

# Utjecaj brušenja na adheziju i sjaj poliuretanskog laka na drvu

---

Šaško, Marko

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:108:211661>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-27**



Repository / Repozitorij:

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



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

**MARKO ŠAŠKO**

**UTJECAJ BRUŠENJA NA ADHEZIJU I SJAJ  
POLIURETANSKOG LAKA NA DRVU**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2016.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU  
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**UTJECAJ BRUŠENJA NA ADHEZIJU I SJAJ POLIURETANSKOG  
LAKA NA DRVU**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski rad: Drvnotehnološki procesi

Predmet: Tehnološki procesi površinske obrade drva

Ispitno povjerenstvo:       1. Prof. dr. sc. Vlatka Jirouš- Rajković  
                                      2. Doc. dr. sc. Goran Mihulja  
                                      3. Dr. sc. Josip Miklečić

Student: Marko Šaško, univ.bacc.ing.techn.lign.

JMBAG: 00682162058

Broj indeksa: 591/14.

Datum odobrenja teme: 22.03.2016.

Datum predaje rada: 20.07.2016.

Datum obrane rada: 09.09.2016.

**ZAGREB, 2016.**

**Dokumentacijska kartica**

<b>Naslov</b>	Utjecaj brušenja na adheziju i sjaj poliuretanskog laka na drvu
<b>Title</b>	The impact of sanding on adhesion and gloss of polyurethane coating on wood
<b>Autor</b>	Marko Šaško
<b>Adresa autora</b>	Kalnička 6, 42240 Ivanec
<b>Mjesto izrade</b>	Šumarski fakultet u Zagrebu
<b>Vrsta objave</b>	Diplomski rad
<b>Mentor</b>	Prof. dr. sc. Vlatka Jirouš- Rajković
<b>Izradu rada pomogao</b>	Dr. sc. Josip Miklečić
<b>Godina objave</b>	2016.
<b>Obujam</b>	56 stranica sveukupno, 23 slike, 24 grafa, 5 tablica i 28 navoda literature
<b>Ključne riječi</b>	Brušenje, adhezija, sjaj, poliuretanski lak, hrapavost
<b>Key words</b>	Sanding, adhesion, gloss, polyurethane coating, roughness
<b>Sažetak</b>	<p>U ovom radu ispitivan je utjecaj brušenja na adheziju i sjaj poliuretanskog laka na drvu. Ispitivanje je vršeno s ciljem proučavanja utjecaja različitih kombinacija brusnog papira i različitog vremena sušenja temeljnog laka na vrijednosti adhezijske čvrstoće i sjaja. Uzorci bukovine i hrastovine brušeni su različitim kombinacijama brusnih papira prije nanošenja temeljnog poliuretanskog laka. Nakon različitih perioda sušenja laka brušeni su istom granulacijom iza čega je slijedilo nanošenje završnog laka, osim na jednoj grupi uzoraka koja je nakon međubrušenja stajala neobrađena 24 sata i tek tada lakirana. Između pojedinih faza obrade mjerena je hrapavost površine uzoraka kontaktnom metodom i sjaj površine pomoću reflektometra. Nakon otvrdnjivanja završnog laka i perioda kondicioniranja mjerena je adhezivna čvrstoća laka na drvu metodom otkidanja valjčića. Rezultati ispitivanja pokazali su da različiti načini brušenja i različita vremena sušenja temeljnog laka utječu na adheziju, sjaj i hrapavost površine, a time i na kvalitetu proizvoda.</p>

## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. IZLAGANJE TEMATIKE</b> .....	<b>2</b>
2.1. <i>Brušenje</i> .....	2
2.2. <i>Hrapavost</i> .....	4
2.3. <i>Adhezija</i> .....	6
2.4. <i>Sjaj</i> .....	8
2.5. <i>Poliuretanski lak</i> .....	9
2.6. <i>Brušenje i lakiranje u tvrtki Drvodjelac d.o.o.</i> .....	10
<b>3. CILJ ISTRAŽIVANJA</b> .....	<b>13</b>
<b>4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA</b> .....	<b>13</b>
4.1. <i>Bukva</i> .....	13
4.2. <i>Hrast</i> .....	14
4.3. <i>Brušenje uzoraka</i> .....	15
4.4. <i>Nanošenje i sušenje laka</i> .....	16
4.5. <i>Mjerenje hrapavosti</i> .....	18
4.6. <i>Mjerenje sjaja</i> .....	24
4.7. <i>Mjerenje adhezije</i> .....	25
4.8. <i>Mjerenje debljine filma</i> .....	27
<b>5. REZULTATI I DISKUSIJA</b> .....	<b>28</b>
5.1. <i>Rezultati mjerenja za uzorke bukovine</i> .....	28
5.1.1. <i>Utjecaj podloge na parametre hrapavosti</i> .....	28
5.1.2. <i>Utjecaj načina brušenja na parametre hrapavosti</i> .....	30
5.1.3. <i>Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka na parametre hrapavosti</i> .....	32

5.1.4. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka i načina brušenja na debljinu filma .....	34
5.2. Rezultati mjerenja za uzorke hrastovine .....	35
5.2.1. Utjecaj podloge na parametre hrapavosti .....	35
5.2.2. Utjecaj načina brušenja na parametre hrapavosti .....	37
5.2.3. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka na parametre hrapavosti .....	39
5.2.4. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka i načina brušenja na debljinu filma .....	41
5.3. Rezultati mjerenja za uzorke bukovine i hrastovine .....	42
5.3.1. Utjecaj načina brušenja na sjaj površine .....	42
5.3.2. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka na sjaj površine .....	43
5.3.3. Utjecaj podloge na sjaj površine .....	44
5.3.4. Utjecaj načina brušenja na adheziju laka .....	45
5.3.5. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka na adheziju .....	46
5.3.6. Utjecaj načina brušenja na parametre hrapavosti $Ra$ i $Rz$ podloge i laka, na sjaj i na adheziju .....	47
5.4. Usporedba i diskusija rezultata .....	48
<b>6. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>51</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>52</b>

## 1. UVOD

U ovom diplomskom radu obrađen je utjecaj brušenja na adheziju i sjaj poliuretanskog laka na drvu. Uzorci drva koji su korišteni za ispitivanje utjecaja brušenja na adheziju i sjaj su bukovina (*Fagus sylvatica* L.) i hrastovina (*Quercus robur* L.).

Brušenje je vrlo stari zanat koji se usavršava još od kamenog doba, od prvih primitivnih načina brušenja alata pomoću pijeska, sve do danas pomoću automatskih strojeva. Prekretnica brušenja bila je 1891. godina kada je Achenson pronašao silicij-karbid (Jirouš-Rajković, 1991.). Tim otkrićem i proizvodnjom umjetnog korduna započinje moderna tehnika brušenja. Usprkos razvoju automatskih strojeva za brušenje i kvalitetnih brusila, kvalitetno brušenje i dalje je jedan od najtežih zadataka u finalnoj obradi drva (Jirouš-Rajković, 1991.).

Uzorci bukovine i hrastovine brušeni su različitim kombinacijama brusnih papira prije nanošenja temeljnog poliuretanskog laka i nakon različitih perioda sušenja laka svi su uzorci brušeni istom granulacijom. Nakon međubrušenja laka slijedilo je nanošenje završnog laka, osim na dvije grupe uzoraka koji su nakon međubrušenja stajali neobrađeni, dva i sedam dana, i tek su nakon toga lakirani. Između pojedinih faza obrade mjerena je hrapavost površine uzoraka kontaktnom metodom i sjaj površine pomoću reflektometra. Nakon otvrdnjavanja završnog laka i perioda kondicioniranja mjerena je adhezivna čvrstoća laka na drvu metodom otkidanja valjčića.

Uz odabir odgovarajućeg stroja (tehnologije brušenja) i brusila za kvalitetno brušenje, nužno je i dobro poznavanje svih čimbenika koji utječu na proces brušenja (granulacija, brzina rezanja, tlak, vrsta abrazivnih čestica, zatupljenost brusne trake, itd). Mnogo čimbenika može prouzročiti poteškoće prilikom brušenja, stoga su potrebna temeljita ispitivanja procesa brušenja i pridržavanje ispitanih i postavljenih uvjeta obrade (Jirouš-Rajković, 1991.)

---

## 2. IZLAGANJE TEMATIKE

### 2.1. Brušenje

Zbog važnosti i učestalosti uporabe brušenja u proizvodnom procesu važno je navesti više definicija tog termina.

Brušenje je vrlo precizan postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) koji se upotrebljava za finu i pretežito završnu obradu pretežito tvrdih površina ravnog, cilindričnog ili složenog oblika (Sedmak, 20139. Također, brušenje je: „najzastupljeniji i najgospodarstveniji postupak završne obrade odvajanjem čestica.“ (Labura, 2015.).

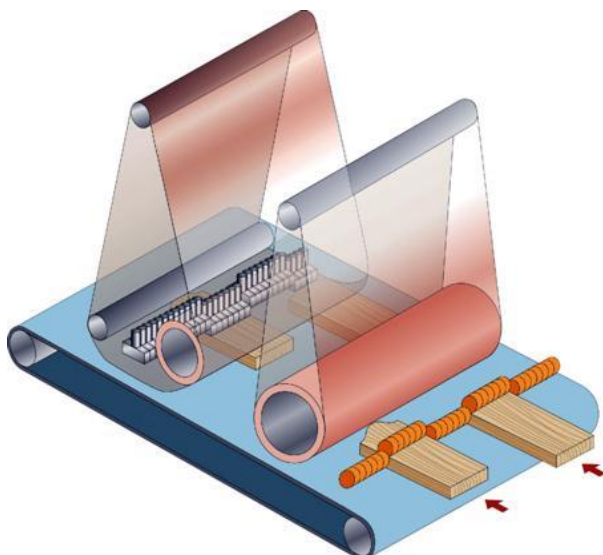
„Brušenje je najčešće posljednja i najfinija faza mehaničke obrade drva u kojoj se materijal obrađuje nizom oštrica nedefinirane geometrije.“ (Jirouš-Rajković, 1991.).

Zatim, brušenje je proizvodni postupak strojne obrade odvajanjem čestica koji skida promjenjiv presjek strugotine. (Slade, 2012.).

Čimbenici koji utječu na proces i kvalitetu brušenja su istrošenost brusila, brzina rezanja, brzina pomaka, tlak, oscilacija bruse trake, granulacija i vrsta abrazivnog zrna, dužina kontakta brusila s drvom, sadržaj vode u drvu, vrsta drva i smjer brušenja (Jirouš-Rajković, 1991.). Kako bi se postigla zadovoljavajuća kvaliteta brušene površine, potrebno je zadovoljiti sve navedene čimbenike.

Brušenje površine drva može se vršiti strojno (slika 1.) i ručno (slika 2.). Strojno brušenje se koristi u industriji zbog veće preciznosti i kvalitete brušene površine. Za potrebe ovog istraživanja brušenje uzoraka vršilo se ručno.





Slika 1. Strojno brušenje drva (<http://www.vismgroup.com>)

Ciljevi brušenja (Technology profile, 2004.) :

- a) Kalibriranje drvenih elementa da bi se uklonile razlike u debljini i neravnost površine drva
- b) Poboljšanje svojstva površine nakon prethodne obrade, primjerice uklanjanje tragova noža nakon blanjanja.
- c) Izjednačavanje i poboljšavanje izgleda površine, stvaranje vizualno atraktivne površine
- d) Poboljšanje adhezije i zaglađivanje površine prije nanošenja sljedećeg sloja premaza
- e) Ublažavanje (zaglađivanje) oštih rubova

„Osnova ručnog brušenja je što jednoličnije prelaženje brusnim sredstvom po površini obratka, kako bi se dobila ujednačena površina. Osnovni alat za ručno brušenje je papirnata ili platnena traka na kojoj su nalijepljena brusna zrnca. Osim brusnih traka, brusna zrnca se mogu koristiti na više načina: kao brusna ploča, kao brusni kameni (zrnca sortirana i povezana potrebnim vezivom) i u obliku samih brusnih zrnaca koja se nasipavaju na mjesto obrade. Oblici papirnatih ili platnenih traka su: brusni papir u roli, brusni papir u listovima, brusni papir u trakama, okrugli brusni papiri (fiber diskovi), brusni papir specijalnih oblika (npr. delta brusni papir), brusni papiri u lamelnim pločama. Kako je svojstvo brušenja velika brzina rezanja, a nju je teško ručno ostvariti, kod ručnog brušenja često se koriste ručni alati s

pogonom (bilo električnim, akumulatorskim ili pneumatskim pogonom). Ručni alat za brušenje brusnim papirom je ručna brusilica ili alat s električnim pogonom – vibracijska (oscilirajuća) brusilica. Osim jednostavnih brusnih papira i traka, za brušenje se koriste i različite lamelne brusne ploče. To su brusevi sastavljeni od niza brusnih papira ili brusnih tkanina, posloženih u niz, radijalno ili aksijalno za finija brušenja. Koriste se na rotacijskim brusilicama.“ (Slade, 2012.).



Slika 2. Ručno brušenje (<http://www.bosch-pt.com/si>)

## 2.2. Hrapavost

Kvaliteta brušenja utječe na kvalitetu i troškove površinske obrade drva. Osnovna mjera kvalitete brušenja drva je hrapavost površine (Gurau, 2010.).

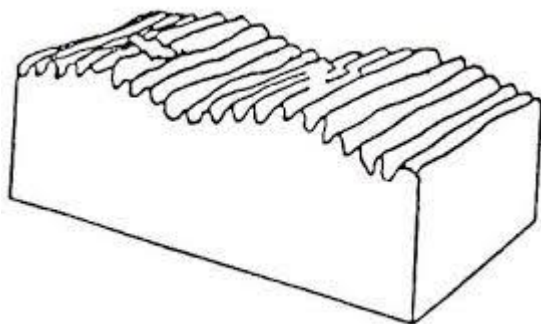
Teško je točno i konkretno definirati hrapavost stoga je, radi jasnoće rada, u daljnjem tekstu navedeno nekoliko definicija hrapavosti.

„Hrapavost površine (slika 3.) je u općem smislu mikrogeometrijska nepravilnost površine, koja nastaje tijekom postupaka obrade ili drugih utjecaja.“ (Jelaska, 2011.).

„Tehničke površine nisu idealno glatke geometrijske plohe koje razdvajaju dva medija, nego su to, mikroskopski gledano, hrapave plohe karakterizirane nizom neravnina raznih veličina, oblika i rasporeda. Posljedica tome su postupci obrade odvajanjem čestica ili postupci obrada bez odvajanja čestica“ (Denjo, 2015.). Također Denjo (2015.) navodi da je

površinska hrapavost sveukupnost mikrogeometrijskih nepravilnosti na površini predmeta (koje su mnogo puta manje od površine cijelog predmeta), a prouzrokovane su postupkom obrade ili nekim drugim utjecajima.

„Površinska hrapavost je sveukupnost mikrogeometrijskih nepravilnosti na površini predmeta (koje su mnogo puta manje od površine cijelog predmeta), a prouzrokovane su postupkom obrade ili nekim drugim utjecajima“ (ISO 4287).



Slika 3. Hrapavost površine (Jović, 2012.)

U vrijeme kada je kvaliteta proizvoda jedan od osnovnih čimbenika uspješnosti njegove prodaje na tržištu, hrapavost površine je nepoželjan čimbenik kod većine proizvoda od drva. Hrapavost površine ima velik utjecaj na površinsku obradu drva, tj. na finalnu kvalitetu proizvoda, a samim time i na njegova uporabna svojstva (Dubravac, 2015.). Finija kvaliteta površinske obrade uzrokuje povećanje vremena obrade, a time se povećavaju i troškovi proizvodnje koji su također jedan od glavnih čimbenika u proizvodnji proizvoda od drva.

Postoje razne metode mjerenja hrapavosti. Najjednostavnije metode su vizualna metoda i metoda ocjenjivanja putem opipa. Uz jednostavnije postoje i složenije metode mjerenja koje se dijele na: posredne (indirektne) i neposredne (direktne) metode mjerenja hrapavosti površine (Jirouš-Rajković, 1991.). U posredne metode ubrajaju se: metoda s pastom po Flemmingu, pneumatska metoda, optička metoda, metoda klizanja vodene kapljice i metoda preslikavanja. Kod tih se metoda hrapavost izražava jedinicama kao što su  $\text{cm}^2$ ,  $\text{cm}^3$ ,  $\text{cm}^3/\text{s}$ , postotkom odbijene svjetlosti ili mjerama za kut.

Neposredne metode mjerenja hrapavosti su one koje na određen način daju presjeke, odnosno profile ispitivanih površina i dijele se na kontaktne metode i beskontaktno metode (Jirouš-Rajković, 1991.). Kod beskontaktnih metoda profil površine određuje se bez mehaničkog kontakta s ispitivanom površinom. Ove se metode zasnivaju na principima optike te se još

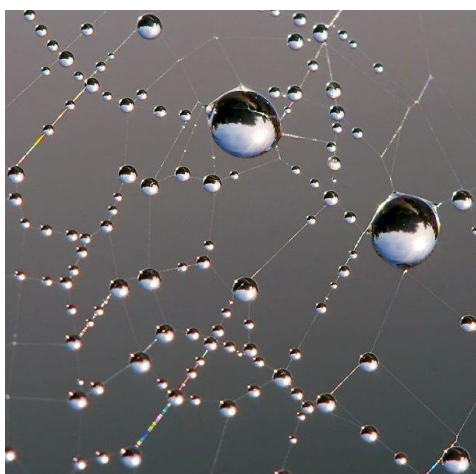
nazivaju i optičke metode. U njih se ubrajaju: metoda svjetlosnog presjeka, metoda sjene od noža i metoda interferencije svjetlosti.

Kod kontaktnih metoda profil površine dobiva se mehaničkim kontaktom igle (određenog radijusa zaobljenja) s ispitivanom površinom. Igla pri određenom pritisku dolazi u stalni ili privremeni kontakt s ispitivanom površinom, a vertikalno pomicanje igle predstavlja dubinu, odnosno visinu neravnina na površini.

U ovom istraživanju mjerenje hrapavosti se vršilo prije nanošenja temeljnog laka (brušena površina), nakon nanošenja temeljnog laka, i nakon nanošenja završnog sloja laka. Mjerenje se vršilo neposrednom (direktnom) metodom, kontaktnom metodom mjerenja hrapavosti.

### 2.3. Adhezija

„Adhezija (slika 4.) je stanje u kojem se dvije raznovrsne površine iz različitih materijala zajedno drže međusobnim djelovanjem privlačnih sila zbog interakcije molekula, atoma ili iona“ (Bujanić, Magdalenić Bujanić, 2011.). Prema Bujanić i Magdalenić Bujanić (2011.) kohezija ili unutarnja čvrstoća je djelovanje između dviju površina istovrsnih materijala, tj. privlačnih sila istovrsnih atoma ili molekula.



Slika 4. Adhezija (<http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=470>)

Pojam adhezije često se rabi za opisivanje tendencije slojeva premaza da se drže jedni za druge, međutim, budući da su slojevi premaza od istog materijala tu se zapravo radi o koheziji (Jackson, 2014). Bez obzira radi li se o adheziji ili koheziji, njihov nedostatak

uzrokuje greške na lakiranom drvu. Bez dobre adhezije premaz se ljušti i skida s površine što znači da je sav rad uložen u lakiranje obratka obezvrjeđen i narušena je estetika, odnosno dekorativnost obratka. Prema općem mišljenju, adhezija je posljedica fizikalnih i kemijskih sila koje djeluju na sučelju podloga – premaz. Adhezijske sile ovise o kemijskoj strukturi polimera, utjecaju apsorpcije vode i permeabilnosti premaza, hrapavosti i čistoći podloge, te o kemijskoj strukturi podloge (Jirouš-Rajković, Turkulin, 2002). Do dobre adhezije premaza na podlozi dolazi kada:

- molekule u filmu premaza dobro kvase podlogu i čine bliski kontakt s podlogom stvarajući međupovršinske veze (proces koji se zove adsorpcija)

- dolazi do stvaranja kemijskih veza na sučelju između podloge i premaza

- premaz prodire u površinu podloge i dolazi do mehaničkog blokiranja ili usidrenja (eng. *interlocking*) nakon sušenja premaza.

Za dobru adheziju ne moraju biti prisutna sva tri mehanizma. Ovisno o vrsti premaza, podloge i metode nanošenja može doći do različitih mehanizama, no općenito je potrebno dobro kvašenje ili adsorpcija (Petrie, 2012).

Do kohezijskih problema u premazu može doći zbog nepravilnog otvrdnjivanja slojeva premaza. Zbog previše dugog vremena otvrdnjivanja nekih premaza i njihovog nebrušenja nakon toga ili nedovoljnog brušenja, može doći do pomanjkanja kohezijske čvrstoće. Zbog pretjeranog vremena otvrdnjivanja može doći do potpunog umreživanja premaza i njegove otpornosti na otapala. To znači da je primarna sila koja drži premaz mehanička kohezija. Mehanička kohezija pretpostavlja hrapavu podlogu na koju se može prihvatiti sljedeći sloj premaza. Izostanak brušenja ili nedovoljno brušenje može u tom slučaju uzrokovati nedovoljnu mehaničku koheziju i ljuštenje završnog laka.

Nekoliko autora ispitalo je utjecaj hrapavosti površine, odnosno brušenja na adhezijsku čvrstoću premaza na drvu. Prema Ozdemiru i sur. (2015.) adhezivna čvrstoća uzoraka drva obrađenih nitroceluloznim lakom (bukovina, crna joha, smreka i jela) određena je kao funkcija površinske hrapavosti. Uzorci su pokazali bolju adhezijsku čvrstoću kada su bili brušeni manjom granulacijom brusnog papira s povećanom površinskom hrapavošću (Ozdemir i sur., 2015.).

Ispitivanje adhezije akril-poliuretanskog laka na drvu jasena i breze pokazalo je da površinska hrapavost ima značajan utjecaj na adheziju (Vitosyte i sur. 2012.). Prema

Vitosyeteu i sur. (2012.) povećavanjem površinske hrapavosti dolazi do povećanja adhezije između uzorka drva i premaza.

U ovom radu adhezijska čvrstoća poliuretanskog premaza na uzorcima (bukovine i hrastovine) ispitivana je metodom otkidanja valjčića o kojoj će biti riječ u poglavlju 4.7. Prema Mourai i Hernandezu (2005.) razumijevanje adhezijskih svojstava laka na drvu vrlo je važno kako bi se produžio vijek trajanja premaza za drvo. Brušena površina drva pokazala je bolju adheziju premaza nego blanjana površina, bolje kvašenje i veću stvarnu površinu za nanošenje premaza (Moura i Hernandez, 2005.).

Jaić je sa suradnicima (2014.) ispitivao utjecaj pripreme površine uzoraka bukovine na adheziju različitih vrsta premaza i ustanovio da se brušenjem postiže manja hrapavost površine nego blanjanjem i da mala hrapavost površine osigurava dobru adheziju akril-izocijanatnih premaza, dok je bolja adhezija jednokomponentnog vodenog premaza izmjerena na hrapavijim površinama. Korelacija između adhezije dvokomponentnog poliuretanskog premaza i hrapavosti površine nije utvrđena.

## 2.4. Sjaj

„Sjaj (slika 5.) je aspekt vizualne percepcije objekta. To je naš dojam izazvan vanjskim nadražajem i ovisi o načinu rasvjete. Sjaj je vizualni doživljaj. Što se više direktne svjetlosti reflektira to će očitiji biti dojam sjaja. Učinci sjaja temelje se na interakciji svjetlosti s fizičkim svojstvima površine uzorka. Sjaj možemo definirati kao sposobnost površine da reflektira usmjerenu svjetlost. Sjaj neke površine može se karakterizirati stupnjem njegovog približavanja zrcalnoj površini. Zrcalna površina reflektira svjetlost samo pod jednim kutom. Idealna mat površina reflektira svjetlo nezavisno od kuta promatranja i njezin je sjaj jednak nuli. Između spomenutih krajnosti su realne površine s različitim stupnjevima sjaja.“ (Jirouš-Rajković, 2015.)



Slika 5. Sjaj površine (<http://www.webgradnja.hr>)

Na boju i sjaj površine drva utječu razni fizikalni i kemijski čimbenici, naročito kemijska struktura i mikroskopska obilježja drva (Hauptman i sur., 2013.). Na hrapavim površinama svjetlost se ne reflektira zrcalno nego difuzno što utječe na sjaj i zasićenost boje površine drva.

Istraživanjem (Jaić, 2015.) se pokazalo da kroz faze poliranja (finog brušenja) hrapavost lakirane površine opada, a stupanj sjaja raste. Visoka vrijednost koeficijenta korelacije ( $R = 0,984$ ) upućuje da postoji jaka linearna ovisnost između parametra hrapavosti  $R_a$  i sjaja lakirane površine (mjereno pod kutom od  $60^\circ$ ). Primjenom dvije geometrije mjerenja ( $20^\circ$  i  $60^\circ$ ) utvrdila se potreba za primjenom geometrije od  $20^\circ$  kada se određuje sjaj visoko sjajnih površina, jer standardna geometrija od  $60^\circ$  ne može sa sigurnošću prikazati male razlike u stupnju sjaja koje nastaju kao posljedica poliranja (Jaić, 2015.). U istraživanju dekorativnih svojstava drva paulovnije nakon površinske obrade, Jaić i sur. nisu pronašli korelaciju između hrapavosti površine nakon različitih sustava brušenja i vrijednosti sjaja površine (Jaić i sur. 2010.).

## 2.5. Poliuretanski lak

Poliuretanski lakovi (PU lakovi) su jedno ili dvokomponentni reakcijski lakovi koji očvršćuju kemijskim reakcijama. (<http://www.gradimo.hr/clanak/poliuretanski-lak/30987>).

„U PU lakovima općenito reagiraju hidroksilne grupe u filmotvornom materijalu (osnovi laka) sa otvrdivačem koji je na bazi poliizocijanata stvarajući poliuretansku strukturu“ (Jirouš- Rajković, 2014).

Osnovne komponente poliuretanskih lakova su:

1. Izocijanati: aromatski (skloniji su žućenju) ili alifatski
2. Polioli (poliesteri) ili drugi spojevi koje se vežu izocijanatima
3. Katalizatori: tercijarni amini, soli metala
4. Pigmenti : npr. cinkov-oksidi, kromoksi-hidrat
5. Otapala: ne smiju sadržavati vodu, esteri (etilacetat, butilacetat), ketoni
6. Omekšivači: pozitivno utječu na elastičnost filma, prionljivost (fosfati)
7. Sredstva za razlijevanje (celulozni acetatbutirat, polivinilacetat)

Osnovne karakteristike poliuretanskih lakova su dobra prionljivost, trajna elastičnost, visoka postojanost prema atmosferilijama, neosjetljivost na problematične vrste drva, velika trajnost, moguće postizanje svih efekata (otvorene pore, zatvorene pore, mat-sjaja, transparentno, pigmentirano), visoka električna svojstva, otpornost prema vodi i kemikalijama, mala gorivost i relativno visoka cijena (Jirouš- Rajković, 2014.).

## **2.6. Brušenje i lakiranje u tvrtki Drvodjelac d.o.o.**

Radi lakšeg i boljeg razumijevanja brušenja te izrade diplomskog rada, bilo je važno utvrditi provedbu brušenja te utjecaj na kvalitetu finalnog proizvoda u gospodarstvu (praksi). Stoga sam posjetio tvrtku *Drvodjelac d.o.o.* i proučio njihove sustave brušenja.

Drvodjelac d.o.o. (slika 6.) je renomirani i tržišno priznati poslovni subjekt u drvno prerađivačkoj industriji. Riječ je o vodećoj drvoprerađivačkoj tvrtki sjeverozapadne Hrvatske, a i šire. Poslovno – proizvodni prostor tvrtke prostire se na preko 30 000 m<sup>2</sup>. Primarni proizvod Drvodjelca su ploče od masivnog drva. Proizvode se dvije vrste ploča od masivnog drva koje se razlikuju po spajanju drvnih lamela. Jedno su ploče izvedene širinskim lijepljenjem lamela, a kod drugih se lamele lijepe dužinsko – širinskim načinom. Ploče su



najčešće izrađene od bukovine, a mogu biti i od jelovine, smrekovine, johovine, orahovine, jasenovine, voćkarica i raznih drugih vrsta drva. U asortimanu tvrtke nalazi se i moderan namještaj od masivnog drva, kreveti, ormari, stolci i komode. Također, proizvodi se i brodski pod, gazišta za stepenice, lamperija, građevna stolarija i razni drugi proizvodi od drva (<http://drvodjelac.hr/>).



Slika 6. Drvodjelac d.o.o.

Tehnološki postupak brušenja u Drvodjelcu vrši se na način (režim) da je brušenje isto za bukvu i hrast, a ovisi o tome da li se drvo moči (bajca) ili ne. Za bukvu i hrast *natur* (nebajcano drvo) način strojnog brušenja je: P 80 – P 120 – P 150 – P 180. Rubovi se bruse ručno granulacijom P 220. Strojno brušenje bukve i hrasta koji se moče (bajcaju) vrši se načinom: P 80 – P 120 – P 150 – P 180 – P 220, a rubovi (ručno) se bruse sa P 220. Tlak koji se koristi kod strojnog brušenja je 6 do 8 bara.

Vrste brusilica koje se koriste su *TIMESAVERS 33-Serie-1350-PWW*, *VIET S2 323 2620*, rubna brusilica i ručno brušenje (RRM). Brzina brušenja, brzina pomaka obratka i broj agregata stroja su različiti za svaku marku stroja.

Brusni papir kod tračnih brusilica (*TIMESAVERS*, *VIET*) je Siawood 1919. Zrno je od aluminijevog oksida. Na bočnoj brusilici se nalazi platnena brusna traka, a na četkari *Flex trim system*. Na RRM se koriste diskovi *1960 siarexx cut* s 15 rupa promjera 150 mm. Određivanje istrošenosti brusnog papira se vrši iskustveno. Na obratku je vidljivo kada brusni papir više ne zadovoljava i kada ostavlja greške od istrošenosti.

Međufazno brušenje se vrši ručno pomoću diskova promjera 150 mm. Granulacija koja se koristi je P 280. Koriste se i ručne spužvice granulacije P 280. Vršiti se samo jedno brušenje i nakon toga se nanosi završni sloj.

Način nanošenja laka može biti ručno (štrcaljka) i automat. Sušenje laka se vrši u sušioniku. Temeljni lak se suši 2 sata, a završni 24 sata. Temeljni i završni lak se nanose jednom. Više nanesenog temeljnog laka rezultira manjom potrebnom završnog laka. Kod ručnog nanošenja se koristi štrcaljka *AIRMAX KREMLIN X-CITE 120*. Kod automata se koristi *AIRMAX PUMPA KREMLIN 20.25* na konzoli sa dva regulatora i usisnim crijevom.

### 3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja je proučiti kako različiti načini brušenja i različita vremena sušenja temeljnog laka utječu na adheziju i sjaj poliuretanskog laka na drvu bukve i hrasta.

### 4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

#### 4.1. Bukva

Bukva (*Fagus sylvatica* L.) (slika 7.) je bjelogorično drvo koje spada u porodicu *Fagaceae* i najrasprostranjenija šumska vrsta drva u Hrvatskoj. Bukva raste na brdskim i planinskim položajima srednje, zapadne te jugoistočne Europe. U Hrvatskoj je autohtona vrsta drveća. Raste na području Maclja, Ivanščice, Medvednice, Papuka, Pšunja, Žumberka, u Gorskom kotaru, na Dinari, Velebitu, Bilogori i Kalniku. U Jugoistočnoj Europi postoji oko 13 000 000 ha bukovih šuma. Bukva naraste do 40 m visine. Debljina debla može biti i preko 1 m prsnog promjera. Krošnja je široko zaobljena (Roloff i Bärtels, 2008.).



Slika 7. Obična bukva (<http://leafland.co.nz/product/fagus-sylvatica-english-green-beech/>)

Bukva je difuzno porozna vrsta drva. Prema Horvatu i Krpanu (1967.) bukovina se sastoji od 42.5 – 45.4% celuloze, 22.5 – 23% lignina, 21.0 – 30.0% pentoze, 0.17% proteina,

0.17 – 3.5% ekstraktivnih tvari i 0.41 – 1.17% pepela. Također, Horvat i Krpan (1967.) navode neka fizička i mehanička svojstva bukovine: gustoća (0.54...0.72...0.91 g/cm<sup>3</sup>), volumno utezanje (14.0...17.5...21.0%), tvrdoća (540...780...1100 kPa/cm<sup>2</sup>) itd.

Vrlo je širok spektar upotrebe bukovine: visoka gradnja, stube, impregnirano za niske gradnje i vodogradnje, pragovi, rudničko drvo, namještaj, furniri, parketi i još mnogi drugi proizvodi (Horvat i Krpan, 1967.).

Za potrebe našeg istraživanja korišteno je 60 uzoraka bukovine od kojih je 40 uzoraka dimenzija 15 x 7.5 x 0.9 cm, a 20 uzoraka je dimenzije 37.5 x 10 x 0.9 cm. Prosječna gustoća uzoraka je 0.70 g/cm<sup>3</sup>. Uzorci su podijeljeni u skupine ovisno i načinu brušenja i vremenu sušenja temeljnog laka. S obzirom na način brušenja (4 različita načina brušenja) uzorci su podijeljeni na 4 skupine po 15 uzoraka. S obzirom na vrijeme sušenja temeljnog laka (5 različitih vremena sušenja temeljnog laka) uzorci su podijeljeni na 5 skupina po 12 uzoraka.

## 4.2. Hrast

Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) (slika 8.) bjelogorično je drvo iz roda hrastova porodice *Fagaceae*. Ono je drvo visine do 40 m (iznimno i do 50 m), a stablo može doseći promjer i do 3 metra. To je dugovječno drvo koje može doseći starost od 500 do 800 godina. Krošnja mu je široka, nepravilna i dobro razgranata ([https://hr.wikipedia.org/wiki/Hrast\\_lu%C5%BEnjak](https://hr.wikipedia.org/wiki/Hrast_lu%C5%BEnjak)).



Slika 8. Hrast lužnjak (<http://www.vecernji.hr>)

Hrast je prstenasto porozna vrsta drva. Prema Horvatu i Krpanu (1967.) hrastovina je sastavljena od 42.8% celuloze, 24.9% lignina, 25.5% pentoze, 0.39 % ekstraktivnih tvari i 0.27% pepela. Također, Horvat i Krpan (1967.) navode neka fizička i mehanička svojstva hrastovine: gustoća ( $0.43...0.67...0.83 \text{ g/cm}^3$ ), volumno utezanje (8.75...14.22...20.67%), srednja tvrdoća ( $670 \text{ kPa/cm}^2$ ) itd.

Vrlo je širok spektar upotrebe hrastovine: prvorazredno tehničko drvo za potrebe građevinarstva, gradnja brodova, pragovi, građevno stolarstvo, namještaj, najbolje drvo za gradnju bačava, rudničko drvo parketi i mnogi drugi proizvodi (Horvat i Krpan, 1967.).

Za potrebe našeg istraživanja korišteno je 60 uzoraka hrastovine od kojih je 40 uzoraka dimenzija  $15 \times 7.5 \times 1 \text{ cm}$ , a 20 uzoraka je dimenzije  $37.5 \times 10 \times 1 \text{ cm}$ . Prosječna gustoća uzoraka je  $0.66 \text{ g/cm}^3$ . Uzorci su podijeljeni u skupine ovisno i načinu brušenja i vremenu sušenja temeljnog laka. S obzirom na način brušenja (4 različita načina brušenja) uzorci su podijeljeni na 4 skupine po 15 uzoraka. S obzirom na vrijeme sušenja temeljnog laka (5 različitih vremena sušenja temeljnog laka) uzorci su podijeljeni na 5 skupina po 12 uzoraka.

### 4.3. Brušenje uzoraka

Kao što je već ranije rečeno prema Jirouš- Rajković (1991.), brušenje je najčešće posljednja i najfinija faza mehaničke obrade drva u kojoj se materijal obrađuje nizom oštrica nedefinirane geometrije. Prije nanošenja temeljnog laka, uzorke treba brusiti. Brušenje je prva faza obrade koja je izvođena na uzorcima (slika 9.). Izvodilo se ručno (slika 10.) pomoću brusnih traka različitih granulacija. Uzorci na kojima se vršilo brušenje izrađeni su od bukovine (*Fagus sylvatica* L.) i hrastovine (*Quercus robur* L.). Ukupno 120 uzoraka drva brusilo se s 4 različita načina brušenja:

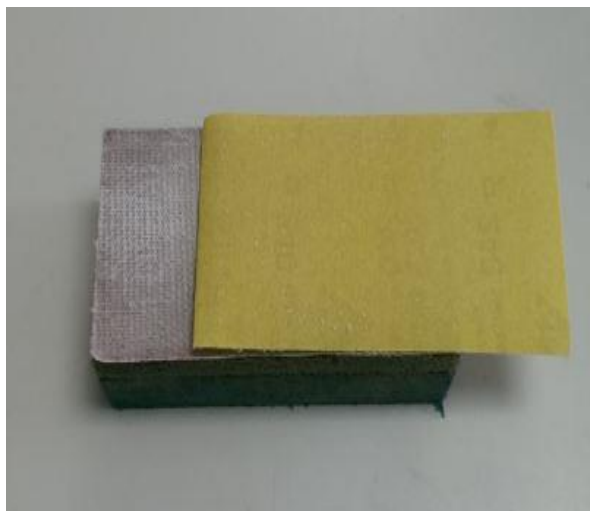
- 1) P 80 – P 120 – P 150 – P 180
- 2) P 80 – P 120 – P 180
- 3) P 80 – P 150 – P 180
- 4) P 80 – P 120 – P 150



Različitim načinima brušenja željelo se ispitati kako kombinacija granulacija brusnog papira utječe na svojstva lakirane površine, tj. na adheziju i sjaj uzoraka. Između nanošenja temeljnog i završnog laka, uzorci su međufazno brušeni ručno granulacijom P 240. Nakon izvršenih ispitivanja adhezivne čvrstoće i sjaja, uzorci su piljeni na pola i na presjecima je izmjerena debljina filma. Prije mjerenja debljine filma, presjeci uzoraka su brušeni s 5 različitih granulacija brusnog papira: P 100 – P 150 – P 220 – P 320 – P 800.



Slika 9. Uzorci drva



Slika 10. Ručno brušenje

#### 4.4. Nanošenje i sušenje laka

Nakon što je završeno brušenje uzoraka, sljedeća faza je nanošenje temeljnog laka. Lakiranje uzoraka je vršeno u dvije faze. Prva faza se sastojala od lakiranja temeljnim dvokomponentnim poliuretanskim lakom (slika 11.). Lak je prije samog nanošenja na uzorke miješan u omjeru 2:1 (osnova laka: otvrdnjivač). Prije miješanja obje komponente su vagane (slika 13.). Taj postupak se ponavljao prije svakog nanošenja laka. Završni lak (slika 12.) je nanesen na uzorke na isti način i u istom omjeru kao i temeljni lak (druga faza). Dvokomponentni poliuretanski lak nanosio se na uzorke pomoću spiralnog aplikatora (slika 14.), a količina nanosa iznosila je  $150 \text{ g/m}^2$ . Prilikom nanošenja i temeljnog i završnog laka bitno je brzo nanositi lak zbog njegovog brzog otvrdnjavanja. Temeljni i završni sloj laka nanošeni su samo jednom. Prema preporuci proizvođača vrijeme otvrdnjavanja laka je od 2 do 4 sata.



Slika 11. Temeljni lak



Slika 12. Završni lak

Za potrebe istraživanja izabrano je 5 različitih vremena sušenja laka:

1. Namjerno kraće od preporuke proizvođača – 1 h
2. Naša procjena kada je lak otvrdnuo – 2 h
3. Prema preporuci proizvođača – 4 h
4. Sušenje – 4 h
5. Sušenje – 7 dana

Navedenih pet različitih vremena sušenja laka trebali bi pokazati postoji li ovisnost vremena sušenja temeljnog laka na adheziju i sjaj drva. Nakon svake faze sušenja slijedilo je međubrušenje (P 240) i nanošenje završnog sloja laka, osim u 4. fazi sušenja kada se nakon sušenja od 4 sata izvršilo međubrušenje, ali se završni sloj laka nanosio nakon 24 sata.

Vrijeme sušenja završnog laka nije bilo isto za sve vrste uzoraka, a razlikovalo se zbog različitog vremena sušenja temeljnog laka. Temeljni i završni lak se sušio u sobnim uvjetima (20°C i 50% relativne vlažnosti zraka).



Slika 13. Digitalna vaga



Slika 14. Spiralni aplikator

Proizvođač dvokomponentnog temeljnog poliuretanskog laka koji je korišten za lakiranje uzoraka je *Heliodur basic lacquer 403922*. To je bezbojni, tekući lak. Preporučena debljina nanosa laka je 100 – 150  $\mu\text{m}$ . Preporučeno vrijeme sušenja je minimalno 2 sata, a vrijeme suhoće laka na dodir je između 5 i 10 min (<http://www.helios.si/slo>).

Proizvođač dvokomponentnog završnog poliuretanskog laka koji je korišten za lakiranje uzoraka je *Heliodur lacquer V*. Također je bezbojni i tekući lak, kao i temeljni, te je preporučena debljina nanosa ista kao i kod temeljnog laka. Lak je suh na dodir između 10 i 15 min, a preporučeno vrijeme sušenja je 4 sata (<http://www.helios.si/slo>).

#### 4.5. Mjerenje hrapavosti

Hrapavost površine uzoraka mjerena je tri puta. Prije nanošenja temeljnog sloja laka, nakon nanošenja temeljnog sloja laka i nakon nanošenja završnog sloja laka.

Proizvođač uređaja za mjerenje hrapavosti je *Taylor Hobson*, a model uređaja je *Surtronic® S – Series* (slika 15.). To je uređaj za neposredno (direktno), kontaktno mjerenje hrapavosti površine. Profil površine dobije se mehaničkim kontaktom između igle i površine. „Igla određenog radijusa zaobljenja i pri određenom pritisku dolazi u stalni ili privremeni



kontakt sa ispitivanom površinom, a vertikalno pomicanje igle predstavlja dubinu, odnosno visinu neravnina na površini.“ (Jirouš- Rajković 1991.).

Kontaktne uređaje za mjerenje hrapavosti površine mogu se podijeliti na: profilografe, profilometre, i profilograf – profilometre (Jirouš- Rajković, 1991.). Uređaj kojim je mjerena hrapavost površine u ovom radu spada u profilometre.

„Profilometri su instrumenti sa direktnim očitavanjem nekih parametara hrapavosti. Vertikalno pomicanje igle pretvara se u električne impulse, koji se preko filtera određenih karakteristika vode u računalno – mjerni instrument. Mjerni instrument kontinuirano integrira pomicanje igle, odnosno električne impulse izazvane tim pomicanjem i pokazuje vrijednost parametara hrapavosti. Uloga filtera povezana je sa referentnom dužinom. Filter propušta električne impulse određenog raspona frekvencija, tj. električne impulse koje su izazvale neravnine određene širine (određenog koraka). Na taj način, očitana vrijednost hrapavosti vezna je za određenu valnu duljinu. Pretvaranje pomicanja igle u električne impulse vrši se induktivno, optoelektrički i piezoelektrički.“ (Jirouš- Rajković, 1991.).



Slika 15. Instrument za mjerenje hrapavosti površine

Instrument kojim je obavljeno mjerenje ima iglu radijusa zaobljenja  $5 \mu\text{m}$  i pritisnu masu od 150 – 300 mg. Parametri koje možemo mjeriti ovim uređajem su  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_t$ ,  $R_p$ ,  $R_{mr}$ ,  $R_{pc}$ ,  $R_{sm}$ ,  $R_{z1max}$ ,  $R_{sk}$ ,  $R_{da}$ . Parametri koji su korišteni u ovom istraživanju su  $R_a$ ,  $R_v$ ,  $R_p$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$ ,  $R_{sm}$ ,  $R_{pc}$ .

Mjerenje hrapavosti vršilo se poprečno na smjer vlaknaca na svih 120 uzoraka 2D metodom mjerenja hrapavosti. 2D mjerenje profila površine je mjerenje okomito na smjer tragova, a termin trag se koristi za opisivanje smjera dominantnog površinskog uzorka (Runje, 2014.). Na svakom uzorku vršeno je 3 mjerenja (prije temeljnog laka, nakon temeljnog laka i nakon završnog laka). Svako od ta 3 mjerenja sastojalo se od 10 mjerenja pomoću šablone. Zbog makroskopskih obilježja uzoraka drva nije bilo moguće izvršiti mjerenja na svih 10

mjernih mjesta šablone. Na uzorcima hrastovine je bilo manje rezultata hrapavosti površine, pogotovo na mjerenju prije nanošenja temeljnog laka, zbog toga što je prstenasto porozna vrsta drva i ima velike otvore pora.

Za lakše razumijevanje objašnjenja parametara hrapavosti bitno je objasniti što je duljina ispitivanja  $l_t$ , duljina vrednovanja  $l_n$  i referentna duljina  $l_r$ .

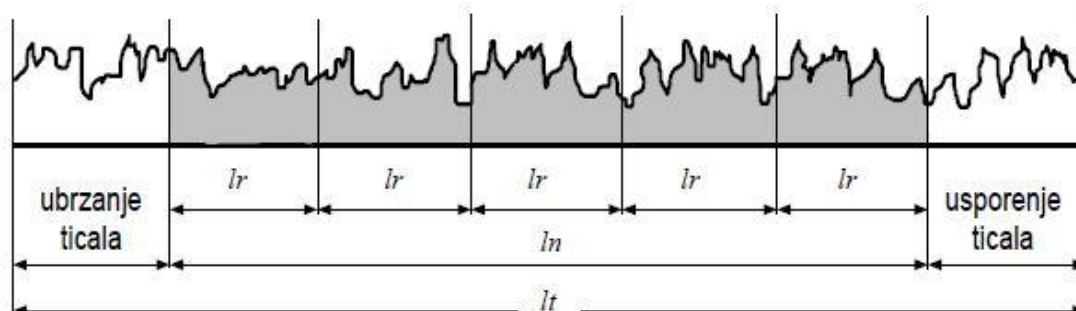
Referentna duljina  $l_r$  je iznosom jednaka graničnoj vrijednosti filtra  $\lambda_c$ , a  $\lambda_c$  se može iščitati iz tablice (tablica 1.) preporučenih graničnih vrijednosti filtra (Runje, 2014.).

Tablica 1. Preporučene granične vrijednosti filtra ( $\lambda_c$ ) (Runje, 2014.)

REFERENTNA DULJINA	DULJINA VREDNOVANJA	PERIODIČKI PROFIL	NEPERIODIČKI PROFIL	
$l_r(\lambda_c)$ u mm	$l_n = 5 \times l_r$ u mm	$RSm$ u $\mu m$	$Rz$ u $\mu m$	$Ra$ u $\mu m$
0,08	0,4	>0,013 do 0,04	do 0,1	do 0,02
0,25	1,25	>0,04 do 0,13	>0,1 do 0,5	>0,02 do 0,1
0,8	4	>0,13 do 0,4	>0,5 do 10	>0,1 do 2
2,5	12,5	>0,4 do 1,3	>10 do 50	>2 do 10
8	40	>1,3 do 4	>50	>10

Duljina ispitivanja  $l_t$  je ukupna duljina mjerenja hrapavosti koja se sastoji od ubrzanja ticala, duljine vrednovanja i usporenja ticala. U našem istraživanju duljina ispitivanja iznosila je 1,5 cm.

Duljina vrednovanja  $l_n$  je zbroj svih referentnih duljina  $l_r$ .



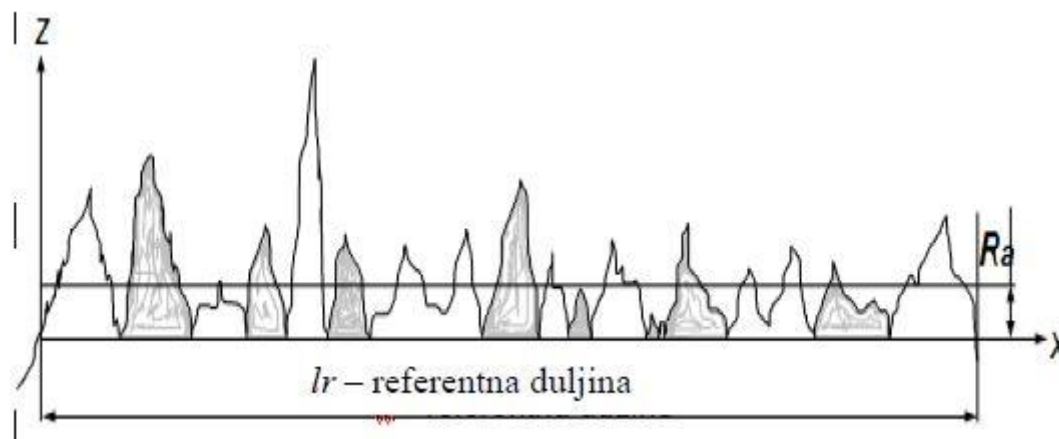
Slika 16. Karakteristične duljine 2D profila hrapavosti (Runje, 2014.)

Prema Runje (2014.) parametri hrapavosti profila površine za 2D mjerni sustav mogu biti:

- 1) Amplitudni parametri – opisuju varijacije po visini profila
- 2) Uzdužni parametri – opisuju varijacije uzduž profila
- 3) Hibridni parametri – opisuju varijacije iz kombinacije uzdužnih i amplitudnih karakteristika profila
- 4) Krivuljni i srodni parametri – opisuju varijacije na krivuljama dobivene iz uzdužnih i amplitudnih karakteristika profila

Amplitudni parametri:

$Ra$  – najčešće korišten parametar hrapavosti.  $Ra$  predstavlja aritmetičku sredinu apsolutnih odstupanja profila hrapavosti od srednje linije.

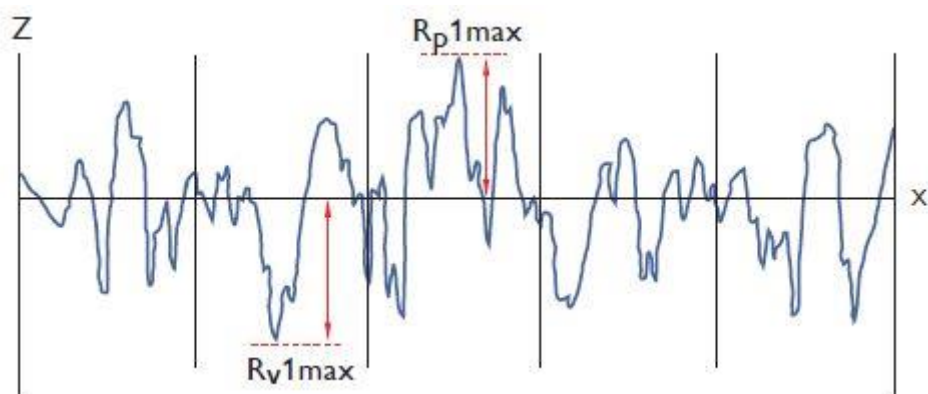


Graf 1. Grafički prikaz parametra hrapavosti  $Ra$  (Runje, 2014.)

$$Ra = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z(x)| dx$$

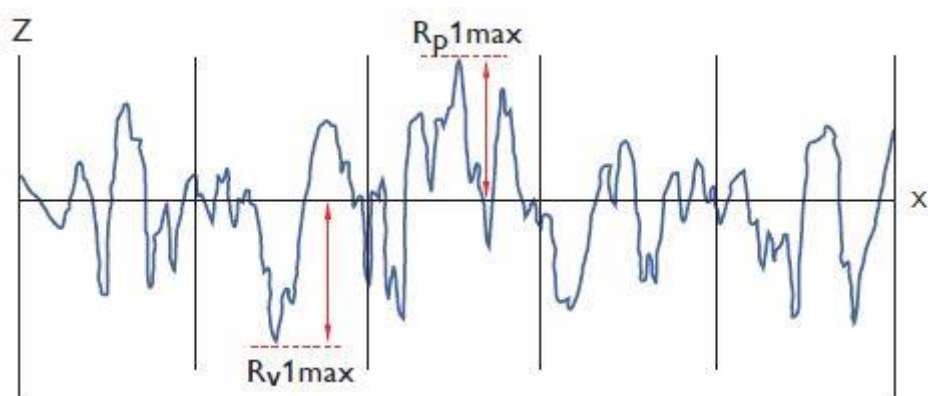
Slika 17. Formula za izračunavanje parametra hrapavosti  $Ra$  (Runje, 2014.)

$R_v$  – najveća dubina dola profila na referentnoj duljini



Graf 2. Grafički prikaz parametra hrapavosti  $R_v$

$R_p$  – najveća visina vrha profila na referentnoj duljini



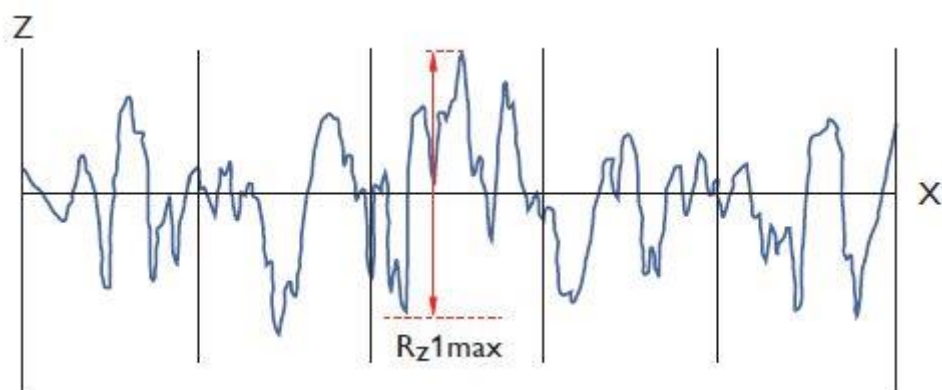
Graf 3. Grafički prikaz parametra hrapavosti  $R_p$

$R_z - R_z = R_p + R_v$  je najveća visina profila unutar referentne dužine



Graf 4. Grafički prikaz parametra hrapavosti  $R_z$  (Runje, 2014.)

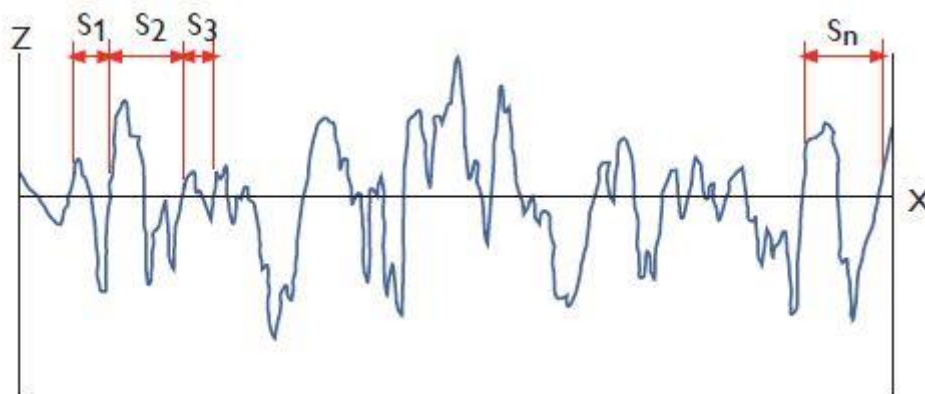
$Rz1max$  – najveća pojedinačna visina profila unutar dužine ocjenjivanja



Graf 5. Grafički prikaz parametra hrapavosti  $Rz1max$

Uzdužni parametri:

$Rsm$  – srednji korak elemenata profila gdje je  $m$  broj elemenata profila

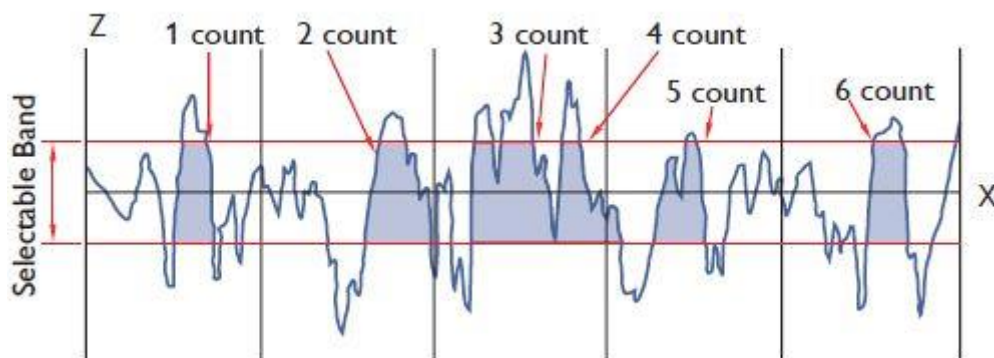


Graf 6. Grafički prikaz parametra hrapavosti  $Rsm$

$$RSm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m XSi$$

Slika 18. Formula za izračunavanje parametra hrapavosti  $RSm$  (Runje, 2014.)

$R_{pc}$  – broj lokalnih vrhova profila unutar dužine ocjenjivanja



Graf 7. Grafički prikaz parametra hrapavosti  $R_{pc}$

#### 4.6. Mjerenje sjaja

Sjaj površine uzoraka mjereno je tri puta. Prije nanošenja temeljnog sloja laka, nakon nanošenja temeljnog sloja laka i nakon nanošenja završnog sloja laka.

„Sjaj je kao i boja aspekt vizualne percepcije proizvoda i utječe na potrošača prilikom odabira proizvoda. Proizvođači dizajniraju svoje proizvode tako da imaju maksimalnu privlačnost poput visoko reflektirajućih automobila, sjajnih magazina ili satensko crnog dizajnerskog namještaja. Sjaj površine može biti ovisan o brojnim faktorima, na primjer o postignutoj glatkoći tijekom poliranja, količini i vrsti nanesenog premaza ili o kvaliteti podloge. Ukoliko proizvodi imaju sjaj drugačiji od očekivanog kupci to vide kao manu, ili lošu kvalitetu. Stoga je važno da su razine sjaja iste na svakom proizvodu ili na različitim serijama proizvoda. Sjaj također može biti mjerilo kvalitete površine, primjerice pad sjaja lakirane površine može ukazivati na probleme sa otvrdnjivanjem što dovodi do drugih grešaka kao što je slaba adhezija. Korištenje instrumenata za mjerenje sjaja i postojanje dobre kontrole kvalitete eliminira ove probleme.“ (Jirouš- Rajković, 2015.).

Uređaj za mjerenje sjaja površina je reflektometar (slika 16.). On radi tako da se zraka svjetlosti usmjerava prema ispitivanoj površini, a reflektira prema prijammiku (detektor) te se mjeri intenzitet reflektirane svjetlosti. Jedinica za mjerenje sjaja je JS. Sjaj se može mjeriti po kutom od 20°, 60° i 85°. Površine se najčešće mjere pod kutom upadanja svjetlosti od 60°. U

tablici 2. je prikazan izbor kuta mjerenja prema vrijednostima sjaja površine mjerene pri 60°. (Jirouš- Rajković, 2015.).

Tablica 2. Izbor kuta mjerenja sjaja prema vrijednostima sjaja površine izmjerene pri 60° (Jirouš- Rajković, 2015.)

Sjaj izmjeren kutom 60°	Mjeriti s
Ako je sjaj između 10-70 JS	60°
Ako je visoki sjaj > 70 JS	20°
Ako je malen sjaj < 10 JS	85°

U ovom istraživanju mjerenje sjaja reflektometrom vršeno je pod kutom od 60°.



Slika 19. Reflektometar

#### 4.7. Mjerenje adhezije

Mjerenje adhezije laka na drvu provedeno je metodom otkidanja valjčića (pull – off test) prema normi ASTM D4541. Valjčići su na površinu uzorka lijepljeni dvokomponentnim epoksidnim ljepilom UHU plus 300 (slika 17.) koje je nanošeno na površinu valjčića (slika 18.) i na površinu uzoraka. Nakon nekoliko sekundi od nanošenja ljepila, valjčić je pritisnut



na površinu uzorka u trajanju od 30 sekundi. Za vrijeme pritiskanja valjčića na njega je stavljen plastični prsten kojim se od površine valjčića, koja je pritisnuta na uzorak, odstranio višak ljepila. Nakon otvrdnjavanja ljepila, koje je trajalo 48 sati, prsteni su pažljivo uklonjeni s uzoraka. Sljedeći korak bio je ispitivanje adhezijske čvrstoće.



Slika 20. Dvokomponentno epoksidno ljepilo *UHU plus 300*



Slika 21. Prikaz zalijepljenih valjčića prilikom određivanja adhezije

Za mjerenje adhezije korišten je *Pneumatic Adhesion Tensile Testing Instrument* – *PATTI* tvrtke *Semicro Brookville, MD, USA* (slika 19.).



Slika 22. Instrument za određivanje adhezije metodom otkidanja valjčića



„PATTI sustav omogućuje vlačno naprezanje potpuno okomito na podlogu. Pneumatski kontrolni sklop povezan je s dovodom komprimiranog zraka i sa stapom. Stap se pričvrsti za valjčić koji se prethodni zalijepi na površinu uzorka. Nakon otkidanja valjčića kontrolni modul registrira i pokazuje tlak prilikom otkidanja. Taj se tlak otkidanja pomoću tablice za primijenjeni stap pretvara u vlačnu čvrstoću prevlake na drvu (adhezivnu čvrstoću)“ (Miklečić, 2013.).

Nakon otkidanja valjčića zabilježena je vlačna čvrstoća (kPa) i opisan izgled loma. Prilikom ispitivanja adhezije na uzorcima izvršeno je 2 ili 4 mjerenja ovisno o veličini uzorka. Izračunata je srednja vrijednost vlačne čvrstoće i postotni udio adhezijskog loma na drvu te postotni udio kohezijskog loma u drvu.

#### 4.8. Mjerenje debljine filma

Posljednja, ali i ne manje važna, faza ispitivanja je mjerenje debljine filma laka na uzorcima. Debljina filma mjerena je pomoću kompjutera i digitalne kamere povećanja 500 puta (slika 20.). Uzorci su prepiljeni i na presjecima (poprečnim) je izmjerena debljina filma. Presjeci su brušeni, kao što smo već ranije naveli, te premazani metilenskim plavilom da bi se lakše vidjela razlika između drva i filma laka. Na svakom uzorku vršena su 3 mjerenja i izračunata srednja vrijednost debljine filma.

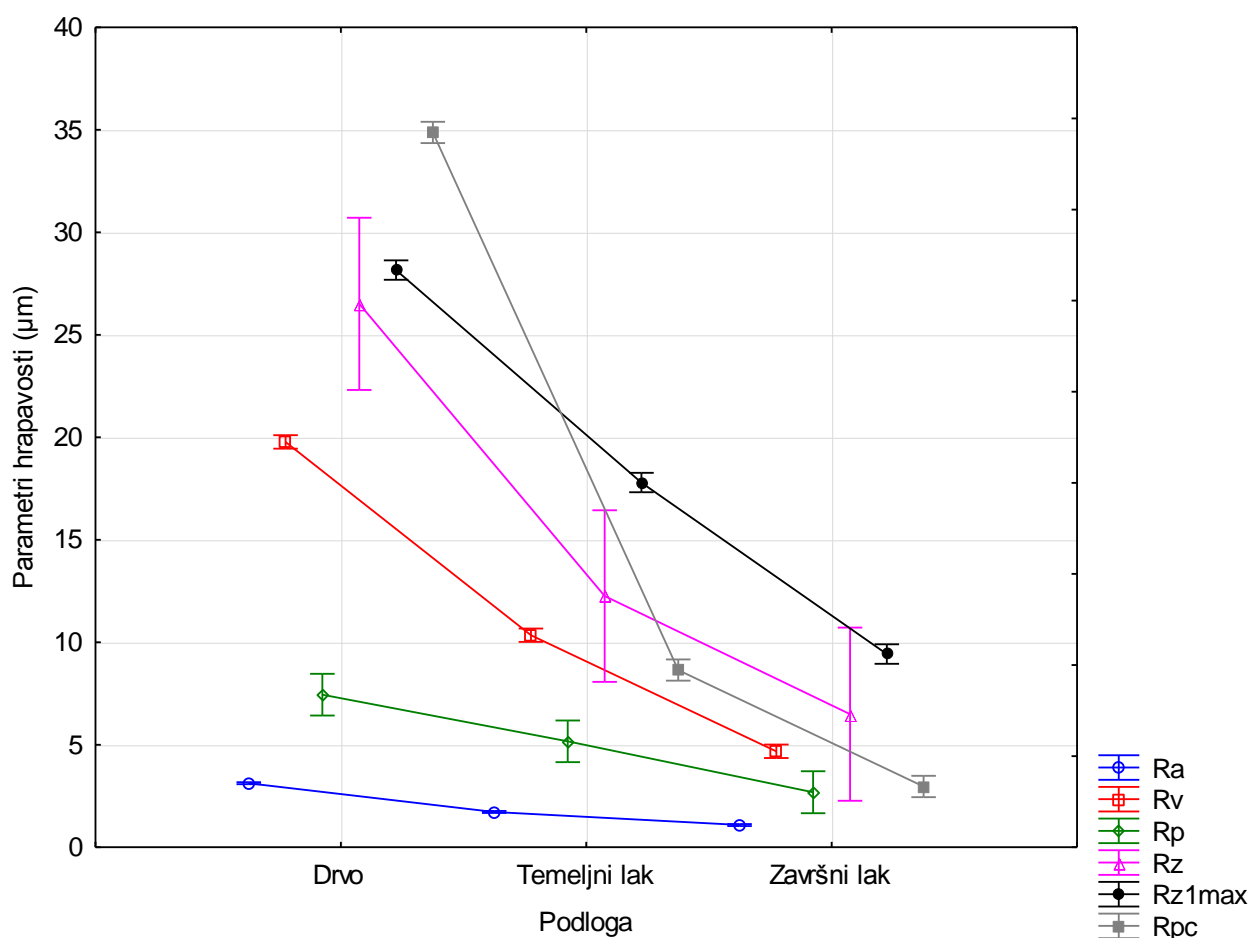


Slika 23. Određivanje debljine filma laka digitalnom kamerom

## 5. REZULTATI I DISKUSIJA

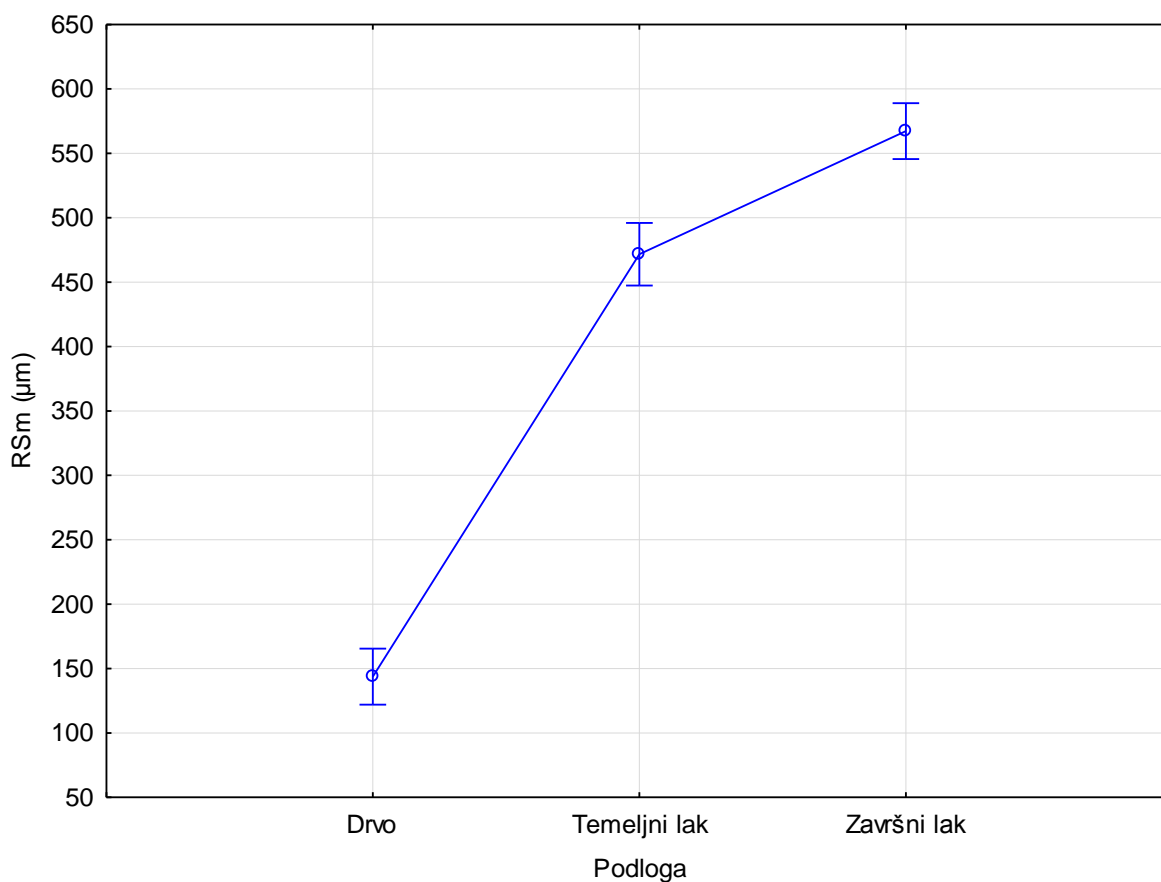
### 5.1. Rezultati mjerenja za uzorke bukovine

#### 5.1.1. Utjecaj podloge na parametre hrapavosti



Graf 8. Utjecaj podloge na parametre hrapavosti

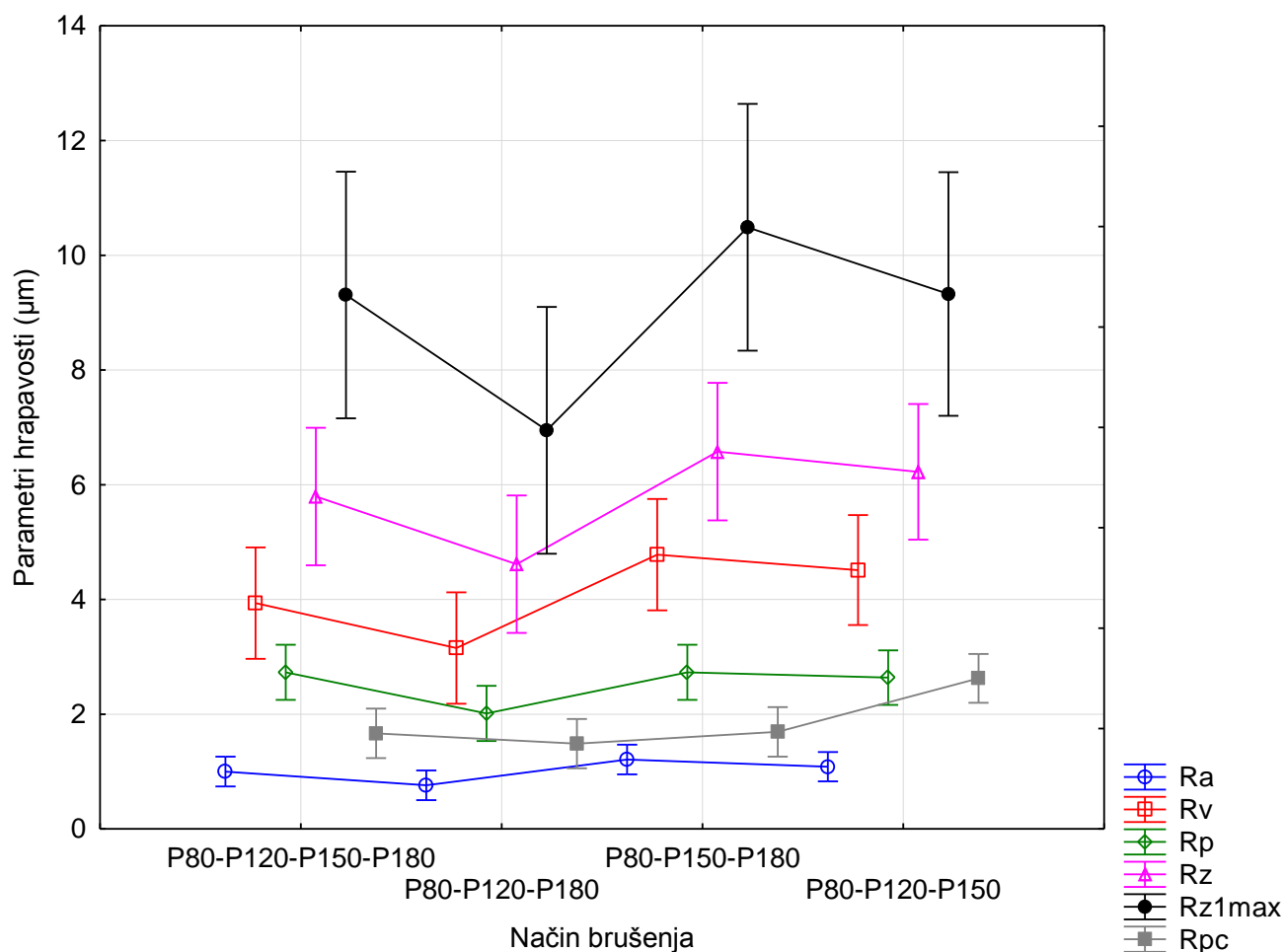
Iz grafa je vidljivo da su najveće vrijednosti parametara hrapavosti na drvu kao podlozi, manje vrijednosti parametara hrapavosti su na temeljnom laku kao podlozi, a najmanje vrijednosti su na završnom laku kao podlozi. Krivulje imaju tendenciju pada. Iz navedenog se zaključuje da drvo kao podloga ima najveću hrapavost, temeljni lak manju, a završni lak najmanju hrapavost.



Graf 9. Utjecaj podloge na RSm parametar hrapavosti

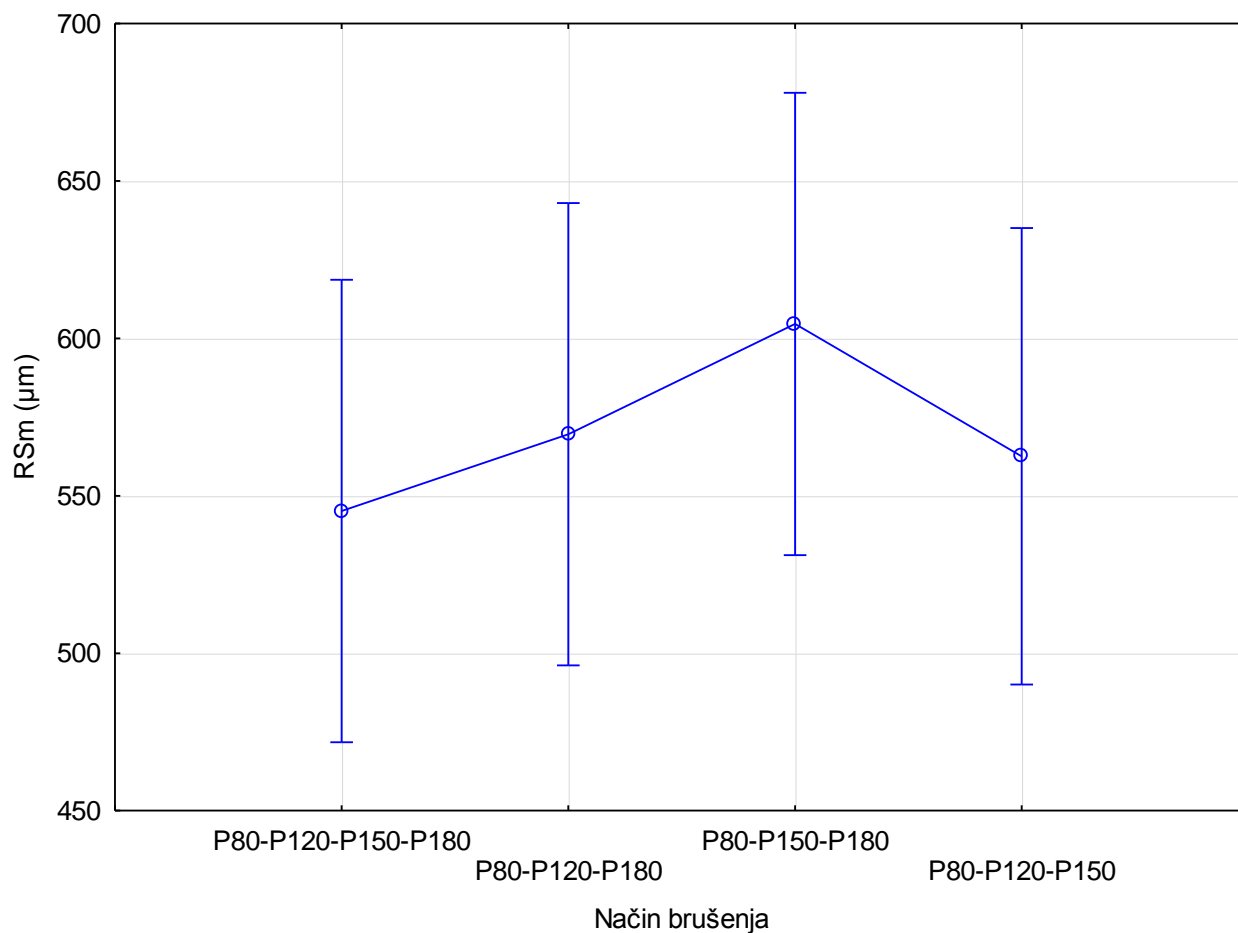
Iz grafa je vidljivo da je najveća vrijednost parametra hrapavosti RSm na završnom laku kao podlozi. Vrijednost parametra RSm na temeljnom laku kao podlozi je nešto manja od vrijednost parametra RSm na završnom laku kao podlozi. Najmanja vrijednost parametra hrapavosti RSm je na drvu kao podlozi. Krivulja ima tendenciju rasta i postoji velika razlika između drva i laka kao podloge.

### 5.1.2. Utjecaj načina brušenja na parametre hrapavosti



Graf 10. Utjecaj načina brušenja na parametre hrapavosti završnog laka

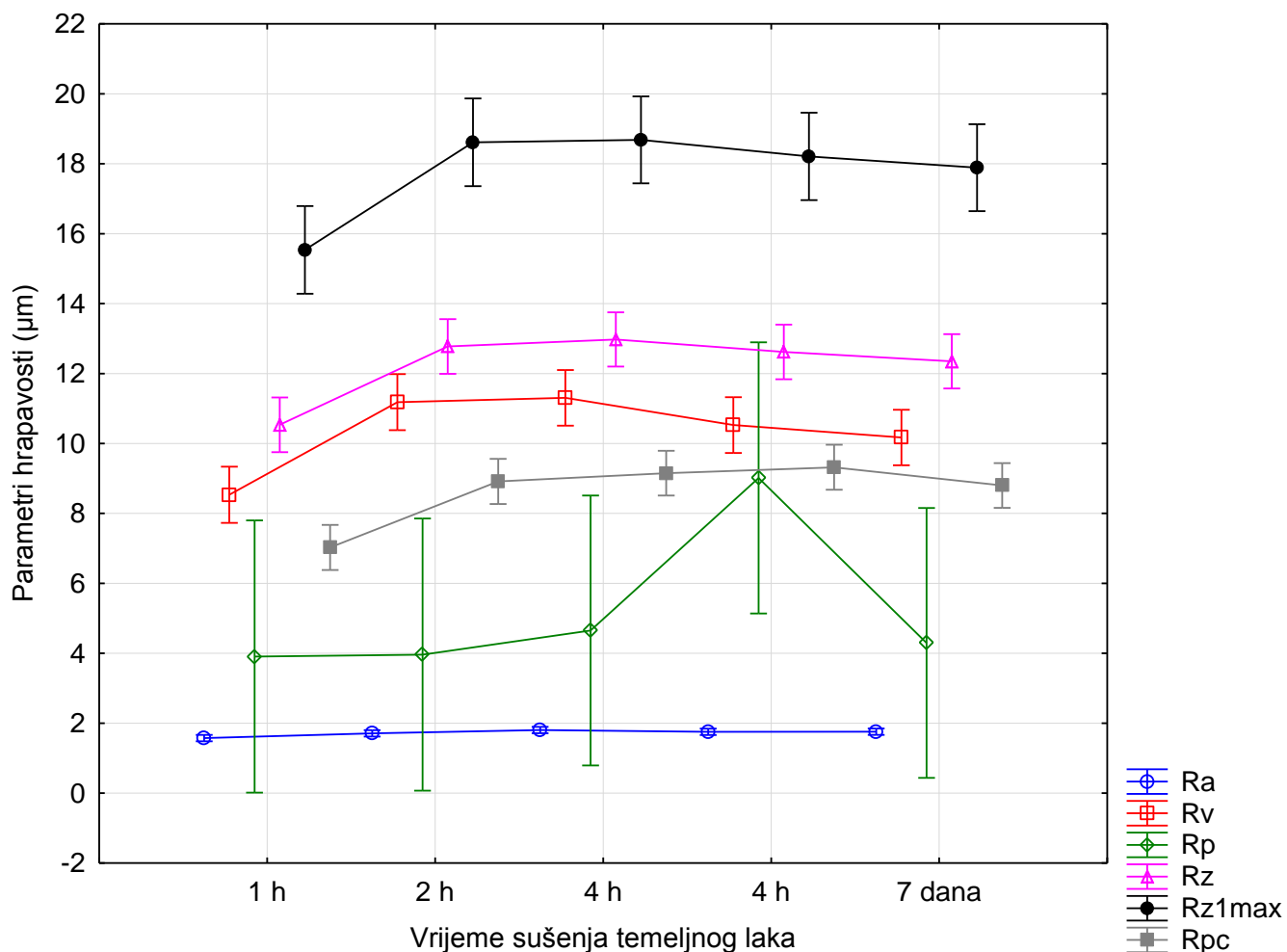
Iz ovog grafa je vidljivo da način brušenja utječe na promjenu vrijednosti parametara hrapavosti. Najmanje vrijednosti parametara hrapavosti daje drugi način brušenja (P 80 – P 120 – P 180), a najveće vrijednosti treći način brušenja (P 80 – P 150 – P 180). Iz navedenog možemo zaključiti da se između četiri ispitane kombinacije granulacija kao najbolja za brušenje bukovine pokazala kombinacija granulacija P 80 – P 120 – P 180.



Graf 11. Utjecaj načina brušenja na RSm parametar hrapavosti završnog laka

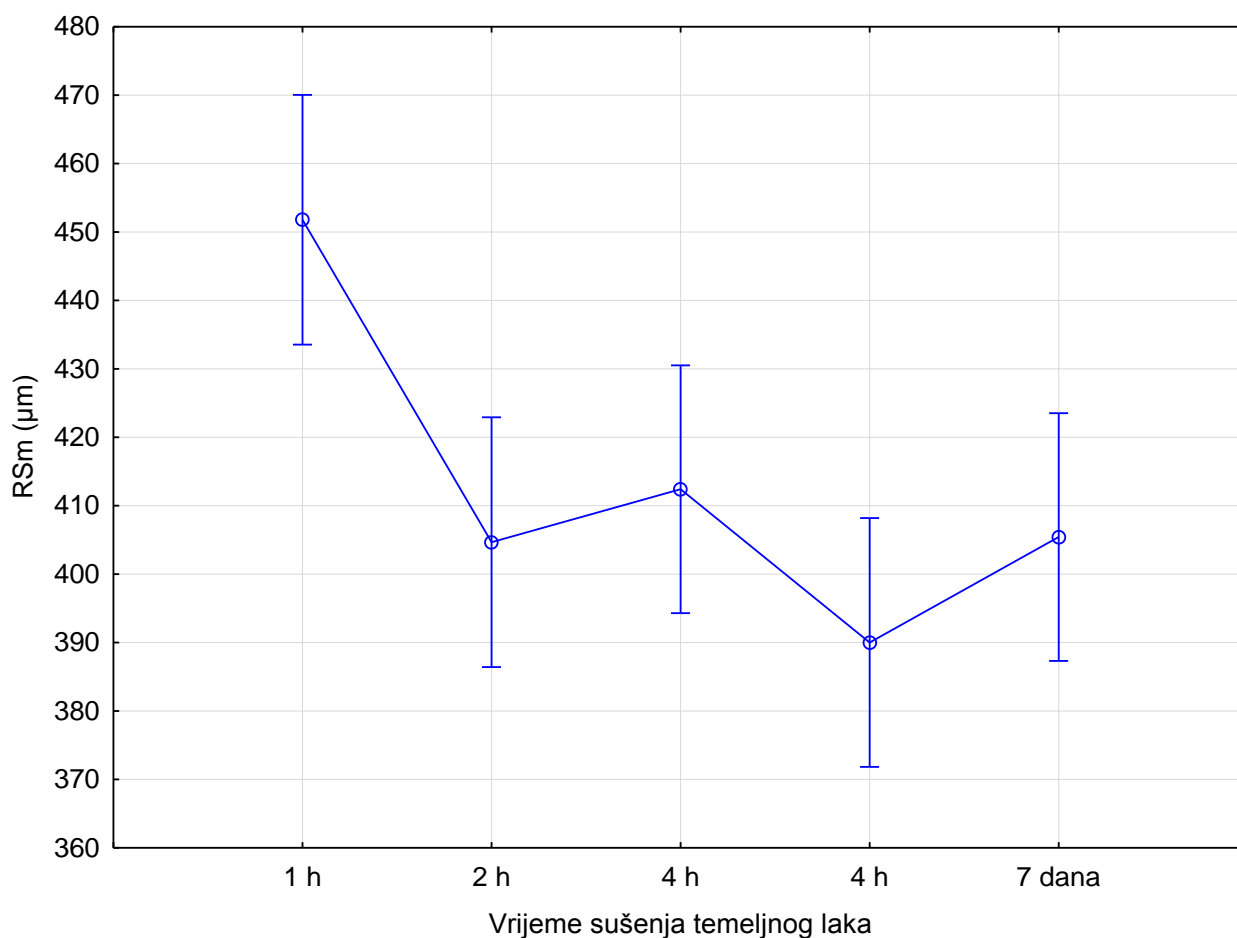
Iz navedenog grafa možemo zaključiti da način brušenja nema velik utjecaj na promjenu parametra hrapavosti RSm, tj. da nisu velike promjene vrijednosti parametra brušenja RSm. Treći način brušenja (P80 – P150 – P180) daje najveće vrijednosti parametra hrapavosti RSm kao i na prethodnom grafu.

### 5.1.3. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka na parametre hrapavosti



Graf 12. Utjecaj sušenja temeljnog laka na parametre hrapavosti završnog laka

Iz navedenog grafa možemo vidjeti da vrijeme sušenja temeljnog laka nema velik utjecaj na promijene vrijednosti parametara hrapavosti, tj da su dobivene vrijednosti hrapavosti slične za sva vremena sušenja temeljnog laka. Najmanju vrijednost parametra hrapavosti je dalo prvo sušenje (1 h).



Graf 13. Utjecaj sušenja temeljnog laka na RSm parametar hrapavosti završnog laka

Iz navedenog grafa je vidljivo da vrijeme sušenja temeljnog laka ima utjecaj na promjenu vrijednosti parametra hrapavosti RSm. Krivulja ima tendenciju pada što znači da je najveća vrijednost parametra hrapavosti RSm kod prvog sušenja (1 h), a najmanja kod četvrtog (4 h) i petog (7 dana) sušenja temeljnog laka. Iz toga možemo zaključiti da porastom vremena sušenja temeljnog laka, vrijednost parametra hrapavosti RSm pada.

### 5.1.4. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka i načina brušenja na debljinu filma

Tablica 3. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka i načina brušenja na debljinu filma

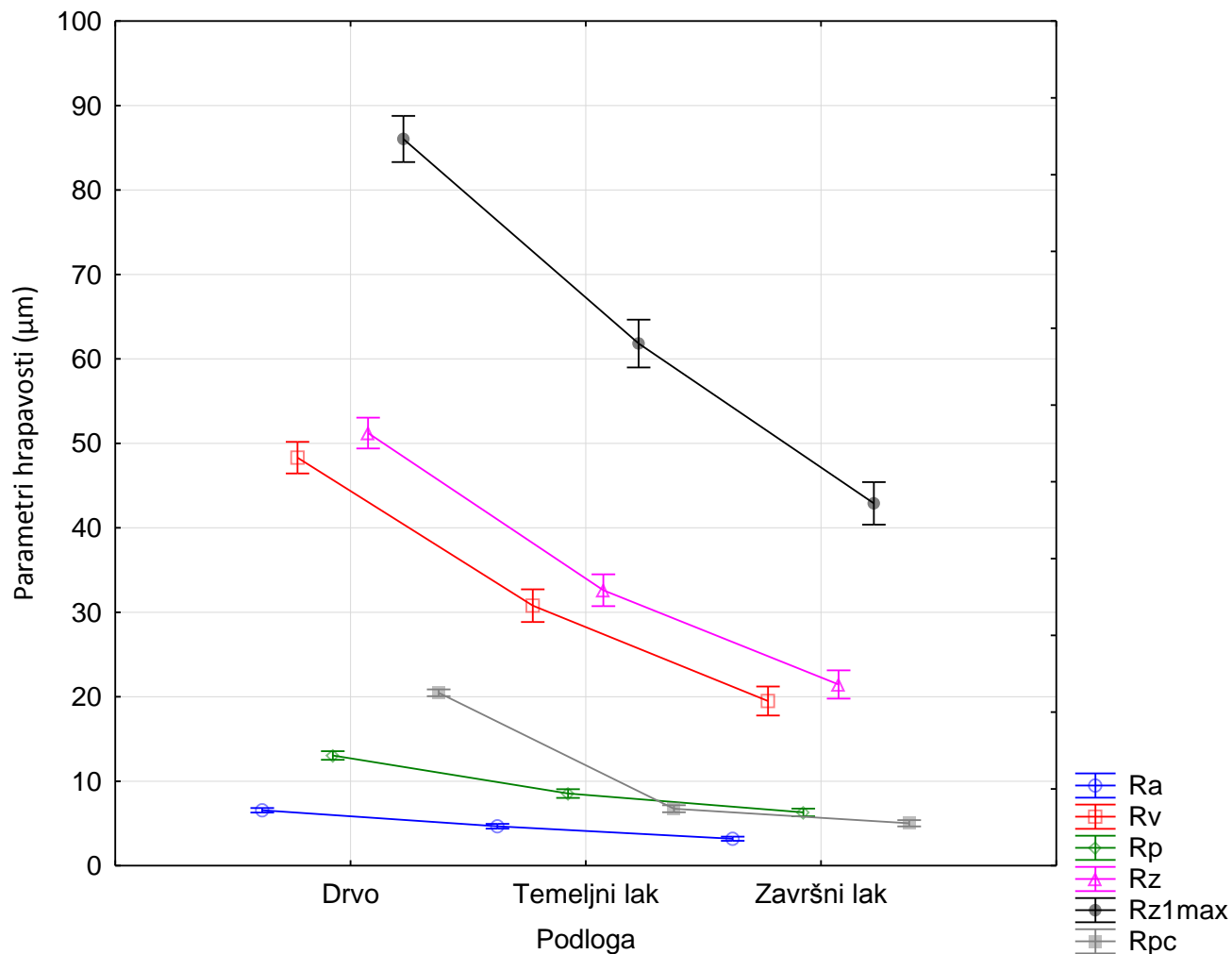
VRIJEME SUŠENJA TEMELJNOG LAKA NAČIN BRUŠENJA	1 h	2 h	4 h	4 h	7 dana	SR. VRIJEDNOST	STAN. DEVIJACIJA
	P80-P120-P150-P180	43,33	46,00	52,67	54,33		
P80-P120-P180	59,00	63,67	56,33	50,00	50,33	55,87	5,829
P80-P150-P180	56,00	49,67	42,00	46,67	48,67	48,60	5,079
P80-P120-P150	36,67	45,33	49,00	45,33	55,33	46,33	6,774
SR. VRIJEDNOST	48,75	51,17	50,00	49,08	50,08		
STAN. DEVIJACIJA	9,938	7,871	5,869	2,149	2,913		

Iz tablice je vidljivo da vrijeme sušenja temeljnog laka i način brušenja imaju utjecaj na debljinu filma. Ovisno o načinu brušenja, najdeblji film je dobiven kod drugog (P80 – P120 – P180) načina brušenja površine. Ovisno o vremenu sušenja temeljnog laka, najdeblji film je dobiven kod drugog (2 h) vremena sušenja temeljnog laka.



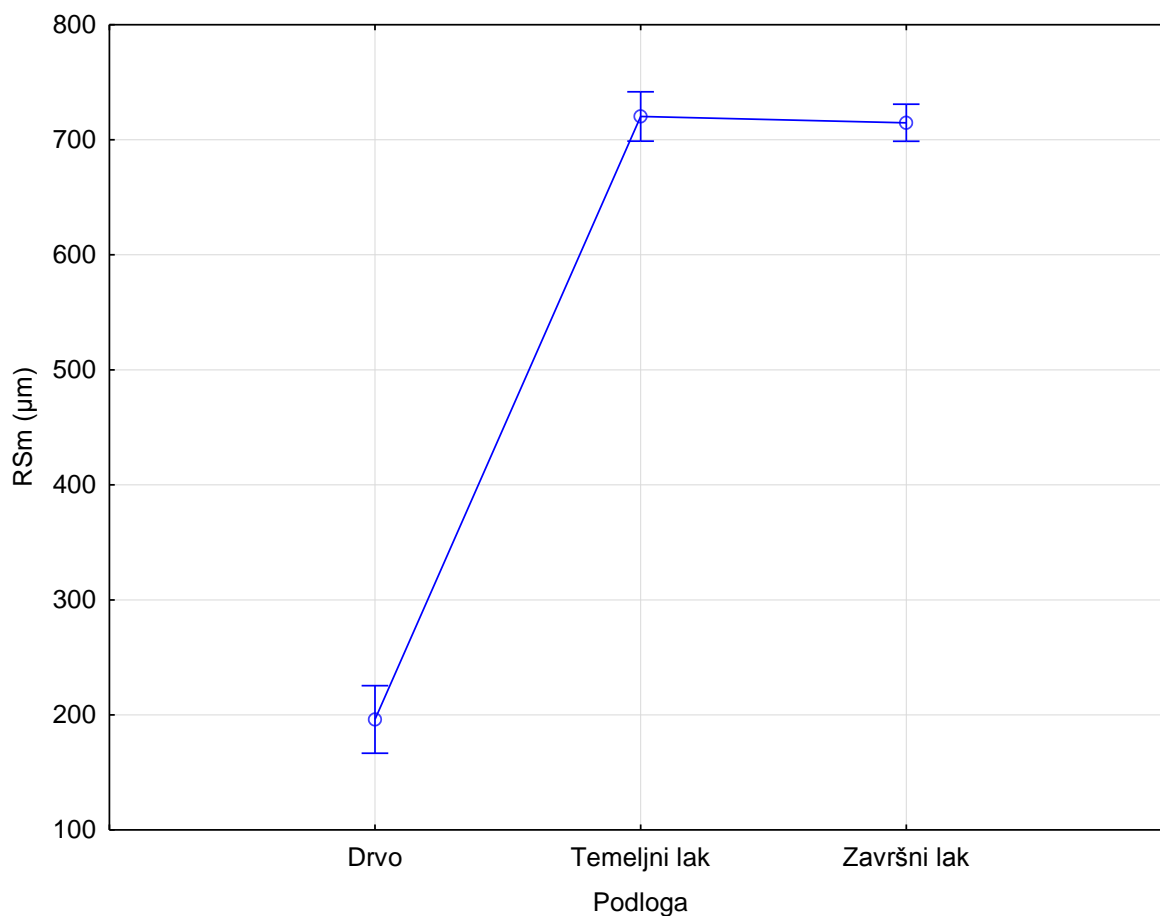
## 5.2. Rezultati mjerenja za uzorke hrastovine

### 5.2.1. Utjecaj podloge na parametre hrapavosti



Graf 14. Utjecaj podloge na parametre hrapavosti

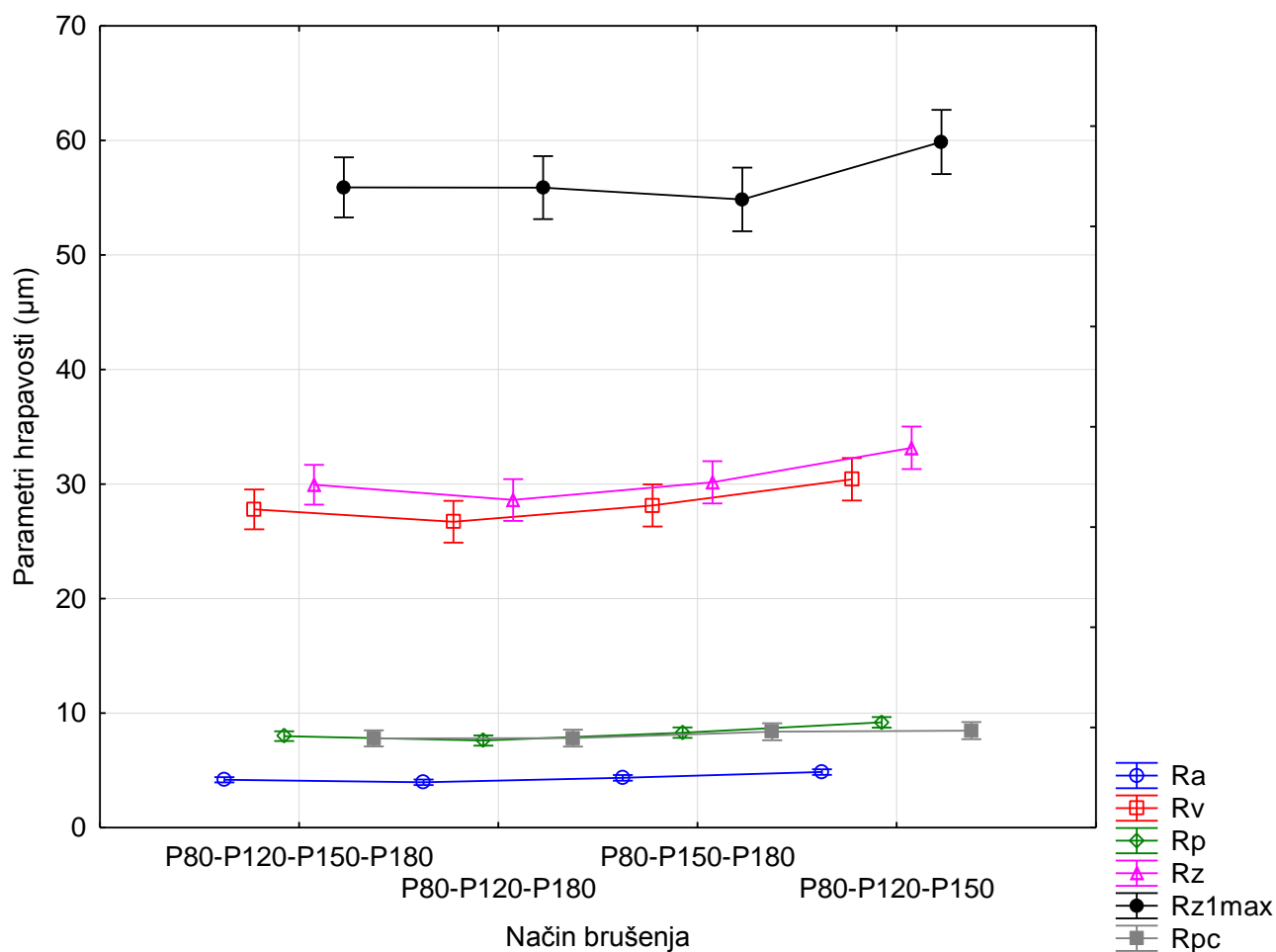
Iz grafa je vidljivo da su najveće vrijednosti parametara hrapavosti na drvu kao podlozi. Manje vrijednosti parametara hrapavosti su na temeljnom laku kao podlozi, a najmanje vrijednosti su na završnom laku kao podlozi. Krivulje imaju tendenciju pada. Iz navedenog možemo zaključiti da drvo kao podloga ima najveću hrapavost, temeljni lak manju, a završni lak najmanju hrapavost.



Graf 15. Utjecaj podloge na RSm parametar hrapavosti

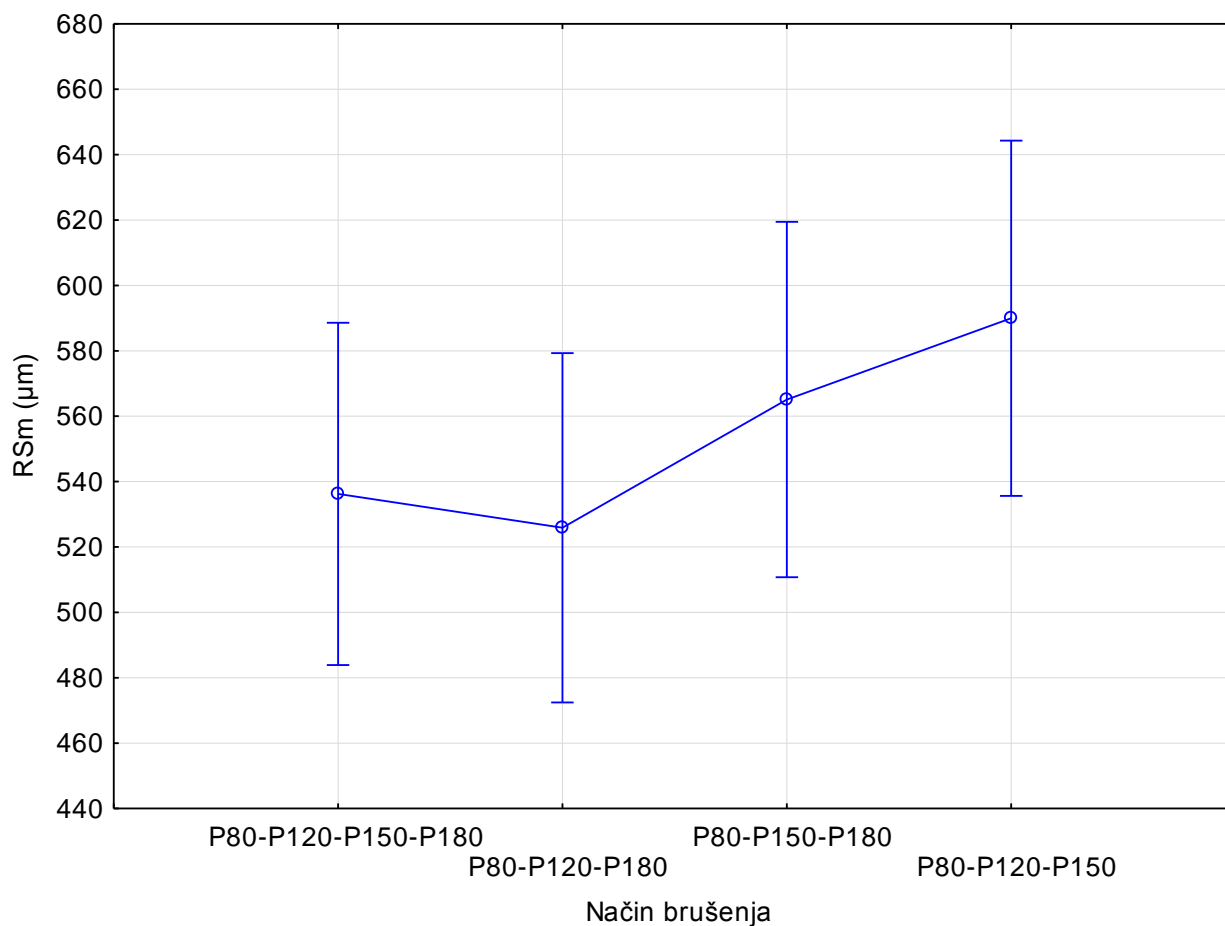
Iz grafa je vidljivo da je najveća vrijednost parametra hrapavosti RSm na temeljnom laku kao podlozi. Vrijednost parametra RSm, na završnom laku kao podlozi, je skoro podjednaka kao i vrijednost parametra RSm na temeljnom laku kao podlozi. Iz toga možemo zaključiti da nema značajne razlike u parametru hrapavosti RSm između temeljnog i završnog laka kao podloge. Najmanja vrijednost parametra hrapavosti RSm je na drvu kao podlozi.

### 5.2.2. Utjecaj načina brušenja na parametre hrapavosti



Graf 16. Utjecaj načina brušenja na parametre hrapavosti završnog laka

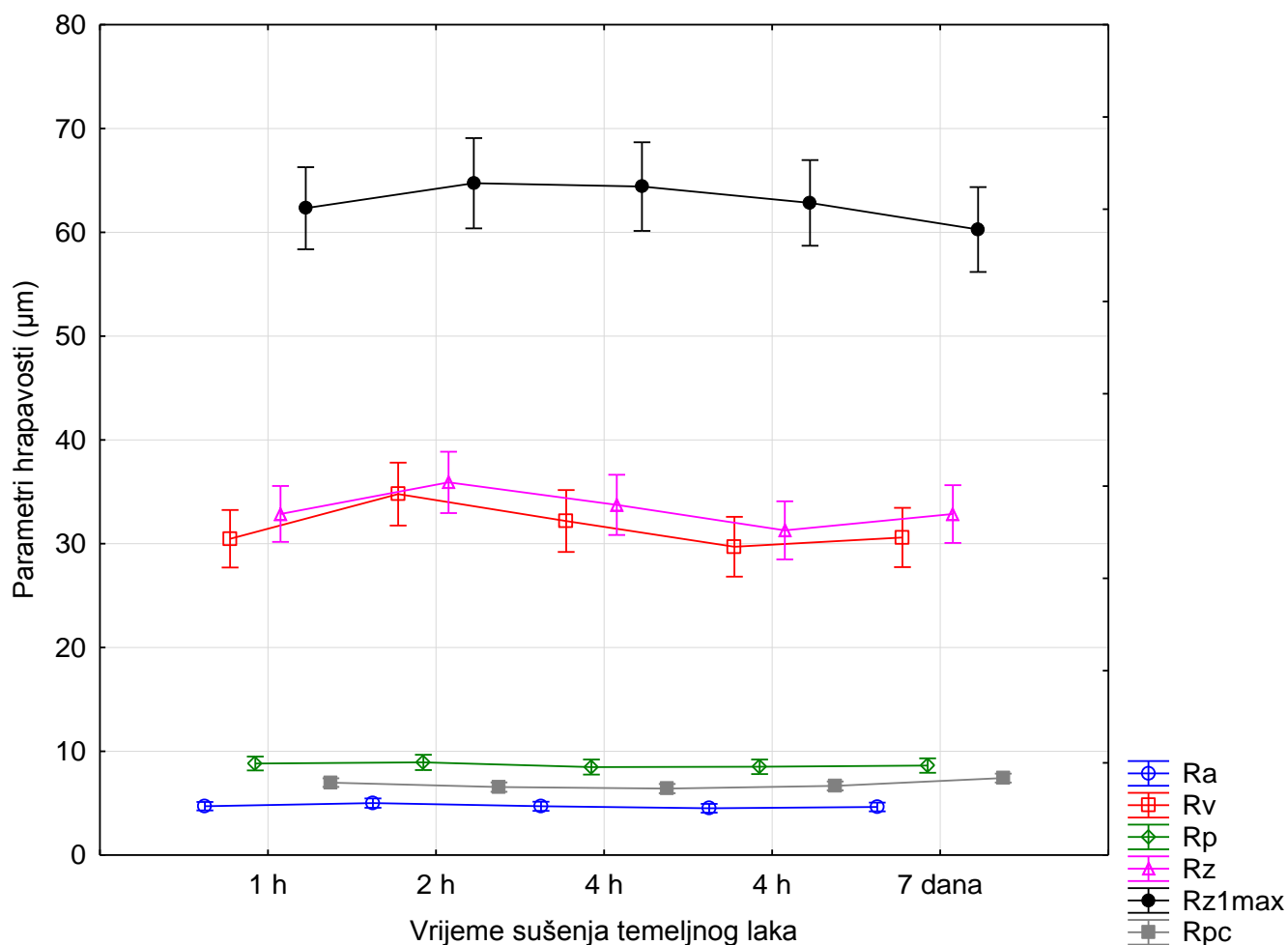
Iz ovog grafa je vidljivo da način brušenja nema velik utjecaj na promjenu vrijednosti parametara hrapavosti na uzorcima hrastovine. Najmanje vrijednosti parametara hrapavosti daju prvi (P80 – P120 – P150 – P180) i drugi (P80 – P120 – P180) način brušenja, a najveću četvrti način brušenja (P80 – P120 – P150). Iz navedenog možemo zaključiti da zbog male, gotovo nikakve, razlike između parametara hrapavosti prvog i drugog načina brušenja, bolje je koristiti drugi način brušenja jer je vremenski kraći postupak brušenja, pošto se koriste tri, a ne četiri granulacije brušenja. Četvrti način brušenja daje najveće vrijednosti parametara hrapavosti jer ima manju granulaciju završnog brušenja od prethodna tri načina brušenja.



Graf 17. Utjecaj načina brušenja na RSm parametar hrapavosti završnog laka

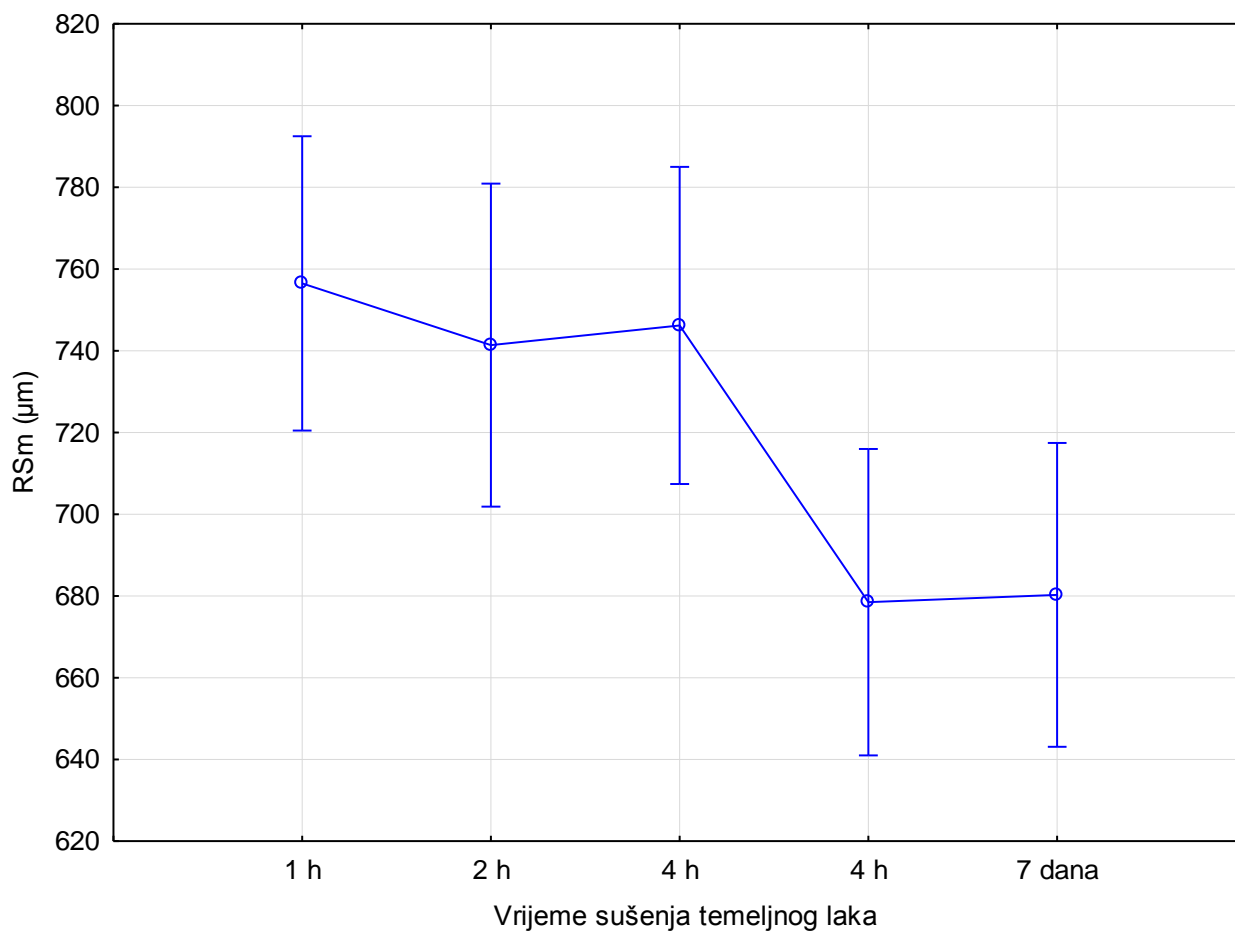
Iz ovog grafa je vidljivo da najmanju vrijednost parametra hrapavosti RSm daje drugi način brušenja (P80 – P120 – P180), a najveću četvrti način brušenja (P80 – P120 – P180). Kao i kod prethodnog grafa, vrlo je mala razlika između vrijednosti parametra hrapavosti prvog i drugog načina brušenja, ali i na ovome grafu rezultati pokazuju kako je bolje koristiti drugi način brušenja jer daje manje vrijednosti parametra hrapavosti RSm. Četvrti način brušenja, kao i u prethodnom grafu, daje najveće vrijednosti parametra RSm jer ima manju granulaciju završnog brušenja od prethodna tri načina brušenja.

### 5.2.3. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka na parametre hrapavosti



Graf 18. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka na parametre hrapavosti završnog laka

Iz navedenog grafa je vidljivo da vrijeme sušenje temeljnog laka nema velik utjecaj na promjenu vrijednosti parametara hrapavosti. Gotovo svi parametri hrapavosti su ujednačeni i nema velike razlike u promjeni vrijednosti parametara hrapavosti obzirom na promjene vremena sušenja temeljnog laka. Također, može se zaključiti da s porastom trajanja vremena sušenja temeljnog laka blago padaju vrijednosti parametara hrapavosti.



Graf 19. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka na RSm parametar hrapavosti završnog laka

Iz navedenog grafa je vidljivo da promjena vremena sušenja utječe na promjenu vrijednosti parametra hrapavosti RSm. Krivulja ima tendenciju pada pa iz toga možemo zaključiti da porastom vremena sušenja temeljnog laka pada vrijednost parametra hrapavosti RSm.

#### 5.2.4. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka i načina brušenja na debljinu filma

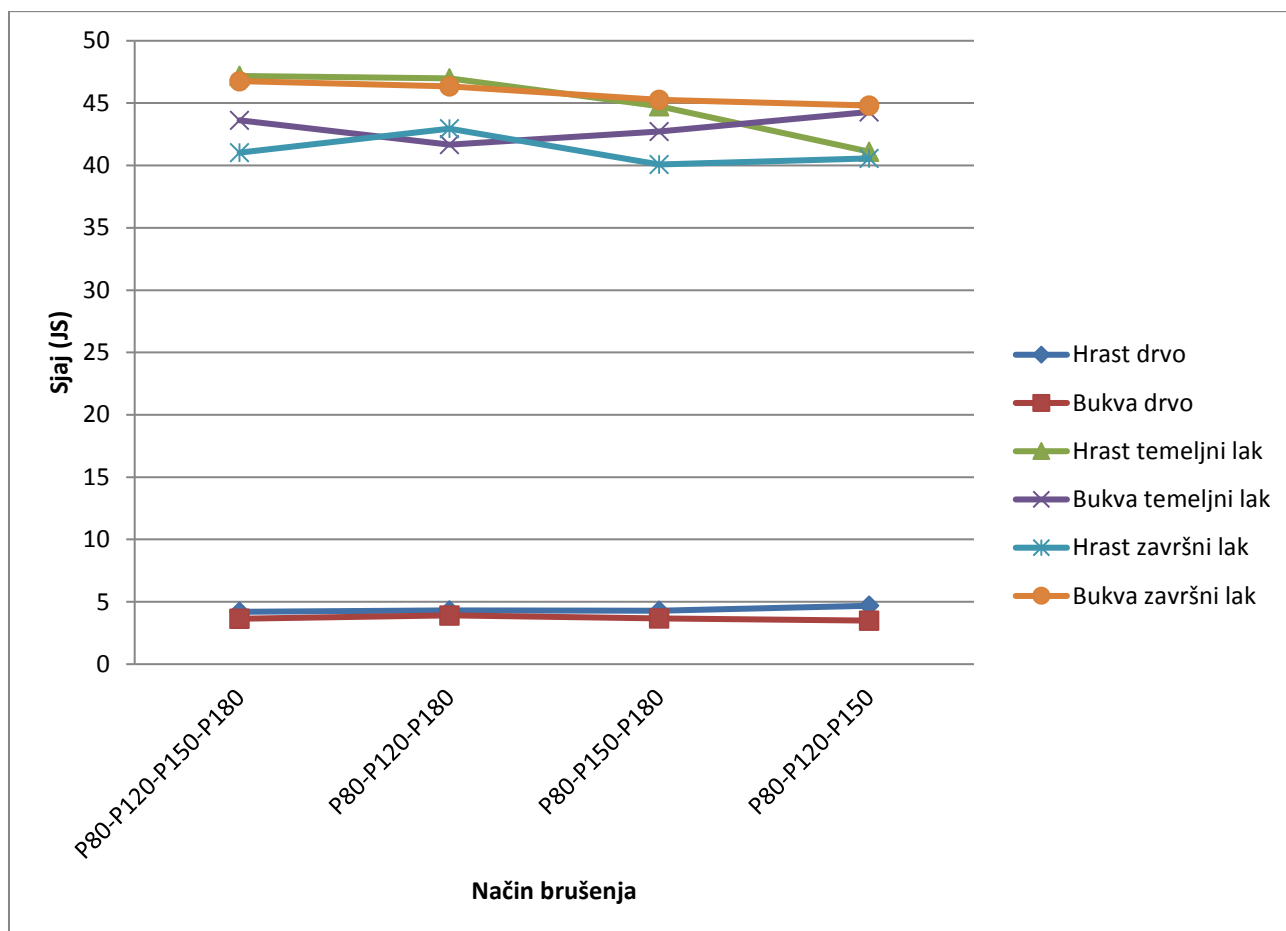
Tablica 4. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka i načina brušenja na debljinu filma

VRIJEME SUŠENJA TEMELJNOG LAKA NAČIN BRUŠENJA	1 h	2 h	4 h	4 h	7 dana	SR. VRIJEDNOST	STAN. DEVIJACIJA
	P80-P120-P150-P180	53,00	52,33	59,66	42,33		
P80-P120-P180	48,67	48,67	44,00	56,00	49,00	49,27	4,298
P80-P150-P180	55,00	48,67	58,00	67,00	49,33	55,60	7,474
P80-P120-P150	48,67	58,33	49,67	49,33	46,33	50,47	4,586
SR. VRIJEDNOST	51,33	52,00	52,833	53,67	47,75		
STAN. DEVIJACIJA	2,999	4,557	5,862	7,525	1,363		

Iz navedene tablice je vidljivo da vrijeme sušenja temeljnog laka i način brušenja imaju utjecaj na debljinu filma. Ovisno o načinu brušenja, najdeblji film je dobiven kod trećeg (P80 – P150 – P180) načina brušenja površine. Ovisno o vremenu sušenja temeljnog laka, najdeblji film je dobiven kod drugog (4 h) vremena sušenja temeljnog laka.

### 5.3. Rezultati mjerenja za uzorke bukovine i hrastovine

#### 5.3.1. Utjecaj načina brušenja na sjaj površine

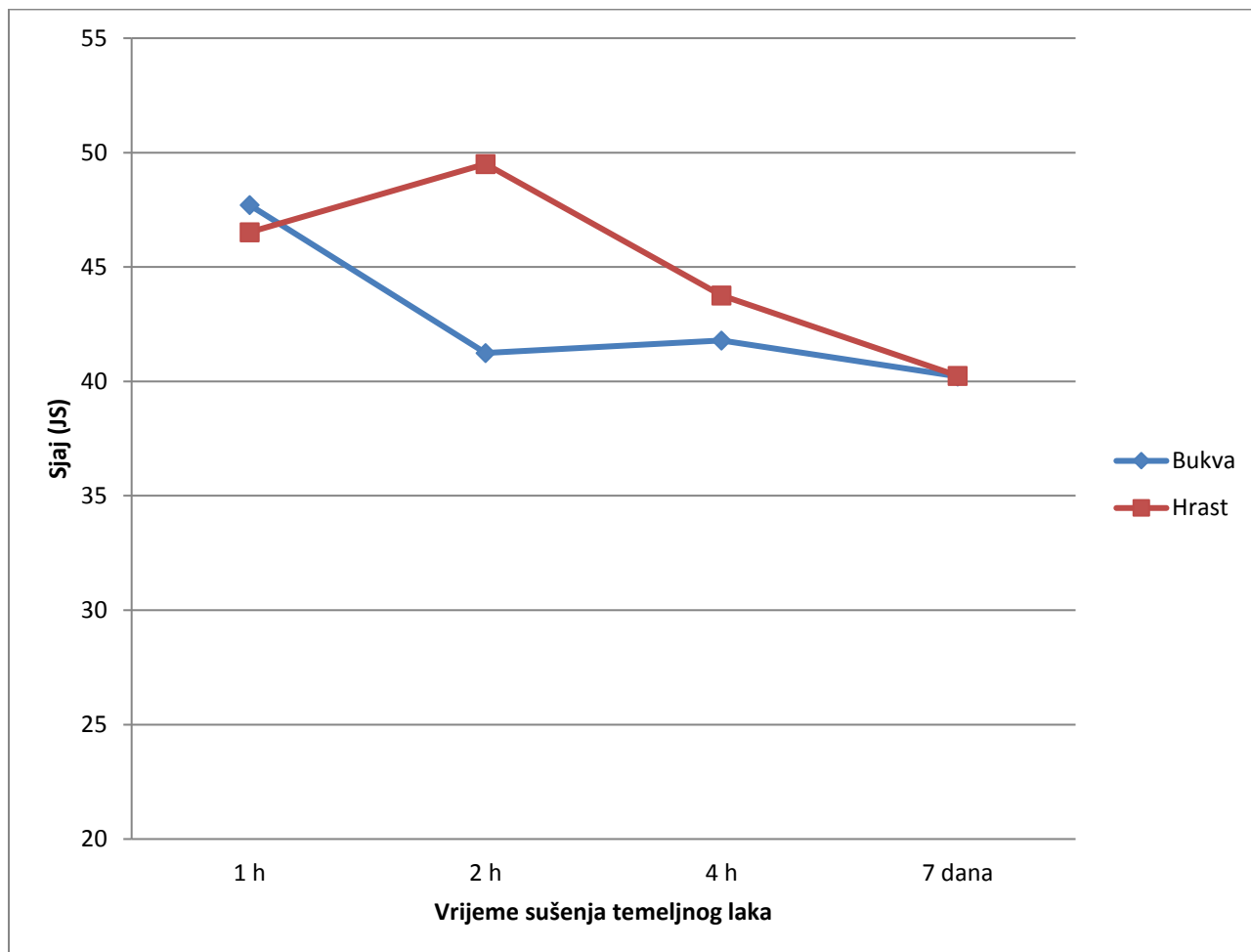


Graf 20. Utjecaj načina brušenja na sjaj površine

Iz navedenog grafa je vidljivo da način brušenja nema velik utjecaj na promjenu sjaja površine. Kod krivulje hrast temeljni lak je jedino malo veća razlika između prvog (P 80 – P 120 – P 150 – P 180) i četvrtog (P 80 – P 120 – P 150) načina brušenja. Prvi daje najveće vrijednosti sjaja, a četvrti najmanje vrijednosti sjaja površine. Iz navedenog možemo zaključiti da su za sva četiri načina brušenja vrijednosti sjaja površine približno jednake.



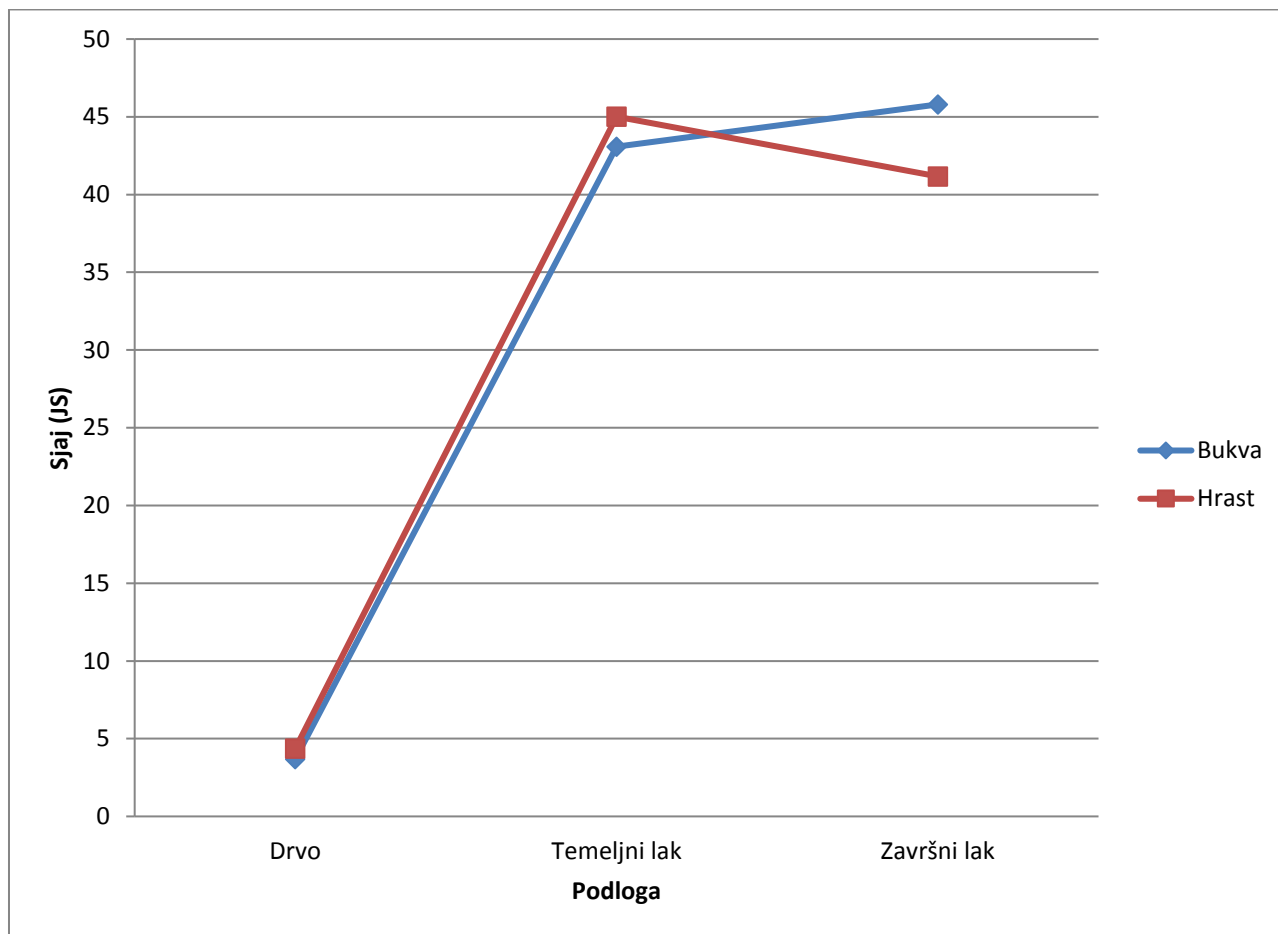
### 5.3.2. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka na sjaj površine



Graf 21. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka na sjaj površine

Iz navedenog grafa je vidljivo da vrijeme sušenja temeljnog laka nema velik utjecaj na promjenu vrijednosti sjaja površine. Uzorci hrastovine imaju najveću vrijednost sjaja površine za vrijeme sušenja temeljnog laka od 2 sata, a malo manju vrijednost sjaj za vrijeme sušenja temeljnog laka od jednog sata. Uzorci bukovine imaju najveću vrijednost sjaja površine za prvo vrijeme sušenja temeljnog laka (1 h), a malo manja vrijednost je za drugo (2 h) i treće (4 h) vrijeme sušenja temeljnog laka. Najmanje vrijednosti sjaja površine dobivene su za četvrto (7 dana) vrijeme sušenja temeljnog laka. Iz navedenog možemo zaključiti da prvo vrijeme sušenja temeljnog laka (1 h), za obje vrste drva, daje prosječno najveće vrijednosti sjaja površine.

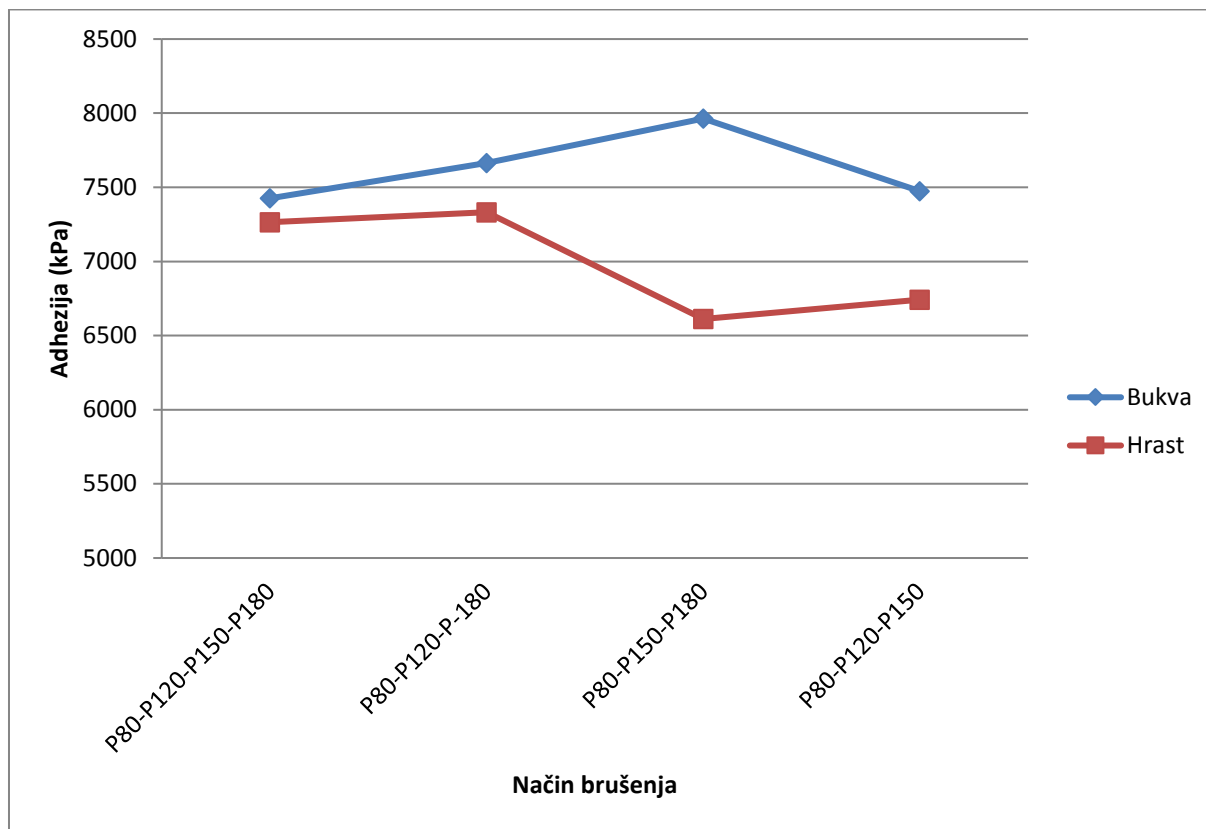
### 5.3.3. Utjecaj podloge na sjaj površine



Graf 22. Utjecaj podloge na sjaj površine

Iz navedenog grafa je vidljivo da podloga ima utjecaj na promjene vrijednosti sjaj površine. Sjaj površine temeljnog laka i završnog laka na uzorcima bukovine i na uzorcima hrastovine ima slične vrijednosti. Najmanje vrijednosti sjaja i na uzorcima bukovine i na uzorcima hrastovine je na drvu kao podlozi. Nanošenjem temeljnog i završnog laka povećava se sjaj površine i jedne i druge vrste drva.

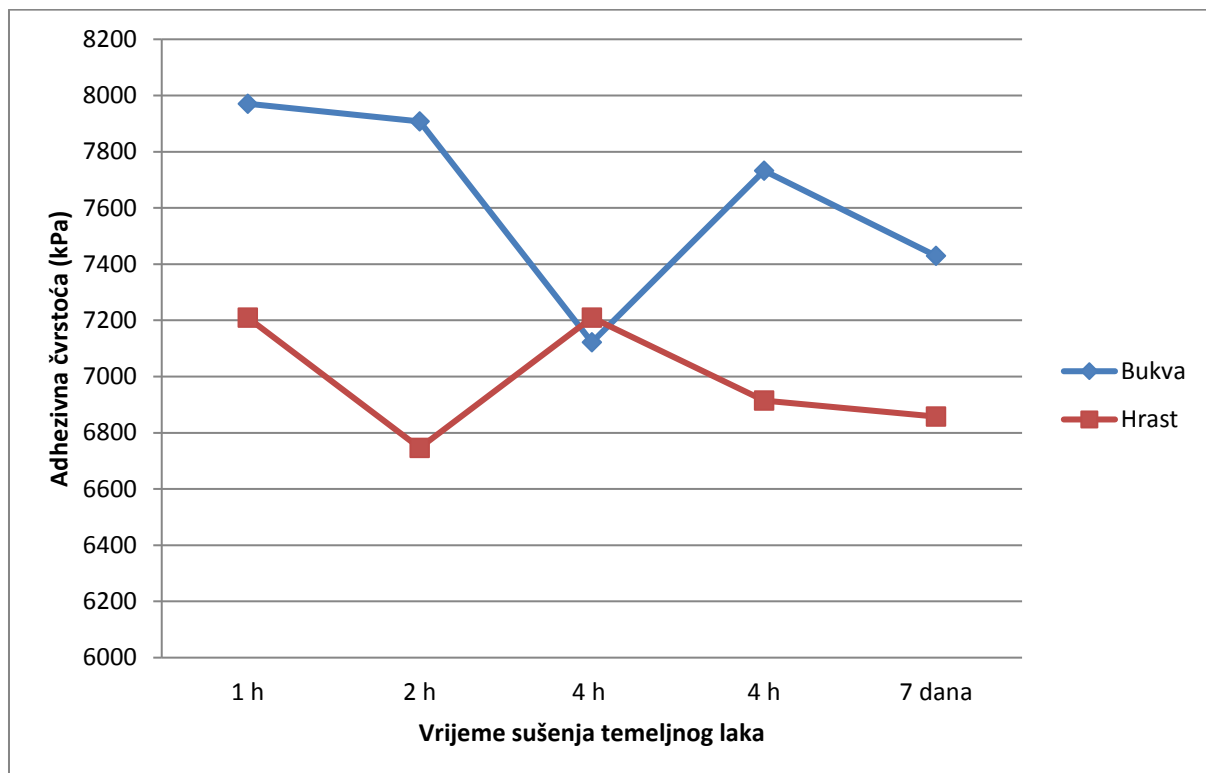
### 5.3.4. Utjecaj načina brušenja na adheziju laka



Graf 23. Utjecaj načina brušenja na adheziju laka

Iz navedenog grafa je vidljivo da način brušenja utječe na adheziju laka. Najmanju vrijednost adhezijske čvrstoće daje četvrti način brušenja (P 80 – P 120 – P 150) i za bukovinu i za hrastovinu. Za uzorke bukovine, najveća vrijednost adhezivne čvrstoće dobivena je za sustav brušenja (P 80 – P 150 – P 180), a nešto manja za sustav brušenja (P 80 – P 120 – P 180). Za uzorke hrastovine najveći je rezultat adhezije za drugi sustav brušenja, a nešto manji za prvi sustav brušenja (P 80 – P 120 – P 150 – P 180). Iz toga možemo zaključiti da je drugi način brušenja (P 80 – P 120 – P 180) pogodan za jednu i drugu vrstu drva.

### 5.3.5. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka na adheziju



Graf 24. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka na adheziju laka

Iz navedenog grafa je vidljivo da vrijeme sušenja temeljnog laka ima utjecaj na adhezivnu čvrstoću. Za uzorke bukovine najveća vrijednost adhezivne čvrstoće je za prvo vrijeme sušenja temeljnog laka (1 h), a najmanja za treće vrijeme sušenja temeljnog laka (4 h). Za uzorke hrastovine prvo (1 h) i treće (4 h) vrijeme sušenja temeljnog laka daju najveću vrijednost adhezivne čvrstoće, a drugo vrijeme sušenja (2 h) daje najmanju vrijednost adhezivne čvrstoće. Prema dobivenim krivuljama ovisnosti adhezivne čvrstoće o vremenu sušenja temeljnog laka možemo zaključiti da vrijeme sušenja temeljnog laka više utječe na adhezivnu čvrstoću uzoraka bukovine nego uzoraka hrastovine.

### 5.3.6. Utjecaj načina brušenja na parametre hrapavosti $R_a$ i $R_z$ podloge i laka, na sjaj i na adheziju

Tablica 5. Utjecaj načina brušenja na parametre hrapavosti  $R_a$  i  $R_z$  podloge i laka, na sjaj i na adheziju

Parametri	Načini brušenja							
	P 80 - P 120 - P 150 - P 180		P 80 - P 120 - P 180		P 80 - P 150 - P 180		P 80 - P 120 - P 150	
	Hrast	Bukva	Hrast	Bukva	Hrast	Bukva	Hrast	Bukva
$R_a$ ( $\mu\text{m}$ ) na drvu	6.19	3.02	6.35	2.96	6.55	3.07	7.56	3.42
$R_a$ ( $\mu\text{m}$ ) na laku	3.42	1.08	3.10	0.91	3.37	1.09	3.81	1.26
$R_z$ ( $\mu\text{m}$ ) na drvu	48.68	22.07	49.28	21.67	51.69	22.70	57.18	24.79
$R_z$ ( $\mu\text{m}$ ) na laku	22.24	6.49	21.16	5.79	22.14	6.40	24.72	7.28
Sjaj (JS)	42.74	42.55	41.20	42.17	39.80	42.08	39.19	41.83
Adhezija (kPa)	7264	7624	7332	7878	6612	8179	6728	7475

U ovoj tablici prikazan je utjecaj načina brušenja na promjenu vrijednosti parametara hrapavosti  $R_a$  i  $R_z$ , na promjenu vrijednosti sjaj i promjenu vrijednosti adhezije za uzorke bukovine i hrastovine. Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti da je drugi način brušenja (P 80 – P 120 – P 180) najbolji način brušenja uzoraka bukovine i hrastovine jer u većini slučajeva (7 / 12) daje najbolje rezultate (najmanje vrijednosti parametra hrapavosti, najveće vrijednosti sjaja i najveće vrijednosti adhezije).

## 5.4. Usporedba i diskusija rezultata

### UTJECAJ PODLOGE NA PARAMETRE HRAPAVOSTI

Usporedbom dobivenih grafova utjecaja podloge na promjenu parametara hrapavosti uzoraka bukovine i uzoraka hrastovine, možemo zaključiti da i za uzorke bukovine i za uzorke hrastovine podloga jednako utječe na promjenu parametara hrapavosti. Iz dobivenih rezultata vrijednosti parametara hrapavosti za hrastovinu i bukovinu kao podlogu vidimo da su vrijednosti parametara hrapavosti za hrastovinu kao podlogu veće nego za bukovinu kao podlogu. Te rezultate možemo potkrijepiti činjenicom da je hrastovina prstenasto-porozna vrsta drva i ima veće otvore pora od bukovine.

### UTJECAJ PODLOGE NA PARAMETAR HRAPAVOSTI RSm

Usporedbom dobivenih grafova utjecaja podloge na promjenu parametra hrapavosti RSm za uzorke bukovine i uzorke hrastovine, možemo zaključiti da i za jednu i drugu vrstu drva podloga slično utječe na parametar hrapavosti RSm. Najmanje vrijednosti parametra hrapavosti RSm su za drvo kao podlogu, a nešto veće za temeljni i završni lak kao podlogu. Parametar hrapavosti RSm nam pokazuje srednji korak elemenata profila.

### UTJECAJ NAČINA BRUŠENJA NA PARAMETRE HRAPAVOSTI

Usporedbom dobivenih grafova utjecaja načina brušenja na promjenu parametara hrapavosti obje vrste uzoraka, možemo zaključiti da način brušenja znatno više utječe na uzorke bukovine nego na uzorke hrastovine. Iz toga možemo uzeti zaključak da vrsta drva ima veći utjecaj na rezultate hrapavost površine od načina brušenja.

### UTJECAJ NAČINA BRUŠENJA NA PARAMETAR HRAPAVOSTI RSm

Usporedbom dobivenih grafova utjecaja načina brušenja na promjenu parametra hrapavosti RSm obje vrste uzoraka, možemo zaključiti da način brušenja više utječe na uzorke hrastovine nego na uzorke bukovine. Ovaj zaključak koji se odnosi na parametar hrapavosti RSm suprotan je zaključku za ostale parametre hrapavosti, što potvrđuje da vrsta drva ima veći utjecaj na hrapavost površine od načina brušenja. Parametar hrapavosti RSm nam pokazuje srednji korak elemenata profila.

## UTJECAJ VREMENA SUŠENJA TEMELJNOG LAKA NA PARAMETRE HRAPAVOSTI

Usporedbom dobivenih grafova utjecaja vremena sušenja temeljnog laka na promjenu parametara hrapavosti obje vrste uzoraka, možemo zaključiti da vrijeme sušenja temeljnog laka nema velik utjecaj na promjenu parametara hrapavosti, ali da sa porastom vremena sušenja temeljnog laka blago padaju vrijednosti parametara hrapavosti i za uzorke bukovine i za uzorke hrastovine.

## UTJECAJ VREMENA SUŠENJA TEMELJNOG LAKA NA PARAMETAR HRAPAVOSTI RSm

Usporedbom dobivenih grafova utjecaja vremena sušenja temeljnog laka na promjenu parametra hrapavosti RSm obje vrste uzoraka, možemo zaključiti da vrijeme sušenja temeljnog laka ima utjecaj na promjenu ovog parametra hrapavosti. Porastom vremena sušenja temeljnog laka, vrijednost parametra RSm pada. Parametar hrapavosti RSm nam pokazuje srednji korak elemenata profila.

## UTJECAJ VREMENA SUŠENJA TEMELJNOG LAKA I NAČINA BRUŠENJA NA DEBLJINU FILMA

Usporedbom dobivenih tablica utjecaja vremena sušenja temeljnog laka i načina brušenja na debljinu filma obje vrste uzoraka, možemo zaključiti da oba parametra imaju utjecaj na debljinu filma za obje vrste uzoraka. Vremena sušenja temeljnog laka i načini brušenja koji daju najdeblji sloj laka nisu isti za uzorke bukovine i uzorke hrastovine iz čega zaključujemo da i vrsta drva utječe na debljinu filma.

## UTJECAJ NAČINA BRUŠENJA NA SJAJ POVRŠINE

Usporedbom krivulja grafa vidljivo je da način brušenja nema velik utjecaj na sjaj površine obje vrste uzoraka jer su završne granulacije brusnog papira kod sva četiri brušenja slične ili jednake (P 150 i P 180).

## UTJECAJ VREMENA SUŠENJA TEMELJNOG LAKA NA SJAJ POVRŠINE

Usporedbom krivulja grafa vidljivo je da vrijeme sušenja temeljnog laka nema velik utjecaj na sjaj površine kod obje vrste uzoraka. Porastom vremena sušenja temeljnog laka vrijednosti sjaja površine blago padaju.

### UTJECAJ PODLOGE NA SJAJ POVRŠINE

Usporedbom krivulja grafa vidljivo je da podloga ima utjecaj na promjene vrijednosti sjaja površine za obje vrste uzoraka. Najmanje vrijednosti sjaja površine dobivene su na drvu kao podlozi, dok su na temeljnom i završnom laku vrijednosti sjaja vrlo slične za obje vrste uzoraka.

### UTJECAJ NAČINA BRUŠENJA NA ADHEZIJU

Usporedbom krivulja grafa vidljivo je da način brušenja utječe na adheziju za obje vrste uzoraka te da je drugi način brušenja (P 80 – P 120 – P 180) pogodan za brušenje uzoraka bukovine i hrastovine. Iz dobivenih rezultata možemo vidjeti da su za sve načine brušenja dobivene veće vrijednosti adhezijske čvrstoće za uzorke bukovine. Iako su vrijednosti parametra hrapavosti bile za većinu mjerenja veće na uzorcima hrastovine, uzorci bukovine su pokazali bolja adhezivna svojstva od uzoraka hrastovine. Jaić i sur. (1996.) su također zaključili da bukovina pokazuje bolja adhezivna svojstva od hrastovine. Ozdemir i sur. (2015.) zaključuju da je anatomska struktura drva jedan od čimbenika koji utječu na hrapavost površine i adhezijska svojstva premaza i drva.

### UTJECAJ VREMENA SUŠENJA TEMELJNOG LAKA NA ADHEZIJU

Usporedbom krivulja grafa vidljivo je da vrijeme sušenja temeljnog laka utječe na obje vrste uzoraka. Vrijeme sušenja temeljnog laka ima veći utjecaj na adheziju laka na uzorcima bukovine nego na uzorcima hrastovine.



## 6. ZAKLJUČAK

Brušenje je prvi, ali i jedan od najvažnijih postupaka površinske obrade drva. Kvalitetno i dobro brušena površina drva može voditi prema visokoj kvaliteti završne površinske obrade. Nakon izvršenog brušenja utvrđeno je da način brušenja utječe na hrapavost površine, ali znatno više za uzorke bukovine nego hrastovine zbog njihove različite teksture, odnosno makroskopskih obilježja. Također, iz rezultata je vidljivo da način brušenja utječe na adheziju. Od svih ispitivanih čimbenika u ovom se istraživanju pokazalo da sjaj najmanje ovisi o načinu brušenja.

Vrijeme sušenja temeljnog laka isto tako utječe na kvalitetu završne površinske obrade. Vrijeme sušenja temeljnog laka nema velik utjecaj na sjaj i hrapavost površine, a ni na debljinu filma. Vidljivo je da vrijeme sušenja temeljnog laka ima utjecaj na adhezivnu čvrstoću za obje vrste uzoraka, ali više za uzorke bukovine. Porastom vremena sušenja temeljnog laka, vrijednosti parametra sjaja i hrapavosti blago padaju za obje vrste uzoraka.

Na osnovu provedenih mjerenja može se zaključiti da od četiri ispitivana načina brušenja najmanju hrapavost površine daju prvi (P 80 – P 120 – P 150 – P 180) i drugi način brušenja (P 80 – P 120 – P 180) na hrastovini odnosno drugi način brušenja (P 80 – P 120 – P 180) na bukovini. Ovisnost sjaja laka o načinu brušenja nije velika zbog slične ili jednake granulacije završnog brusnog papira (P 150 i P 180). Adhezivna čvrstoća poliuretanskog laka najveća je za sustav brušenja (P 80 – P 150 – P 180) na bukovini i za sustav brušenja (P 80 – P 120 – P 180) na hrastovini.

## LITERATURA

1. Bujanić, B.; Bujanić Magdalenić, J. Mehanizmi stvaranja lijepljenog spoja. // Tehnički glasnik. 5, 2(2011), str. 89 – 93.
2. Denjo, Daut. Ispitivanje hrapavosti površine. 2015.  
<http://documents.tips/documents/10ispitivanjehrapavosti.html>. (20.06.2016.).
3. Dubravac, S. Mjerenje utjecaja disbalansa radne glave na razinu vibracija i kvalitetu obrađene plohe pri ravnanju. Diplomski rad. Zagreb: Šumarski fakultet, 2015.
4. Gurau, L. An objective method and measure and evaluate the quality of sanded wood surface // The Future of Quality Control for Wood & Wood Products. 4-7, 5(2010), str. 1 - 9.
5. Hauptman, M.; Müller, U.; Obersriebnig, M.; Gindl - Altmutter, W.; Beck, A.; Hansmann, C. The Optical Appearance of Wood Related to Nanoscale Surface Roughness // BioResources. 8, 3(2013), str. 4038 – 4045.
6. Horvat, I.; Krpan, J. Drvno industrijski priručnik. Zagreb: Tehnička knjiga, 1967.
7. ISO 4287 – 1997.
8. Jackson, David. Adhesion – Part 1. 2014.  
[http://www.finishingiq.com/2014/09/21/adhesionpart\\_1/](http://www.finishingiq.com/2014/09/21/adhesionpart_1/). (14.07.2016.).
9. Jaić, M.; Palija, T.; Dobić, J. The Influence Of Surface Finishing Of Paulownia Siebold et zucc. On The Decorative Properties Of Lacquered Surface // Future With Forests. 11,13(2010), str. 1489 – 1498.
10. Jaić, M.; Palija, T.; Đorđević, M. The Impact of surface preparation of wood on the adhesion of certain types of coatings // Zaštita materijala. 55, 2(2014), str. 163 – 169.
11. Jaić, M.; Palija, T. Premazi visokog sjaja – utjecaj hrapavosti površine na sjaj // Zaštita materijala, 56, 4(2015), str. 457 – 462.
12. Jelaska, D. Elementi strojeva. Skripta za studente industrijskog inženjerstva. Split: Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, 2011.
13. Jirouš – Rajković, V. Režimi brušenja ravnih furniranih ploha i njihov utjecaj na površinsku obradu. Magistarski rad. Zagreb: Šumarski fakultet, 1991.
14. Jirouš – Rajković, V.; Turkulin, H. Svojstva drva i prevlake koja utječu na trajnost izloženog drva // Drvna industrija, 53, 1(2002), str. 9 – 22.
15. Jirouš – Rajković, Vlatka. Lakovi. 2014. <http://moodle.srce.hr/2013-2014/course/view.php?id=1717>. (21.06.2016.).

16. Jirouš – Rajković, Vlatka. Članak o sjaju. 2015. <http://moodle.srce.hr/2015-2016/course/view.php?id=9694>. (21.06.2016.).
17. Jović, A. Umjeravanje elektroničko – mehaničkog uređaja s ticalom (Surtronic 25). Završni rad. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2012.
18. Labura, K. Postupci završne obrade dijelova. Završni rad. Karlovac: Veleučilište u Karlovcu, Stručni studij strojarstvo, proizvodno strojarstvo, 2015.
19. Miklečić, J. Postojanost poliakrilatnih nanopremaza na toplinski modificirano drvo. Doktorski rad. Zagreb: Šumarski fakultet, 2013.
20. Moura, L.; Hernández, R. Evaluation of Varnish Coating Performance For Two Surfacing Methods on Sugar Maple Wood // *Wood and Fiber Science*, 37, 2 (2005), str. 355 – 366.
21. Ozdemir, T.; Hiziroglu, S.; Koapinar, M. Adhesion Strength of Cellulosic Varnish Coated Wood Species as Function of Their Surface Roughness // *Hindawi Publishing Corporation*, 15, 3(2015), str. 1 – 5.
22. Petrie, E.: *Fundamentals Of Paint Adhesion*. 2012. <http://www.materialstoday.com/metal-finishing/features/fundamentals-of-paint-adhesion/>. (14.07.2016.).
23. Roloff, A.; Bärtels, A. *Flora der Gehölze : Bestimmung, Eigenschaften und Verwendung*. Stuttgart: Ulmer, 2008.
24. Runje, B.: Predavanja iz kolegija Teorija i tehnika mjerenja. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2014. [https://bib.irb.hr/datoteka/764412.Predavanja\\_TTM.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/764412.Predavanja_TTM.pdf).
25. Sedmak, D. Komparativna analiza tokarenja i ortogonalnog okretanja glodanja. Diplomski rad. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2013.
26. Slade, Ivo. *Obrada materijala II*. 2012. [http://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/skripta\\_-\\_obrada\\_materijala\\_ii\\_-\\_i\\_dio.compressed.pdf](http://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/skripta_-_obrada_materijala_ii_-_i_dio.compressed.pdf). (22.06.2016.).
27. *Technology profile, Materijali za brušenje drva*. 2004. <http://www.valuetowood.ca/html/english/index.php>. (11.07.2016.).
28. Vitosyte, J.; Ukvalbergiene, K.; Keturakis, G. The Effects of Surface Roughness on Adhesion Strength of Coated Ash (*Fraxinus excelsior* L.) and Birch (*Betula* L.) Wood // *Materials Science (Medžiagotyra)*, 18, 4(2012), str. 347 – 351.

## POPIS SLIKA

- Slika 1. Strojno brušenja drva (<http://www.vismgroup.com>)
- Slika 2. Ručno brušenje (<http://www.bosch-pt.com/si/sl/accocs/Pribor/2506339/brusilni-listi-za-rocno-brusenje-in-vibracijske-brusilnike/>)
- Slika 3. Hrapavost površine (Jović, 2012.)
- Slika 4. Adhezija (<http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=470>)
- Slika 5. Sjaj površine (<http://www.webgradnja.hr/clanci/kako-obnoviti-vas-parket-brusenje-parketa-lakiranje-i-bojanje-parketa/754/>)
- Slika 6. Drvodjelac d.o.o. (<http://drvodjelac.hr/>)
- Slika 7. Obična bukva (<http://leafland.co.nz/product/fagus-sylvatica-english-green-beech/>)
- Slika 8. Hrast lužnjak (<http://www.vecernji.hr/hrvatska/hrast-star-340-godina-postaje-turisticka-atrakcija-1026396/multimedia/p2>)
- Slika 9. Uzorci drva
- Slika 10. Ručno brušenje
- Slika 11. Temeljni lak
- Slika 12. Završni lak
- Slika 13. Digitalna vaga
- Slika 14. Spiralni aplikator
- Slika 15. Instrument za mjerenje hrapavosti površine
- Slika 16. Karakteristične duljine 2D profila hrapavosti (Runje, 2014.)
- Slika 17. Formula za izračunavanje parametra hrapavosti Ra (Runje, 2014.)
- Slika 18. Formula za izračunavanje parametra hrapavosti RSm (Runje, 2014.)
- Slika 19. Reflektometar
- Slika 20. Dvokomponentno epoksidno ljepilo *UHU plus 300*
- Slika 21. Prikaz zalijepljenih valjčića prilikom određivanja adhezije
- Slika 22. Instrument za određivanje adhezije metodom otkidanja valjčića
- Slika 23. Određivanje debljine filma laka digitalnom kamerom

## POPIS GRAFOVA

- Graf 1. Grafički prikaz parametra hrapavosti Ra (Runje, 2014.)
- Graf 2. Grafički prikaz parametra hrapavosti Rv
- Graf 3. Grafički prikaz parametra hrapavosti Rp
- Graf 4. Grafički prikaz parametra hrapavosti Rz (Runje, 2014.)
- Graf 5. Grafički prikaz parametra hrapavosti Rz1max
- Graf 6. Grafički prikaz parametra hrapavosti Rsm
- Graf 7. Grafički prikaz parametra hrapavosti Rpc
- Graf 8. Utjecaj podloge na parametre hrapavosti
- Graf 9. Utjecaj podloge na RSm parametar hrapavosti
- Graf 10. Utjecaj načina brušenja na parametre hrapavosti
- Graf 11. Utjecaj načina brušenja na RSm parametar hrapavosti
- Graf 12. Utjecaj sušenja temeljnog laka na parametre hrapavosti
- Graf 13. Utjecaj sušenja temeljnog laka na RSm parametar hrapavosti
- Graf 14. Utjecaj podloge na parametre hrapavosti
- Graf 15. Utjecaj podloge na RSm parametar hrapavosti
- Graf 16. Utjecaj načina brušenja na parametre hrapavosti
- Graf 17. Utjecaj načina brušenja na RSm parametar hrapavosti
- Graf 18. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka na parametre hrapavosti
- Graf 19. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka na RSm parametar hrapavosti
- Graf 20. Utjecaj načina brušenja na sjaj površine
- Graf 21. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka na sjaj površine
- Graf 22. Utjecaj podloge na sjaj površine
- Graf 23. Utjecaj načina brušenja na adheziju
- Graf 24. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka na adheziju

**POPIS TABLICA**

- Tablica 1. Preporučene granične vrijednosti filtra ( $\lambda c$ ) (Runje, 2014.)
- Tablica 2. Izbor kuta mjerenja sjaja prema vrijednostima sjaja površine izmjerene pri 60° (Jirouš- Rajković, 2015.)
- Tablica 3. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka i načina brušenja na debljinu filma
- Tablica 4. Utjecaj vremena sušenja temeljnog laka i načina brušenja na debljinu filma
- Tablica 5. Utjecaj načina brušenja na parametre hrapavosti Ra i Rz podloge i laka, na sjaj i na adheziju

