisvarnish.uk/files/TungSeed_big.jpg) i [http://www.woodguide.org/files/2014/08/tungoil\\_2-960x642.jpg](http://www.woodguide.org/files/2014/08/tungoil_2-960x642.jpg))

Slika 6 - (<http://images2.hellotrade.com/data3/GJ/LP/MY-2662786/teak-wood-250x250.jpg> i [http://centuryhouseinc.com/wp-content/uploads/products/I/M/IMG\\_8932-1024x683.jpg](http://centuryhouseinc.com/wp-content/uploads/products/I/M/IMG_8932-1024x683.jpg))

Slika 7 - (<http://www.allbizmart.com/wp-content/uploads/2015/04/jojoba-oil.png>)

Slika 8 - (<http://i.imgur.com/6K45uV2.jpg>)

Slika 9 - (<http://www.mmtoolparts.com/blog/wp-content/uploads/2014/12/sanding.jpeg>)

Slika 10 - ([http://www.house-painting-info.com/wp-content/uploads/2014/06/artimg\\_applying-tung-oil-wood-countertop.jpg](http://www.house-painting-info.com/wp-content/uploads/2014/06/artimg_applying-tung-oil-wood-countertop.jpg))

Slika 11 - (<http://cf.remodelaholic.com/wp-content/uploads/2015/03/How-to-build-a-Media-Center-by-Two-Feet-First-featured-on-@Remodelaholic.jpg>)

Popis tablica:

Tablica 1 - Perinović Jozić, S., 2003: Ulja i masti i površinski aktivne tvari. Interna skripta za vježbe (TPOI). [http://tkojetko.irb.hr/documents/16691\\_2083.pdf](http://tkojetko.irb.hr/documents/16691_2083.pdf); (10.08.2016.).

Tablica 2 - Jirouš-Rajković, V., 2006: Površinska obrada drvenih podnih obloga: ulja i voskovi. Graditelj, godina XIII, broj 11, str. 38-42, studeni 2006, ISSN 13303945

Tablica 4 - Petrović, M. (2005): Trajnost tankoslojnih lazura. Diplomski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Tablica 5 - Petrović, M. (2005): Trajnost tankoslojnih lazura. Diplomski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.