

# Utjecaj temperature i vremena sušenja na elastičnost premaza

---

**Antolković, Josip**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:299172>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-24**



*Repository / Repozitorij:*

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



**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

**DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**

**DRVNOTEHNOLOŠKI PROCESI**

**JOSIP ANTOLKOVIĆ**

**UTJECAJ TEMPERATURE I VREMENA SUŠENJA NA  
ELASTIČNOST PREMAZA**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2020.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

**DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**UTJECAJ TEMPERATURE I VREMENA SUŠENJA NA  
ELASTIČNOST PREMAZA**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Drvnotehnološki procesi

Predmet: Tehnološki procesi površinske obrade drva

Ispitno povjerenstvo:

1. doc. dr. sc. Josip Miklečić
2. prof. dr. sc. Vlatka Jirouš-Rajković
3. izv. prof. dr. sc. Goran Mihulja

Student: Josip Antolković

JMBAG:00682213927

Broj indeksa: 977/18

Datum odobrenja teme: 17. 04. 2020.

Datum predaje rada: 14. 08. 2020.

Datum obrane rada: 18. 09. 2020.

**Zagreb, kolovoz, 2020.**

	<b>IZJAVA O IZVORNOSTI RADA</b>	<b>OB ŠF DS 01</b>
		Revizija: 2
		Datum: 18.2.2019.

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

---

*vlastoručni potpis*

*Josip Antolković*

U Zagrebu, 14. 8. 2020.

**DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

Naslov	Utjecaj temperature i vremena sušenja na elastičnost premaza
Title	Influence of drying temperature and time on the elasticity of the coating
Autor	Josip Antolković
Adresa autora	Sajmišna 24b, Sveti Ivan Zelina, 10380
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	doc. dr.sc. Josip Miklečić
Izradu rada pomogao	Antonio Copak, mag. ing. tech. lign.
Godina objave	2020
Obujam	VIII+47 stranice, 3 tablica, 31 slike i 17 navoda literature
Ključne riječi	vodeni lakovi, lakovi na bazi organskih otapala, elastičnost lakova, sila loma, vlačna čvrstoća, produljenje, debljina filma
Key words	water-based varnishes, varnishes based on organic solvents, elasticity of varnishes, breaking force, tensile strength, elongation, film thickness
Sažetak	U ovom radu ispitivali su se utjecaji temperature sušenja i trajanja sušenja na elastičnost vodenih premaza i premaza na bazi organskih otapala. Ispitivani premazni materijali sušili su se u sobnim uvjetima i pri povišenoj temperaturi u sušioniku. Nakon sušenja pripremljeni su slobodni filmovi premaza koji su ispitivani na kidalici. Mjerila se sila loma, produljenje i vlačna čvrstoća.

Ovaj diplomski rad izrađen je na Zavodu za namještaj i drvne proizvode drvnotehnološkog odsjeka Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom mentora doc. dr. sc. Josip Miklečić i predan na ocjenu u akademskoj godini 2019./2020.

## PREDGOVOR

Ovom prilikom želim se zahvaliti svom mentoru doc. dr. sc. Josipu Miklečiću na trudu, strpljenju, i vremenu koje je uložio kako bi mi pomogao prvo tijekom rada u laboratoriju pa kasnije i pri pisanju samog diplomskog rada. Zahvaljujem se mag. ing. tech. lign. Andriji Novoselu na ustupanju laboratorija za drvo u graditeljstvu u svrhu ispitivanja uzoraka na elastičnost. Također zahvaljujem se kolegi Nikoli Kristiću na društvu tijekom laboratorijskog istraživanja i pomoći pri istom. Posebne zahvale Antoniu Copaku mag. ing. tech. lign. na iskazanoj pomoći i prenesenom znanju pri radu u laboratoriju i tijekom pisanja diplomskog rada.

Na kraju, veliko hvala mojoj obitelji i prijateljima na velikoj potpori i razumijevanju tijekom cjelokupnog studija.

Josip Antolković

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Lakovi u površinskoj obradi drva.....	2
1.1.1. Sastojci lakova .....	3
1.1.2. Poliuretanski lakovi.....	7
1.1.3. Akrilni lakovi.....	7
1.1.4. Vodeni lakovi .....	8
1.2. Metode sušenja laka .....	10
1.3. Utjecaj parametara sušenja na svojstva lakova .....	11
1.4. Elastičnost lakova .....	13
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	16
3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA .....	17
3.1. Uzorci lakova.....	17
3.2. Priprema slobodnih filmova.....	22
3.3. Priprema uzoraka slobodnih filmova za ispitivanje.....	25
3.4. Mjerenje debljine suhog filma.....	27
3.5. Ispitivanje elastičnosti .....	28
4. REZULTATI I DISKUSIJA.....	31
4.1. Utjecaj vrste i vremena sušenja na silu loma.....	31
4.2. Utjecaj vrste i vremena sušenja na produljenje .....	34
4.3. Utjecaj vrste i vremena sušenja na vlačnu čvrstoću .....	37
4.4. Utjecaj vrste i vremena sušenja na debljinu slobodnog filma .....	39



5. ZAKLJUČAK.....	41
6. LITERATURA .....	42
7. POPIS SLIKA .....	44
8. POPIS TABLICA.....	47

## 1. UVOD

Drvo se kao prirodni materijal sve više koristi u današnjem vremenu zbog svoje građe, izgleda i prvenstveno ekološkog aspekta. Danas različitim vrstama premaznih materijala možemo promijeniti prirodnu boju drva, naglasiti ili ublažiti teksturu drva te obnoviti stare i izblijeđene drvene elemente te podariti im novi izgled. Osim zbog estetskih razloga, drvo premazujemo i radi površinske zaštite od mehaničkih i kemijskih utjecaja. Premazima produžujemo vijek trajanja i otpornost drva na različite atmosferske i biološke čimbenike.

Zbog primjene drva u raznim okolnostima i uvjetima postavljaju se sve veći zahtjevi za što kvalitetnijim premazima, a s druge strane oni trebaju biti što jednostavniji u primjeni, trajniji, elastičniji te da se brže suše i otvrdnjavaju.

U ovom radu istražuje se utjecaj sušenja i kondicioniranja na elastičnost vodenih i otapalnih lakova. Svaki lak je ispitan nakon određenog vremena kondicioniranja pri  $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$  i  $(55 \pm 5) \%$  relativne vlage zraka, te nakon određenog vremena sušenja u sušioniku na  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### 1.1. Lakovi u površinskoj obradi drva

Površinska obrada je postupak, kojim mijenjamo i poboljšavamo estetska i tehnička svojstva površine drvnih proizvoda (namještaja, prozora, vrata, podova i dr.) Redoslijed operacija u površinskoj obradi:

- Priprema površine
- Nanošenje materijala
- Otvrđivanje materijala
- Završna obrada

Premazni materijal koji nakon nanošenja na površinu prelazi u kruto stanje zahvaljujući izlasku hlapljivih sastojaka iz njega ili kemijskom reakcijom zove se lak (Jioruš Rajković, 2014).

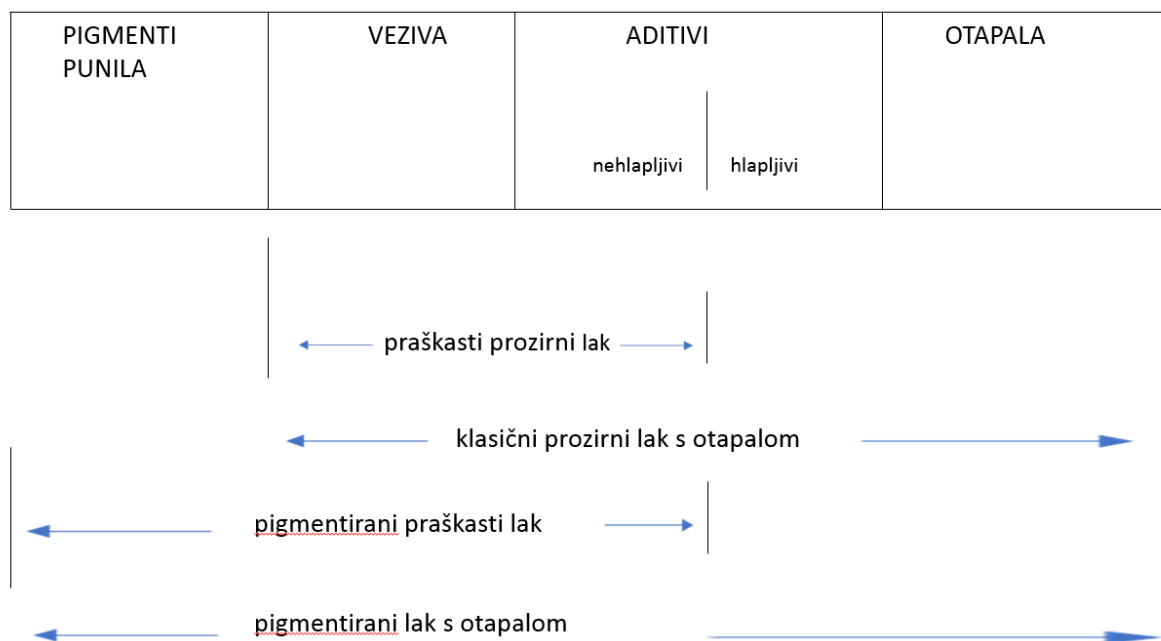
Povijest upotrebe i nastanka lakova u površinskoj obradi drva točno se ne može odrediti, ali poznato je da su pronađeni ostaci ukrašavanja bojama u spiljama pećinskih ljudi iz prapovijesnog doba. Pretpostavlja se da riječ lak potječe od perzijske riječi lakh koja označava 100 tisuća. U Kini i Japanu pronađeni su lakirani predmeti koji su stari oko 300 do 400 godina prije Krista. Oko 700-tih godina u Japanu je postojao i ured za lakiranje koji je odlučivao o proizvodnji i upotrebi laka, te ga je oporezivao (Jaić i Živanović-Trbojević, 2000). Prva tvornica lakova (na bazi terpentinskog i lanenog ulja) otvorena je u Engleskoj 1790. godine (Jioruš Rajković, 2014). Prvi hrvatski proizvođač lakova bila je tvornica Moster d.d., osnovana 1920. u Zagrebu. To je današnji Chromos, koji je 1947. preuzeo njezino ime (Hrvatska enciklopedija - boje i lakovi, 18/7/2020, url).

Opći zahtjevi i preduvjeti koje lakovi danas moraju ispuniti su prije svega zaštita od mehaničkih utjecaja (ogrebotine, habanje, itd.) i kemijskih utjecaja (otpornost na razne kemikalije). Još jedan važan zahtjev koji trebaju ispuniti lakovi koji se koriste za vanjsku upotrebu su otpornost i zaštita od atmosferilija (sunce, kiša, itd.). (Jioruš Rajković, 2016). Uz sve to današnji lakovi moraju biti prihvatljivi s aspekta zaštite prirode i okoliša, to znači da se moraju upotrebljavati:

- Lakovi čija otapala ne onečišćuju okoliš
- Primjena lakova s malim udjelom ili bez otapala
- Primjena lakova s velikom količinom suhe tvari
- Primjena klasičnih lakova uz korištenje tehnike nanošenja koja ne zagađuje okoliš (Jioruš Rajković, 2014)

### 1.1.1. Sastojci lakova

Osnovni sastojci lakova prikazani su na slici 1, a najvažniji sastojak je vezivo jer ono tvori film koji povezuje sve sastojke međusobno s podlogom.



Slika 1. Sastojci filmogenih materijala (Jioruš Rajković, 2018)

#### *Pigmenti i punila*

Pigmenti su nositelji boje, daju premazu obojenost i pokrivenost, to su organske ili anorganske čestice u obliku praha dispergirane i netopljive u filmu laka. Pigmenti nisu topljivi u vezivu, te ne dolaze u kemijsku reakciju s vezivom ni s podlogom na koju se nanosi premaz. Svojstva pigmenata su boja, pokrivenost, veličina i oblik čestica, otpornost na svjetlost, vodu i toplinu, kvašenje, itd. Količinom pigmenta možemo puno utjecati na karakteristike i svojstva laka, bilo prije nanošenja na podlogu (boja, sušenje,

viskoznost), bilo nakon nanošenja na podlogu (boja, neprozirnost, tvrdoća, elastičnost, sjaj, trajnost). Pigmente možemo podijeliti na anorganske koji dolaze iz prirode i organske koji se dobivaju iz fosilnih goriva (tablica 1) (Jioruš Rajković, 2018).

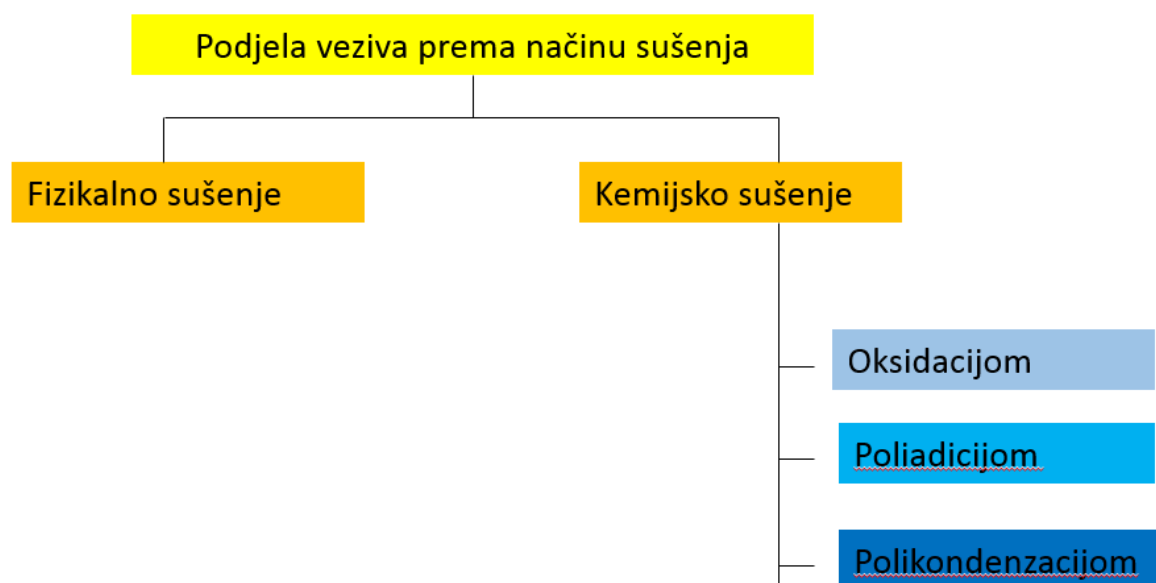
Tablica 1. Karakteristike anorganskih i organskih pigmenata (Jioruš Rajković, 2018).

<b>Anorganski</b>	<b>Organski</b>
Visoko talište	Nisko talište
Dobra moć pokrivanja	Slaba moć pokrivanja
Slaba moć bojenja	Velika moć bojenja
Velika gustoća	Mala gustoća
Bolja svjetlopostojanost	Ograničena svjetlopostojanost

Punila su anorganski dodaci koji se dodaju prekrivnim materijalima i kojima utječemo na obilježja, mehaničku strukturu i trajnost filma, sjaj, tvrdoću, kemijsku postojanost i ekonomičnost. Punila su u pravilu zamjena za skupe pigmente (Jioruš Rajković, 2018).

### *Veziva*

Veziva najviše utječu na svojstva filma laka, to su tvari koje tijekom sušenja stvaraju suhi film na površini predmeta na koji se nanose te tom filmu daju kemijska i fizikalna svojstva. Ona spajaju komponentne premaza u jednu cjelinu i određuju način nanošenja premaza. Najvažnija svojstva veziva su molna masa, topljivost, temperatura staklastog prijelaza i otpornost na vremenske utjecaje. Proces kada vezivo nakon nanošenja premaza na podlogu prelazi u svoje konačno čvrsto i suho stanje naziva se sušenje (Favale-Gregurić, 2017). Načini sušenja veziva prikazani su na slici 2.



Slika 2. Podjela veziva prema načinu sušenja (Rački-Weichnacht, 2004.)

### *Aditivi*

Dodatak aditiva u lakove je vrlo mali od 1 do 10 %, oni utječu na svojstva i stvaranje filma te omogućuju bolje dispergiranje pigmenta u premazu. Otvrdnjivači i ubrzivači ubrzavaju proces sušenja i otvrdnjavanja laka. Neki od aditiva su: sredstva protiv koženja koja sprječavaju stvaranje tanke kožice na površini laka, sredstva za kvašenje koja pospješuju kvašenje površine na koju se nanosi lak, sredstva za razlijevanje koja omogućuju formiranje glatkog sloja laka nakon nanošenja na površinu, sredstva za postizanje željenog sjaja te UV apsorberi koji sprječavaju djelovanje ultraljubičaste svjetlosti na lak (Jioruš Rajković, 2018).

### *Otapala*

Otapalo je tekuća komponenta, koja nakon nanošenja premaza na površinu ishlapljuje, a nanoseni sloj se stvrdnjava i postaje tvrd. Otapalo za premaze ima razna fizička i kemijska svojstva koja su važna za njihovu upotrebu. Najznačajnija fizička svojstva su boja, gustoća, vrelište, površinska napetost, viskoznost, indeks loma. Ta svojstva važna su za praktičnu primjenu otapala zbog sposobnosti otapanja veziva, mogućnost dodavanja punila, brzine isparavanja, točke zapaljenja i dr. Otapala možemo podijeliti prema kemijskoj prirodi na:

- Ugljikovodike
- Alkohole
- Ketone
- Estere
- Glikole
- Etere

Zbog smanjenja viskoznosti otopine uz otapala možemo dodati razređivač, koji je jeftiniji od otapala, ali on ne može u potpunosti samostalno zamijeniti otapalo te se uvijek kombinira s njime. Zbog sve većih ekoloških zahtjeva i onečišćenja, danas se sve više želi smanjiti upotreba organskih otapala u lakovima, pa se teži većoj upotrebi lakova na bazi vode i lakova s velikim udjelom suhe tvari (Ortner, 2017).

Kod otvrdnjavanja fizikalnim putem fizikalna svojstva otvrdnutog filma u znatnoj mjeri ovise o svojstvima otapala. Ako hlapljiva komponenta izlazi brzo iz filma, ubrzo nakon nanošenja dolazi do velike razlike u koncentraciji otapala u površinskom i dubljem unutrašnjem sloju prevlake. Takva pojava može uzrokovati naprezanja koja smanjuju čvrstoću premaza (Jioruš Rajković, 2018).

### 1.1.2. Poliuretanski lakovi

Poliuretan je svaki polimer koji sadrži lanac organskih jedinica povezanih uretanskom (karbamatnom) vezom. Poliuretanski lakovi (PU) mogu biti jednokomponentni i dvokomponentni lakovi, te izocijanatom modificirana ulja. Hidroksilne skupine u PU lakovima reagiraju s otvrđivačem koji je na bazi poliizocijanata i tako stvarajući poliuretansku strukturu. Komponente poliuretanskih lakova su:

- Izocijanati
- Polioli (poliesteri)
- Katalizatori
- Pigment
- Otapala
- Omekšivači
- Sredstva za razlijevanje

Karakteristike PU lakova su izvrsna postojanost prema atmosferilijama, velika trajnost, dobro prijanjanje na podlogu, trajna elastičnost, dobra električna svojstva, otpornost prema vodi i kemikalijama, mala gorivost, visoka cijena. Koriste se za lakiranje, parketa, zidnih obloga, namještaja, vrata itd (Jioruš Rajković, 2018).

### 1.1.3. Akrilni lakovi

Akrilni lak je proizvod akrilne i metakrilne kiseline, vrlo je viskoznan i otapa se u vodi. Za filmogene materijale primjenjuju se polimeri i kopolimeri na osnovi estera tih kiselina. To su materijali različitih fizikalnih svojstava, od visoke rastezljivosti, pa sve do vrlo čvrstih, tvrdih i krutih materijala. Kada se osuši na površini, stvara se bezbojni akrilni film koji je okarakteriziran visokom otpornošću na mehanička oštećenja. Osim dobre otpornosti na mehanička oštećenja, lak ima visoku otpornost na visoke i niske temperature, ne puca ni pri velikim vrućinama ni pri velikom mrazu. Akrilni lak ne gubi svoju transparentnost čak i nakon duljeg vremena, uz to vrlo je elastičan, ima visoku otpornost na vlagu i na kućne kemikalije. S ekološkog pogleda vrlo je prihvatljiv za okoliš i siguran za djecu. Primjena akrilnih lakova u posljednje vrijeme je u površinskoj obradi namještaja, ploča i građevinske stolarije (DecorexPro, 18/7/2020, url).



#### 1.1.4. Vodeni lakovi

Vodeni lakovi su lakovi u kojima je glavni hlapljivi sastojak voda. Voda je prirodan, lako dostupan, jeftin, netoksičan i ne zapaljiv materijal. Nedostatak vode je to što uzrokuje bubrenje te ima ograničen kapacitet za otapanje organskih smola (Bulian i Graystone, 2009). Vodeni lakovi mogu biti izrađeni od sirovina topljivih u vodi ili mogu biti vodene disperzije sirovina koje nisu topljive u vodi. Osim kao otapalo, voda u vodenim lakovima služi kao razrjeđivač i sredstvo za pranje. Većinom svi vodeni lakovi sadrže malu količinu organskih otapala, najčešće do 10 % (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000).

Jednkomponentni vodeni lakovi sadrže od 2 % do 8 % organskih otapala, otvrdnjavaju fizikalno ishlapljivanjem vode i otapala. Filmovi vodenih premaza uglavnom se suše na sobnoj temperaturi. Dvokomponentni vodeni lakovi sadrže poliuretanske i akrilatne smole kao i razne dodatke dispergirane u vodi. Otvrdnjavaju fizikalno-kemijskim procesom, a sadrže do 4 % organskih otapala. Kod površinske obrade vodenim lakovima najviše se upotrebljava akrilat, odnosno akrilat-kopolimeri. Kopolimerizacijom se njihova svojstva mogu mijenjati i mogu se proizvoditi jeftinije od poliuretanskih disperzija. U tablici 2 navedene su prednosti i nedostaci vodenih premaznih materijala (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000).

Tablica 2. Prednosti i nedostaci vodenih premaznih materijala (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000)

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veći sadržaj suhe tvari u odnosu na premaze s organskim otapalima</li> <li>• Kraće vrijeme sušenja i otvrdnjavanja nego kod kiselootvrđavajućih i poliuretanskih premaza</li> <li>• Manje zagađenje zraka</li> <li>• Lako čišćenje alata</li> <li>• Dobra otpornost na svjetlost i abraziju</li> <li>• Lako se brusi</li> <li>• Nezapaljivost tekućeg premaza</li> <li>• Smanjena otrovnost i neugodan miris</li> <li>• Povećana sigurnost radnika</li> <li>• Minimalno opasan otpad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uzrokuju bubrenje drva</li> <li>• Osjetljivost na temperaturu i vlagu pri nanošenju</li> <li>• Jednokomponentni premazi imaju slabu otpornost na kemikalije</li> <li>• Uređaji za nanošenje moraju biti izrađeni od nehrđajućih materijala</li> <li>• Smanjena prozirnost i sjaj</li> <li>• Skloni pjenjenju</li> <li>• Zbog ekstrakтива u drvu može doći do neželjenog obojenja (hrastovina)</li> <li>• Smanjena živost teksture</li> <li>• Pažljivo skladištenje</li> </ul>

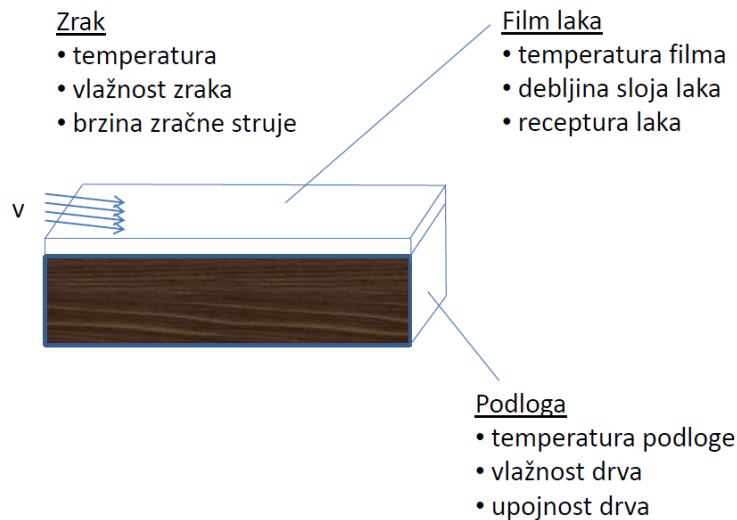
Pri radu s vodenim lakovima treba voditi računa da temperatura laka i obratka iznosi 20 do 23 °C, a relativna vlaga 40 do 65 %. Kada je temperatura niža od 20 °C neće doći do optimalnog stvaranja filma, a kada je obradak previše suh doći će do prebrzog sušenja laka te također neće doći do pravilnog stvaranja filma. Voda uzrokuje bubrenje drva, pa zbog toga nanoseni sloj vodenog laka mora biti tanji i brzo sušiv da bi se spriječilo izdizanja vlaknaca. Tako da se u praksi uvijek preporučuje premazati površinu više puta sa tanjim nanosom laka (Jioruš Rajković, 2019).

## 1.2. Metode sušenja laka

Sušenje laka u prostoru možemo podijeliti na prirodno i ubrzano sušenje u uređajima za sušenje.

Prirodno sušenje podrazumijeva da se lakovi nakon nanošenja ostave u toj istoj prostoriji gdje se odvija proces sušenja. Takvim načinom sušenja otvrdnuti premaz je dugovječniji. Problem kod sušenja u prostoriji pri sobnim uvjetima je isparavanje organskih otapala iz premaza, time zagađujemo radni prostor i okolinu, a može se i prouzročiti požar u dodiru sa zrakom, zbog toga u tim prostorijama je dobro imati ventilaciju kao bi se povećala cirkulacija svježeg zraka (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000).

Ubrzano sušenje predstavlja prelazak premaza iz tekućeg u čvrsto stanje uz dovođenje energije u vidu zagrijanog zraka ili zračenja. Kako bi ubrzali proces sušenja premaza koriste se razni postupci prijenosa topline (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000). S obzirom na prijenos topline razlikujemo: konvekcijsko sušenje i sušenje zračenjem. Kod konvekcijskog sušenja zrak dolazi do površine predmeta na koju je nanesen film premaza. Toplina se prenosi na film, zrak se hladi, a film zagrijava. Dio cirkulirajućeg zraka se odvodi, a umjesto njega se dovodi svježiji zrak kako bi se održala dozvoljena koncentracija isparenih para otapala. Sušenje zračenjem možemo još podijeliti prema vrsti energije zračenja na toplinsko zračenje (IR zračenje, mikrovalno zračenje) i zračenje koje stvara slobodne radikale (UV zračenje, zračenje elektronskim zrcima) (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000). Čimbenici sušenja i otvrdnjivanja lakova (slika 3) kao i sam sastav laka utječu na konačnu kvalitetu laka. Kod nedovoljno osušenog laka može doći do neželjenih grešaka, a ako se sušenje laka odvija predugo može se javiti krtost ili žućenja filma (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000).



Slika 3. Čimbenici koji utječu na sušenje i otvrdnjivanje lakova (Jioruš Rajković, 2012).

### 1.3. Utjecaj parametara sušenja na svojstva lakova

Nakon nanosa laka na površinu materijala dolazi do procesa prijelaza laka iz tekućeg u čvrsto stanje. Taj proces zovemo sušenje. Kako bi se omogućilo isparavanje otapala ili kemijske reakcije u premazu, sušenje može biti:

- Fizičko sušenje koje podrazumijeva isparavanje otapala i drugih pomoćnih materijala bez kemijske reakcije
- Kemijsko pri čemu se odvijaju kemijske reakcije koje vode umrežavanju polimera
- Kombinirano sušenje, kombinacija fizičko-kemijskog sušenja

Sušenje i otvrdnjivanje filma trebalo bi se odvijati uz što manji utrošak energije, bez nastajanja grešaka na filmu, u što kraćem vremenu i što ekonomičnije. Proces sušenja, ovisno o vrsti premaza, možemo i ubrzati povećanjem temperature (kojom možemo ubrzati sušenje većine premaza), zračenjem i dodatkom kemijskih sredstva (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000).

Vrijeme sušenja je parametar koji utječe na svojstva laka, te predstavlja potrebno vrijeme da premaz otvrdne do suhog stanja. Svaki premazni materijal drugačije reagira na trajanje sušenja. Prekratko vrijeme sušenja dovodi do razlijevanja premaza i slabe adhezije premaza. Neki od čimbenika koji utječu na vrijeme sušenja su: temperatura, relativna vlaga zraka i kemijski sastav premaznog materijala.

Temperatura je najvažniji čimbenik koji utječe na vrijeme sušenja laka. Temperatura djeluje različito na razne premaze. Premazi koji otvrdnjavaju kemijski temperaturom se ubrzava reakcija polimerizacije, dok pak kod fizičkog sušenja premaza zagrijavanjem se ubrzava isparavanje otapala. Povećanjem temperature skraćujemo proces sušenja, ali opet postoji granica maksimalne temperature koja se ne smije prijeći, jer može doći do površinskog pucanja premaza. Optimalne temperature za duže sušenje su između 50 i 60 °C (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000).

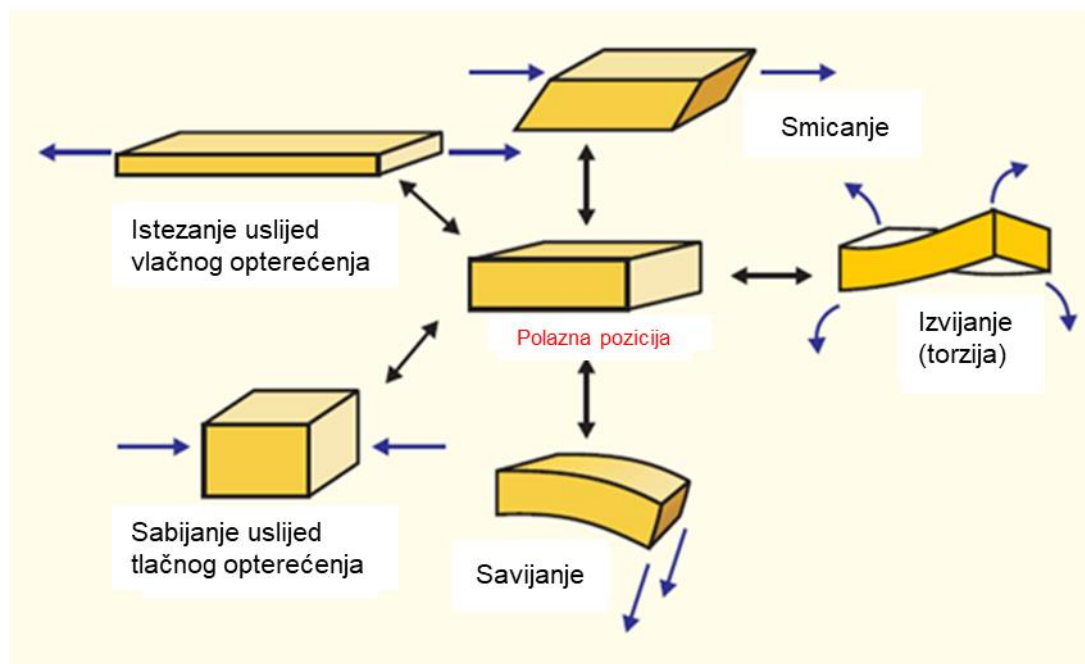
Relativna vlaga zraka također, utječe na svojstva laka zbog toga što prevelika vlažnost u zraku sprečava dobru adheziju laka na površini koju premazujemo (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000).

Kemijski sastav lakova je različit od vrste do vrste laka i zato postoje razlike u trajanju sušenja i svojstvima lakova. Razna otapala u laku se razlikuju, kako po vrsti tako i po kvaliteti. Neka otapala ispare prije, a neka kasnije što također utječe na trajanje sušenja (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000).

#### 1.4. Elastičnost lakova

Elastičnost je svojstvo materijala da pod djelovanjem vanjske sile mijenja svoj oblik, te da se nakon prestanka djelovanja te sile opet vrati u prvobitno stanje. Lakovi u čvrstom i tekućem stanju se ne ponašaju kao idealni elastični materijal. Lakovi pod utjecajem sile mijenjaju oblik, ali nakon prestanka djelovanje te sile ne vraćaju se u početni oblik (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000).

Film laka je izložen različitim deformacijama, kojima se treba oduprijeti, tako da mu se ne smanji uporabna vrijednost. Elastičnost je jedno od najvažnijih svojstva uz tvrdoću, koja nam određuje kvalitetu filma laka. Što je elastičnost veća, veća je i kvaliteta filma. Kod opterećenja filma premaza javljaju se različiti tipovi deformacija (slika 4).

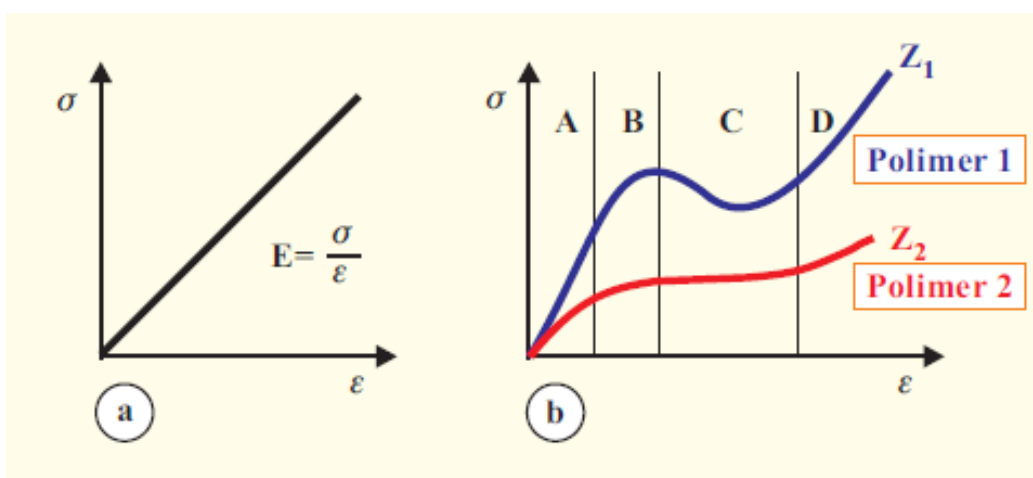


Slika 4. Tipovi deformacije filma (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000)

Kada mjerimo elastičnost nekih idealnih elastičnih tijela koristimo se Hook-ovim dijagramom naprezanja koji nam pokazuje odnos vlačnog naprezanja  $\sigma$  i relativnog produljenja  $\varepsilon$  (slika 5). To se označava kao modul elastičnosti  $E$ . Zbog djelovanja sile, materijal će se od početne duljine produljiti na neku određenu duljinu. To se može prikazati formulom gdje je  $\varepsilon$  konstantu,  $\Delta l$  produljenje i  $l$  izvorna dužina (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000).

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

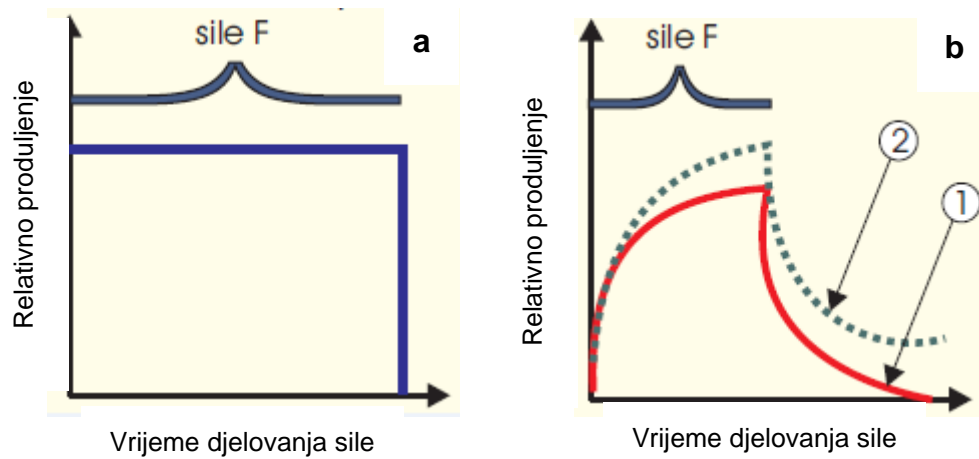
Kod filmova laka ne može se javiti takav jednostavan odnos. Linearna funkcija kod slobodnih filmova može se utvrditi samo na početku kada su sile male (slika 5b, zona A). Tek pri djelovanju većih sila lanac polimera se može promijeniti (slika 5b, zona B). U zoni C na slici 5b može doći do većih deformacija pri manjim silama jer dolazi do oslobođenja sekundarnih veza. U točki Z1 na slici 5b dolazi do pucanja filma jer je film u potpunosti izdužen (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000).



Slika 5. Dijagram idealno elastičnog tijela Hook-ov odnos (a) i polimera (b) (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000).

Vremenski utjecaj se treba također uzeti u obzir prilikom objašnjava elastičnosti filmova premaza. Na slici 6 prikazana je deformacija polimera i približno idealnog tijela u ovisnosti o vremenu i pri konstantnoj sili. Na slici vidimo da se idealno elastično tijelo deformira pri nemjerljivom vremenu, a pri prestanku djelovanja sile tijelo se vraća u prvobitno stanje, dok kod polimera to nije slučaj. Kod polimera ne dolazi do vraćanja

u prvobitno stanje, te se to može okarakterizirati kao plastična deformacija. Premazi se svrstavaju u viskoelastične materijale jer njihovo naprezanje ovisi o brzini ili vremenu deformacija (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000).



Slika 6. Istezanje idealno elastičnog tijela (a) i polimera (viskoelastičnog tijela) (b) (Jajić i Živanović-Trbojević, 2000).



## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

U ovom radu su se ispitivali utjecaji temperature sušenja i trajanja sušenja na elastičnost premaza na bazi vode i premaza na bazi organskih otapala. Istraživanje je obuhvatilo mjerenje debljine suhog filma te parametara elastičnosti (sila loma, produljenje i vlačna čvrstoća) filmova premaza osušenih prirodnim putem i pri povišenoj temperaturi u sušioniku. Međusobnom usporedbom svih dobivenih podataka želio se utvrditi utjecaj različitih načina sušenja i trajanja kondicioniranja na elastičnost različitih premaza.

### 3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Uzorci lakova

Za ispitivanje je korišteno pet vrsta lakova, četiri laka na bazi vode i jedan na bazi organskih otapala. Nakon nanošenja lakova na podlogu korištene su tri različite metode sušenja, sušenje na sobnoj temperaturi od  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , sušenje u sušioniku na temperaturi  $40 ^\circ\text{C}$  u trajanju od 1 sata i sušenje u sušioniku na temperaturi od  $40 ^\circ\text{C}$  u trajanju od 4 sata. Svi lakovi koji su nanoseni na podlogu ispitivani su nakon što su kondicionirani na sobnoj temperaturi od  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  i relativnoj vlazi zraka od  $(55 \pm 5) \%$  u trajanju od 2 dana, 7 dana i 2 mjeseca.

##### 3.1.1. Lakovi na bazi vode

###### a) Swingcolor pigmentirani



Slika 7. Swingcolor vodeni lak plavi

Prema tehničkoj specifikaciji to je akrilni lak na bazi vode (slika 7) otporan na udarce koji se može koristiti za drvo, metal i pvc. Sastojci laka su akrilatna disperzija, titanov dioksid, organski/anorganski obojeni pigmenti, voda, glikoli, aditivi, konzervansi (metil i benzisotiazolinon). Neproziran je i vrlo otporan na žućenje, prikladan je za prozore, vrata, ploče, profilirano drvo, itd. Ne smije se koristiti na nižim temperaturama od  $5 ^\circ\text{C}$ , potrošnja laka je 70 do  $80 \text{ ml/m}^2$  po sloju. Lak na površini je suh nakon otprilike 1 sata, sljedeći sloj se može nanositi nakon otprilike 10 - 12 sati. Niže temperature i/ili veća vlaga zraka u prostoru produžuju vrijeme sušenja. Kod

pripreme i nanošenja laka na podlogu preporučuje se promiješati lak, podloga mora biti suha te očišćenja od prašine i masti. Swingcolor lakovi se mogu nanositi bez temeljnog premaza (Bauhaus 1, 18/7/2020, url).

#### b) Swingcolor prozirni

Prema tehničkoj specifikaciji to je prozirni akrilni lak na bazi vode (slika 8) koji se primjenjuje na prozorima, vratima, ogradama, profiliranom drvu itd. Sastojci laka su akrilatna disperzija, organska punila, voda, glikoli, aditivi, konzervansi. Temperatura obrade ne smije biti niža od 5 °C, gustoća laka je 1,3 g/cm<sup>2</sup>, a potrošnja laka je 70 - 80 ml/m<sup>2</sup> po sloju. Ako je potrebno lak se može razrijediti sa maksimalno 5 % vode. Preporučuje se da se ne nanosi na jako istrošene površine. Lakirana površina se osuši nakon otprilike 1 sata, a nakon 10 sati se može ponovo lakirati. Podloga prije nanošenja mora biti očišćena i odmašćena, ako se lak stavlja na već prije lakirane površine, te površine se moraju također detaljno očistiti, te se mora ukloniti stari premaz. Čišćenje alata nakon upotrebe moguće je mlakom vodom i sapunom, a za skladištenje laka potrebno je suho i hladno mjesto, ali ne ispod 5 °C (Bauhaus 2, 18/7/2020, url).



Slika 8. Swingcolor prozirni

## c) Chromoden aqua 2K

Prema tehničkoj specifikaciji Chromoden aqua 2K lak (slika 9) je poliuretanski dvokomponentni vodeni bezbojni polumat lak s specijalnim dodacima. Najviše se upotrebljava za zaštitu i dekoraciju parketa i drugih drvnih obloga u prostorima srednje do jake opterećenosti (uredi, dvorane, hodnici, vrtići, itd). Chromoden aqua 2K lak je izuzetno dugotrajan i otporan na habanje, odlikuje se visokom tvrdoćom, lako se održava i otporan je na blaže kemikalije. Prije upotrebe laka podloga treba biti suha, očišćena od masnoća i mrlja. Prije primjene potrebno je dobro promiješati svaku komponentu laka posebno. Lak i kontakt potrebno je pomiješati u čistoj i suhoj plastičnoj posudi, u volumnom omjeru 10:1. (CHROMODEN AQUA 2K LZP PU 560 A POLUMAT : CHROMODEN AQUA KONTAKT ZA 2K LZP). Lak je osušen i spreman za rukovanje nakon 4 sata, a nakon 48 sati je potpuno suh (Chromos 1, 18/7/2020, url).



Slika 9. Chromode aqua 2K

## d) 1K ECO-FINISH

Prema tehničkoj specifikaciji 1K ECO-FINISH (slika 10) je jednokomponentni vodeni lak na bazi poliuretana. Lak je ekološki prihvatljiv, bez mirisa, brzo suši, te ima izuzetno dobra svojstva pokrivanja. Sadrži suhe tvari u laku iznosi 35,48 %, sadržaj organskih otapala 4,19 % i vode 58,92 %. Upotrebljava se za parkete i sve vrste drvnih podova. Površina prije nanošenja laka more biti očišćena i površinski fino obrađena. Pri obnavljanju površine ovim lakom, stari lak je potrebno skinuti i nakon toga ponovo prebrusiti podlogu. Prije upotrebe potrebno ga je dobro promiješati. (Jordan Lacke, 09/08/2020, url).



Slika 10. 1K ECO-FINISH

### 3.1.2. Lakovi na bazi organskih otapala

#### a) Chromoden 2K PU

Prema tehničkoj specifikaciji Chromoden 2K PU lak (slika 11) je otapalni poliuretanski dvokomponentni bezbojni lak za visokokvalitetnu zaštitu i dekoraciju parketa i drugih drvnih obloga kada se želi dobiti zaštitni lak smanjenog ili svilenkastog sjaja. Koristi za površinsku obradu parketa i drvnih podova u prostorima jačeg opterećenja. Izuzetno je dugotrajan i otporan na habanje, ima visoku tvrdoću i punoću filma. Sadržaj suhe tvari mu je oko 50 %, a gustoća oko 1000 kg/m<sup>3</sup>. Podloga treba biti suha, očišćena od masnoća i eventualnog starog laka te obrušena. Lak se sastoji od dvije komponente koje se miješaju u omjeru 1:1 prije uporabe potrebno je promiješati svaku pojedinu komponentu u čistoj i suhoj posudi, zatim svaku od komponenti treba uliti u jednu posudu u omjerima 1:1 pa potom ponovo promiješati. Podloga je spremna za rukovanje nakon 24 sata, a potpuno suha je za 48 sati. Utrošak laka je oko 10 m<sup>2</sup>/l smjese u jednom sloju (Chromos 2, 18/7/2020, url).



Slika 11. Chromoden 2K PU

### 3.2. Priprema slobodnih filmova

Kao podlogu za nanošenje slobodnih filmova koristile su se plastične (slika 12) i staklene ploče (slika 13). Plastične ploče su bile od polipropilena i polietilena i one su se koristile za pripremu slobodnih filmova koji su se sušili u sušioniku, a na staklenim pločama su bili filmovi koji su se sušili prirodno. Prije početak samog nanosa filmova ploče su detaljno očišćene acetonom od prašine i zaostalog starog laka.



Slika 12. Plastična ploča



Slika 13. Staklena ploča

Lakovi su se na ploče nanosili ručnim aplikatorom (slika 14). Aplikator omogućuje da lak nanese ravnomjerno po cijeloj površini u željenoj debljini. Za provjeru debljine nanosa laka koristili su se mjerni listići (slika 15). Svaki mjerni listić je kalibriran na određenu debljinu, a gurajući te listiće sa željenim debljinama postavljamo veličinu otvora na aplikatoru.



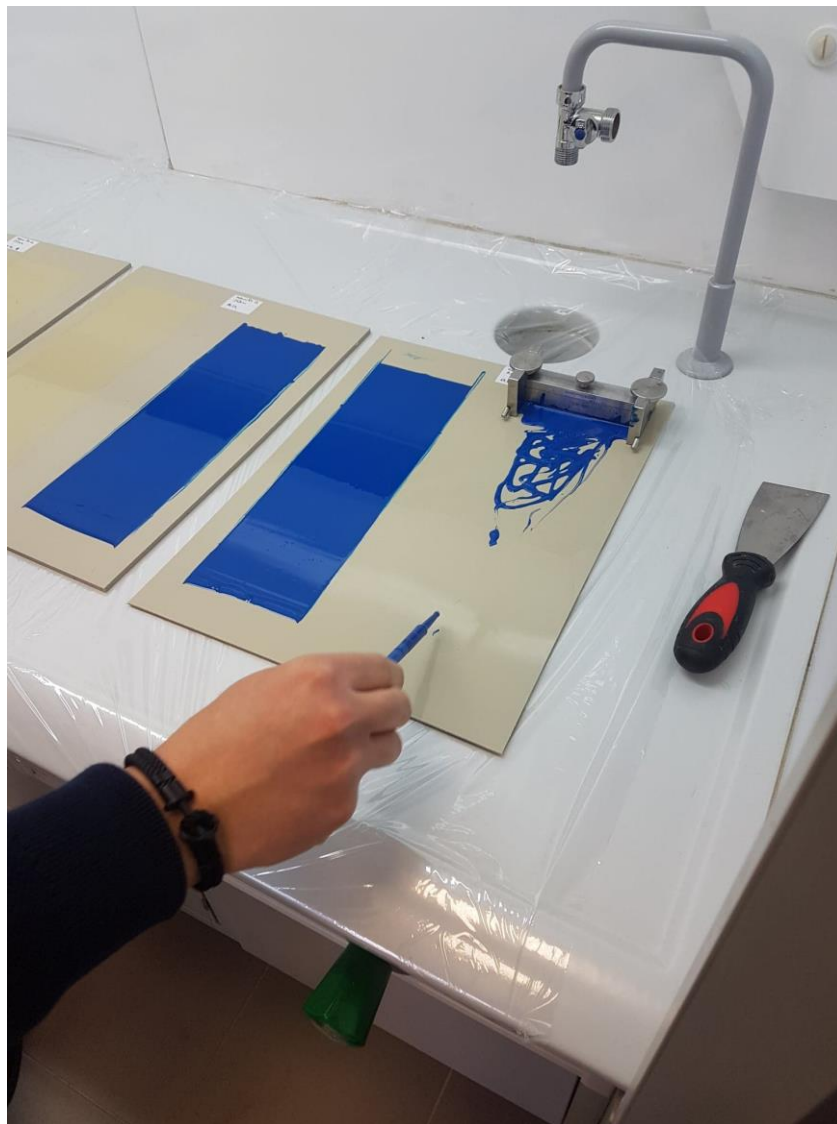
Slika 14. Aplikator



Slika 15. Mjerni listići



Lakovi su prije nanošenja dobro promiješani, a zatim se pipetom uzela određena količina laka iz posude te polako ispuštali ispred aplikatora koji se lagano vukao po površini (slika 16). Za svaki lak koristila se nova pipeta i pripremljena su tri, približno ravna filma. Bitno je naglasiti da nakon završetka nanosa jednog laka i prije početka nanosa sljedećega na podlogu, aplikator se trebao detaljno očistiti kako ne bi došlo do sljepljivanja i skrućivanja možebitnih ostataka laka na njemu. Dimenzije filmova koji su se nanosili su bile oko 40 centimetara u dužinu i oko 10 centimetara u širinu. Svaki od ovih pet lakova koji su se koristili za ispitivanje imao je unaprijed određenu mokru debljinu nanosa (tablica 3) koju aplikatorom nanosimo na ploču kao bi bile što sličnije suhe debljine između lakova nakon sušenja.



Slika 16. Nanošenje laka na podlogu



Tablica 3. Mokra debljina fima ispitivanih lakova

Lak	Mokra debljina ( $\mu\text{m}$ )
Swingcolor pigmentirani	250
Swingcolor prozirni	430
Chromoden aqua 2K	430
Vodeni pu 1K	250
Chromoden 2K otapalni	350

Po završetku nanosa lakova, oni filmovi koji su se sušili prirodno u laboratoriju na konstantnoj temperaturi od  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  stavljeni su na police, a filmovi koji su se sušili na povišenoj temperaturi su stavljeni u sušionik (slika 17) koji je već bio zagrijan na  $40 ^\circ\text{C}$ . Ploče s lakovima su stavljanje u sušionik na podložne letvice kako se filmovi ne bi dodirivali i zalijepili tijekom procesa sušenja. Jedan dio filmova sušio se u sušioniku 1 sat, a drugi dio filmova 4 sata.



Slika 17. Sušionik

Nakon završetka sušenja u sušioniku ploče s lakovima su se kondicionirale pri  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  i relativnoj vlazi zraka  $(50 \pm 5) \%$ , 2 dana, 7 dana i 2 mjeseca. Na svakoj ploči iznad filmova naznačene su oznake o režimu i načinu sušenja, te vrsti laka.

### 3.3. Priprema uzoraka slobodnih filmova za ispitivanje

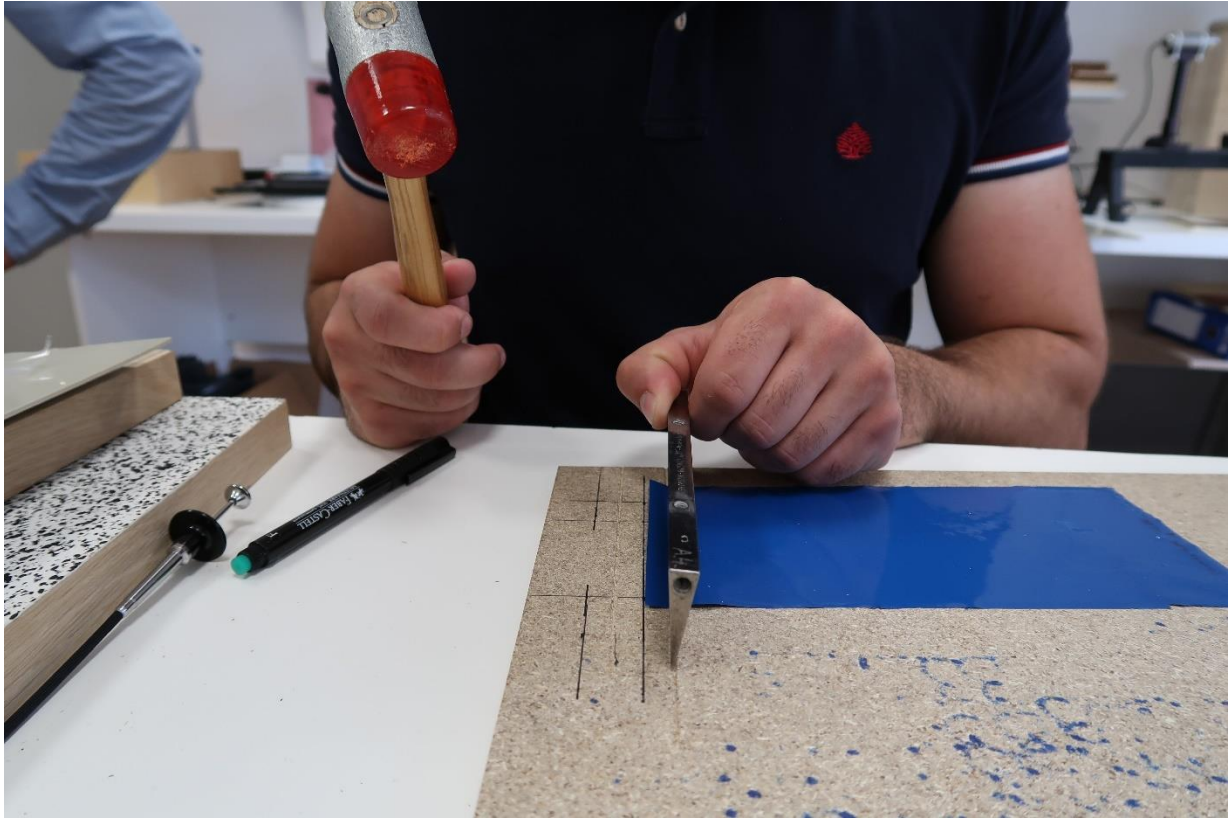
Nakon kondicioniranja u vremenskom periodu od 2 dana, 7 dana i 2 mjeseca pri  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  i  $(50 \pm 5) \%$  relativne vlage zraka, slobodni filmovi su pažljivo odvojeni s ploča pomoću skalpela. Slobodni film se prvo zareže na krajevima, pa zatim po rubovima, te se jednom rukom lagano prime za početak filma i polako odljepljuje. Filmovi koji su nanoseni na plastične ploče su se odlijepili puno lakše, nego oni na staklu. Vodeni PU 1K lak koji je bio nanosen na staklo i sušen prirodnim putem nije se dao odvojiti, bio je vrlo krut i pucao je (slika 18). Zbog toga je bio izuzet iz ispitivanja. Svi ostali filmovi na svim ostalim podlogama su se odvojili i dalje se pripremali za ispitivanje.



Slika 18. Vodeni PU 1K lak na staklu nakon sušenja

Iz odvojenih slobodnih filmova pripremljeno je za svaki lak 20 uzorka dimenzija  $10 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$  pomoću čeličnog noža (slika 19). Od tih 20 uzorka izabrano je 10 uzoraka za ispitivanje. Kao podloga za rezanje filma poslužila je ploča iverice na kojoj je bila ucrtana šablona s dimenzijama uzoraka. Film se postavio na šablonu, zatim se

na označenom mjestu pritisnuo nož te se pomoću udarca čekića po nožu izrezao uzorak. Na svaki uzorak napisan je redni broj, oznaka vrste laka, vrste sušenja te trajanje kondicioniranja.



Slika 19. Nož za izrezivanje uzoraka

### 3.4. Mjerenje debljine suhog filma

Debljina suhog filma jedna je od važnijih karakteristika pri određivanju kvalitete premaznog materijala. Mjerenje debljine suhog filma provedeno je pomoću komparatora (slika 20).

Komparator je mjerni instrument za mjerenje debljine filma koji se sastoji od:

- Postolja (stalak)
- Mjerna ure (digitalna)
- Mjernog ticala
- Pristroja za spuštanje i podizanje mjernog ticala

Uzorak se lagano postavio na postolje, te se je lagano spustilo ticalo komparatora na sredinu trakice nakon čega se očitala suha debljina filma na mjernoj uri. Suha debljina filma se izražavala u mikrometrima i zapisivala na svaki izmjereni uzorak.



Slika 20. Komparator



### 3.5. Ispitivanje elastičnosti

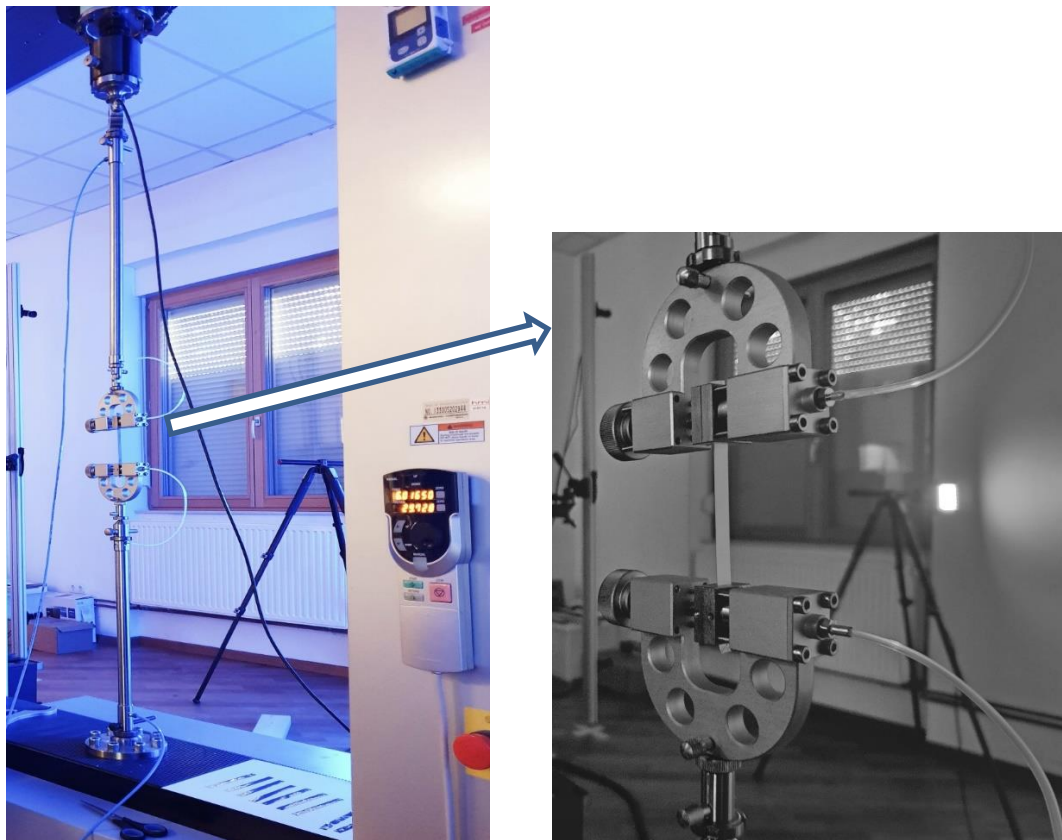
Elastičnost slobodnih filmova se ispitala na kidalici naziva Shimadzu (slika 21). Na kidalici, uzorci su bili podvrgnuti vlačnom naprezanju sve do pojave loma kako bi se analizirale elastične i plastične promjene materijala u uvjetima jednoosnog opterećenja. Ispitivanjem se kontinuirano mjerila sila i produljenje uzorka slobodnog filma. Na osnovu dobivenih parametara određuju se mehanička svojstva koja karakteriziraju otpornost materijala prema deformaciji (Marinčič, 2019).



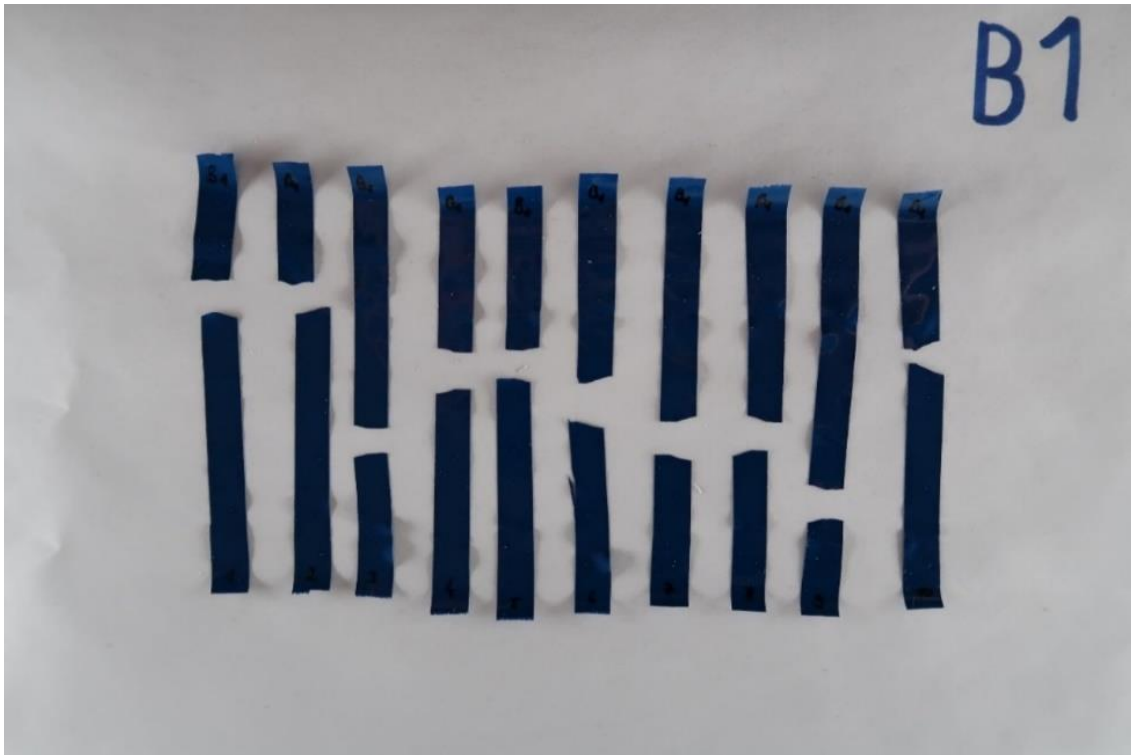
Slika 21. Kidalica Shimadzu

Za svaki lak pripremljena su tri filma kako bi se izabrali uzorci bez vidljivih grešaka i ujednačene debljine. Izbacili su se uzorci s pukotinama i ogrebotinama, te uzorci koji su imali vidljiva zadebljanja na dijelovima filma koja su se dogodila tijekom sušenja u sušioniku. Iz ispitivanja su izostavljena tri filma vodenog PU 1K laka koji je bio nanesen na staklo i sušio se prirodnim putem, jer se nije dao odvojiti od podloge.

Prije samog početka ispitivanja, na okvir kidalice montirane su zračne čeljusti kojima se prihvatio uzorak (slika 22). Debljine svakog pojedinog uzorka upisane su u program te je zadana brzinu razmicanja čeljusti na kidalici od 10 mm/min. Postavljeni razmak između čeljusti je bio 40 mm. Nakon što je uzorak učvršćen pomoću zračnih čeljusti započeto je ispitivanje. Tijekom samog procesa ispitivanja računalo je bilježilo silu i produljenje uzorka, a na kraju kada je uzorak puknuo (slika 23) računalo je obradilo podatke i ispisalo rezultate na ekranu. Ovim ispitivanjem izmjerila se sila loma, produljenje i vlačna čvrstoća za svaki uzorak.



Slika 22. Uzorak slobodnog filma u čeljustima kidalice



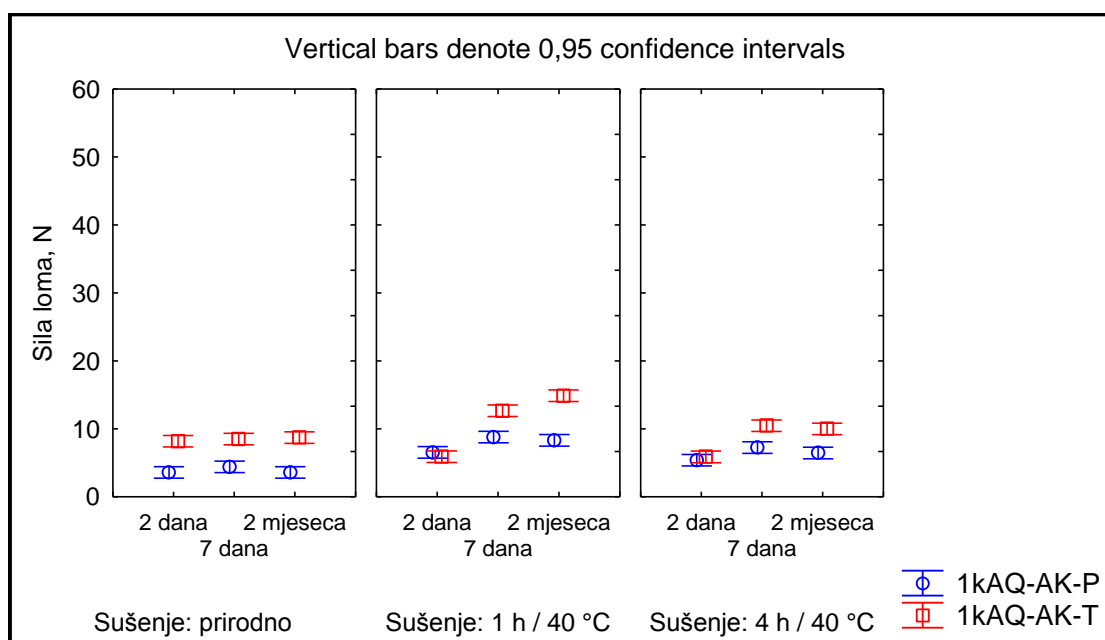
Slika 23. Primjer puknutih uzoraka

## 4. REZULTATI I DISKUSIJA

Na prikazu rezultata prirodnog sušenja poliuretanskih lakova nema podataka za jednokomponentni vodeni poliuretanski lak jer se on nije dao odvojiti s podloge nakon sušenja. Kod sušenja u sušioniku nakon 4 sata i kondicioniranja od 7 dana također kod poliuretanskih lakova prikazani su rezultati samo za dvokomponentni vodeni poliuretanski laka, zbog toga što je jednokomponentni vodeni poliuretanski lak tijekom odljepljivanja s podloge pucao, a dvokomponentni otapalni poliuretanski lak se nije mogao ispitati jer su se uzorci čupali iz kliješta kidalice, te kidalica nije mogla očitati rezultate.

### 4.1. Utjecaj vrste i vremena sušenja na silu loma

Na slici 24 vidljivo je da postoji razlika u sili loma između pigmentiranog i prozirnog laka s obzirom na vrstu i vrijeme sušenja. Može se vidjeti da veću silu loma ima prozirni vodeni poliakrilatni lak od pigmentiranog vodenog poliakrilatnog laka nakon prirodnog sušenja bez obzira na trajanje kondicioniranja.



Slika 24. Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na silu loma vodenih lakova na bazi poliakrilata (1kAQ-AK-P: pigmentirani lak, 1kAQ-AK-T: prozirni lak)



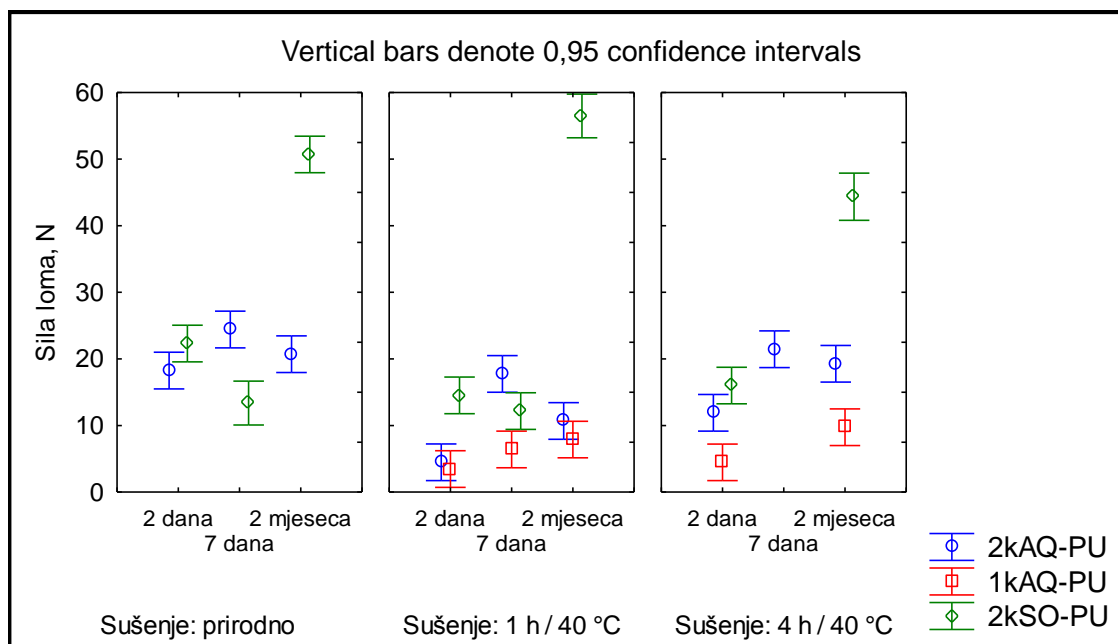
Nadalje, sušenjem lakova u sušioniku i kondicioniranjem 2 dana sila loma je gotovo jednaka za obje vrste laka, dok je kondicioniranje od 7 dana i 2 mjeseca uzoraka sušenih u sušioniku 1 i 4 sata uzrokovalo povećanje sile lome i to više na prozirnem vodenom poliakrilatnom laku nego na pigmentiranom vodenom poliakrilatnom laku.

Usporedimo li sile loma vodenih lakova sušenih prirodno i u sušioniku može se vidjeti da se sušenjem u sušioniku povećala sila loma pigmentiranog vodenog poliakrilatnog laka bez obzira na vrijeme kondicioniranja. Međutim, na prozirnem poliakrilatnom laku veća sila loma zabilježena je na uzorcima sušenim u sušioniku i kondicioniranim 7 dana i 2 mjesec nego na prirodno sušenim uzorcima, dok je na uzorcima kondicioniranim 2 dana veća sila loma zabilježena na prirodno sušenim uzorcima nego na uzorcima sušenim u sušioniku.

Povećanje vremena sušenja u sušioniku s 1 na 4 sata nije imalo izražen utjecaj na silu loma, jedino je na uzorcima prozirnog laka kondicioniranih 7 dana i 2 mjeseca i sušenih 1 sat zabilježena nešto veća sila loma nego na uzorcima sušenim 4 sata. Samo kondicioniranje uzoraka nema nikakav utjecaj na uzorke vodenog poliakrilatnog laka sušene prirodnim putem, dok se na uzorcima sušenim u sušioniku povećala sila loma s produljenjem kondicioniranja. To povećanje sile loma izraženije je između 2 i 7 dana nego između 7 dana i 2 mjeseca kondicioniranja.

Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na silu loma lakova na bazi poliuretana (dvokomponentni vodeni lak, jednokomponentni vodeni lak i dvokomponentni otapalni lak) prikazan je na slici 25. Vidljivo je da kondicioniranje uzoraka od 2 mjeseca ima jako veliki utjecaj na povećanje sile lome otapalnog poliuretanskog laka. Nadalje, može se vidjeti da su nešto manje vrijednosti sile loma na uzorcima kondicioniranim 2 i 7 dana i sušenim u sušioniku 1 sat u odnosu na uzorke sušene prirodno i 4 sata u sušioniku. Kondicioniranje je imalo veći utjecaj na otapalni poliuretanski lak u odnosu na vodene poliuretanske lakove. Na dvokomponentnom vodenom poliuretanskom laku karakteristično je da se bez obzira na vrstu sušenja sila loma povećava tijekom kondicioniranja između 2 i 7 dana te se smanjuje tijekom kondicioniranja između 7 dana i 2 mjeseca. Za razliku od vodenog laka, na dvokomponentnom otapalnom poliuretanskom laku sila loma se smanjila nakon kondicioniranja između 2 i 7 dana, a povećala se između 7 dana i 2 mjeseca. Može

se zaključiti da veći utjecaj na poliuretanske lakove ima trajanje kondicioniranja od vrste sušenja.



Slika 25. Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na silu loma lakova na bazi poliuretana (2kAQ-PU: dvokomponentni vodeni lak, 1kAQ-PU: jednokomponentni vodeni lak, 2kSO-PU: dvokomponentni otapalni lak)

Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na silu loma lakova na bazi poliuretana (dvokomponentni vodeni lak, jednokomponentni vodeni lak i dvokomponentni otapalni lak) prikazan je na slici 25. Vidljivo je da kondicioniranje uzoraka od 2 mjeseca ima jako veliki utjecaj na povećanje sile lome otapalnog poliuretanskog laka. Nadalje, može se vidjeti da su nešto manje vrijednosti sile loma na uzorcima kondicioniranim 2 i 7 dana i sušenim u sušioniku 1 sat u odnosu na uzorke sušene prirodno i 4 sata u sušioniku. Kondicioniranje je imalo veći utjecaj na otapalni poliuretanski lak u odnosu na vodene poliuretanske lakove. Na dvokomponentnom vodenom poliuretanskom laku karakteristično je da se bez obzira na vrstu sušenja sila loma povećava tijekom kondicioniranja između 2 i 7 dana te se smanjuje tijekom kondicioniranja između 7 dana i 2 mjeseca. Za razliku od vodenog laka, na dvokomponentnom otapalnom poliuretanskom laku sila loma se smanjila nakon kondicioniranja između 2 i 7 dana, a povećala se između 7 dana i 2 mjeseca. Može

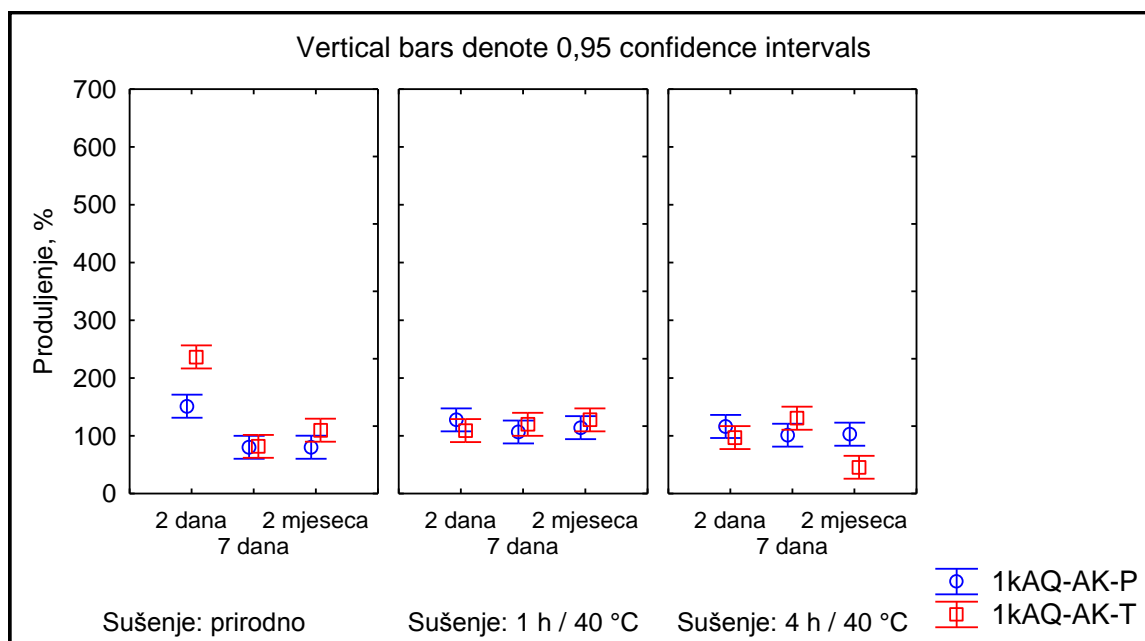
se zaključiti da veći utjecaj na poliuretanske lakove ima trajanje kondicioniranja od vrste sušenja.

Usporedimo li rezultate sile loma poliakrilatnih i poliuretanskih lakova može se vidjeti da su puno manja rasipanja rezultata vidljiva na poliakrilatnim lakovima. Osim toga, vidljivo je da kondicioniranje ima dosta manji utjecaj na silu loma poliakrilatnih lakova u odnosu na poliuretanska lakove.

#### **4.2. Utjecaj vrste i vremena sušenja na produljenje**

Na slici 26 prikazan je utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na produljenje vodenih lakova na bazi poliakrilata (1kAQ-AK-P: pigmentirani lak, 1kAQ-AK-T: prozirni lak). Iz slike je vidljivo da je najveće produljenje kod prirodnog sušenja i kondicioniranja nakon 2 dana i za pigmentirani i za prozirni lak, s time da je produljenje veće kod pigmentiranog laka. Nakon kondicioniranja od 7 dana i 2 mjeseca kod prirodnog sušenja produljenje je manje u odnosu na 2 dana, te je za oba laka podjednako. Kod sušenja u sušioniku od 1 i 4 sata produljenje je kod oba laka slično, jedino se kod sušenja od 4 sata nakon kondicioniranja od 2 mjeseca smanjuje produljenje kod pigmentiranog u odnosu na prozirni lak.

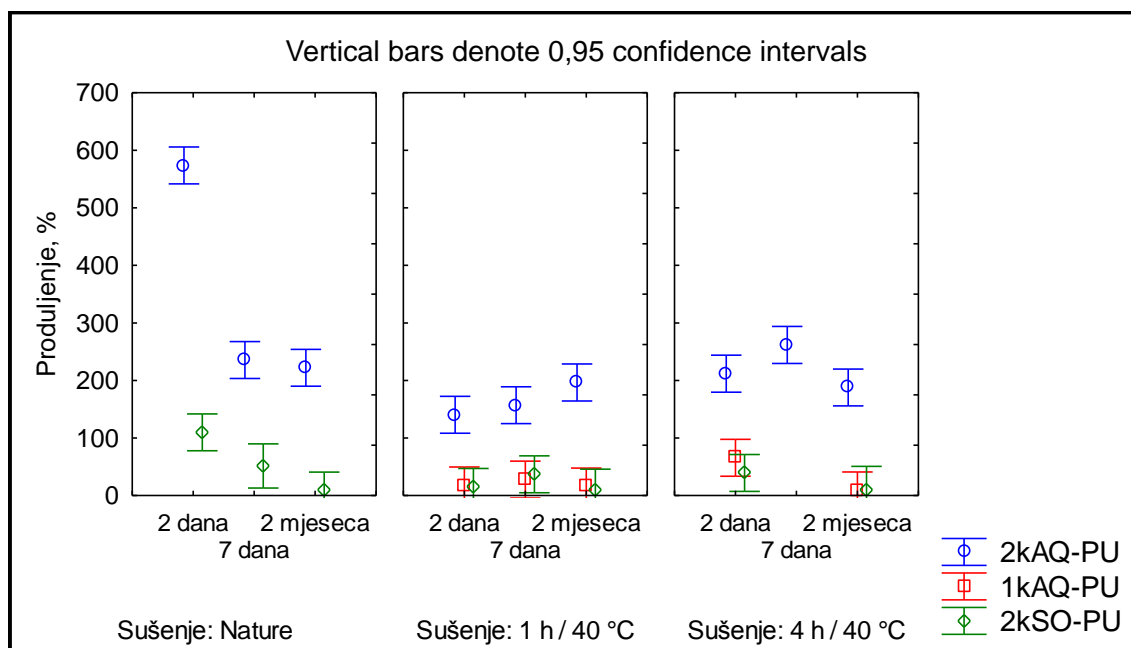
Usporedimo li poliakrilatne lakove nakon sušenja u sušioniku od 1 i 4 sata može se vidjeti da vrijeme kondicioniranja i vrijeme sušenja nema veliki utjecaj na produljenje. Međutim, kod prirodnog sušenja vidi se da vrijeme kondicioniranja ima veći utjecaj na produljenje kod sušenja u sušioniku.



Slika 26. Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na produljenje vodenih lakova na bazi poliakrilata (1kAQ-AK-P: pigmentirani lak, 1kAQ-AK-T: prozirni lak)

Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na produljenje lakova na bazi poliuretana (dvokomponentni vodeni lak, jednokomponentni vodeni lak i dvokomponentni otapalni lak) prikazan je na slici 27. Na slici je vidljivo da dvokomponentni vodeni lak ima najveće produljenje nakon prirodnog sušenja i to kod kondicioniranja od 2 dana, dok se dvokomponentnom otapalnom laku nije jako promijenilo produljenje i nakon 2 mjeseca kondicioniranja.

Pri 1 sat sušenja u sušioniku vidi se postepeno povećanje vrijednosti produljenja s dužim vremenom kondicioniranja kod dvokomponentnog vodenog laka, dok jednokomponentni vodeni lak i dvokomponentni otapalni lak imaju slično produljenje, od 2 dana do 7 dana kondicioniranja produljenje im raste, dok od 7 dana do 2 mjeseca produljenje im se smanjuje.



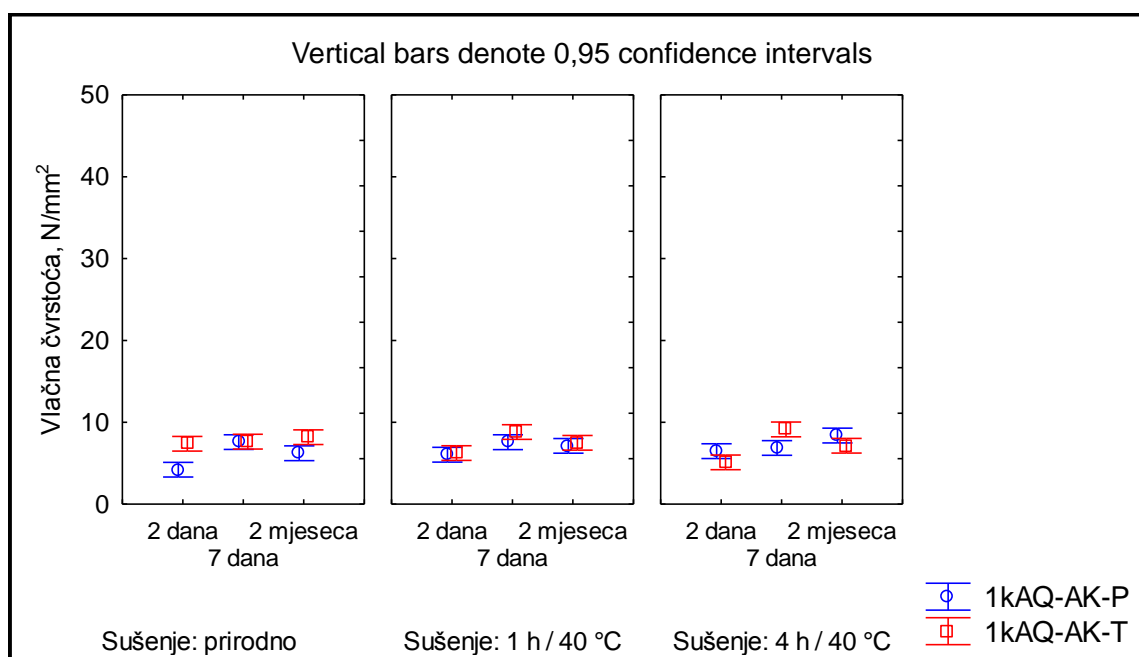
Slika 27. Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na produljenje lakova na bazi poliuretana (2kAQ-PU: dvokomponentni vodeni lak, 1kAQ-PU: jednokomponentni vodeni lak, 2kSO-PU: dvokomponentni otapalni lak)

Kod sušenja u sušioniku na 4 sata jednokomponentni vodeni lak također, ima najveće produljenje, ali se produljenje ne povećava postepeno s povećanjem vremena kondicioniranja, nego raste od 2 do 7 dana pa zatim od 7 dana do 2 mjeseca opada. Jednokomponentni vodeni lak i dvokomponentni otapalni lak imaju slično produljenje, ali najveće produljenje im je kod najkraćeg vremena kondicioniranja od 2 dana.

Usporedimo li rezultate produljenja poliakrilatnih i poliuretanskih lakova može se vidjeti da kondicioniranje i način sušenja ima dosta manji utjecaj na produljenje poliakrilatnih lakova u odnosu na poliuretanska lakove.

### 4.3. Utjecaj vrste i vremena sušenja na vlačnu čvrstoću

Na slici 28 vidljivo je da ne postoji velika razlika u vlačnoj čvrstoći između pigmentiranog i prozirnog vodenog laka s obzirom na vrijeme kondicioniranja. Nadalje, vidi se da vrsta i vrijeme sušenja utječe na blago povećanje vlačne čvrstoće pigmentiranog vodenog laka, dok na prozirnog vodenom laku nije vidljiv utjecaj vrste i vremena sušenja na vlačnu čvrstoću.

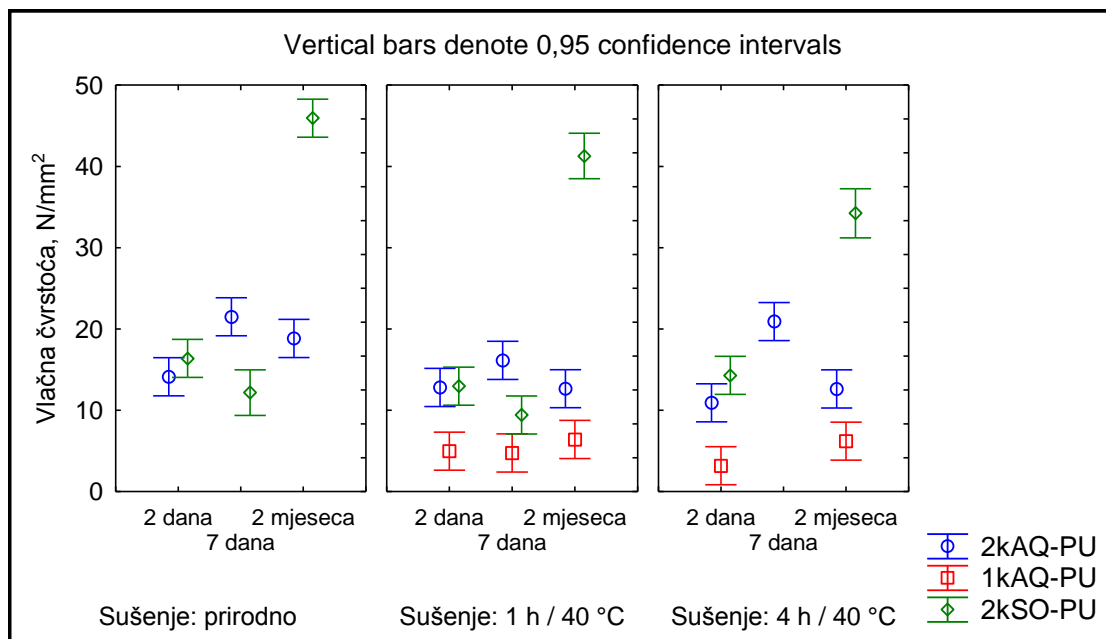


Slika 28. Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na vlačnu čvrstoću vodenih lakova na bazi poliakrilata (1kAQ-AK-P: pigmentirani lak, 1kAQ-AK-T: prozirni lak)

Na slici 29 prikazan je utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na vlačnu čvrstoću vodenih lakova na bazi poliuretana (dvokomponentni vodeni lak, jednokomponentni vodeni lak, dvokomponentni otapalni lak). Iz slike vidimo da kondicioniranje uzoraka od 2 mjeseca ima jako veliki utjecaj na povećanje vlačne čvrstoće otapalnog poliuretanskog laka. Kondicioniranje je imalo veći utjecaj na otapalni poliuretanski lak u odnosu na vodene poliuretanske lakove. Kod dvokomponentnog vodenog poliuretanskog laka karakteristično je da se bez obzira na vrstu sušenja vlačna čvrstoća povećava tijekom kondicioniranja između 2 i 7 dana te se smanjuje tijekom kondicioniranja između 7 dana i 2 mjeseca. Utjecaj vrste i

vremena sušenja nema veliki utjecaj na vlačnu čvrstoću jednodokomponentnog vodenog laka.

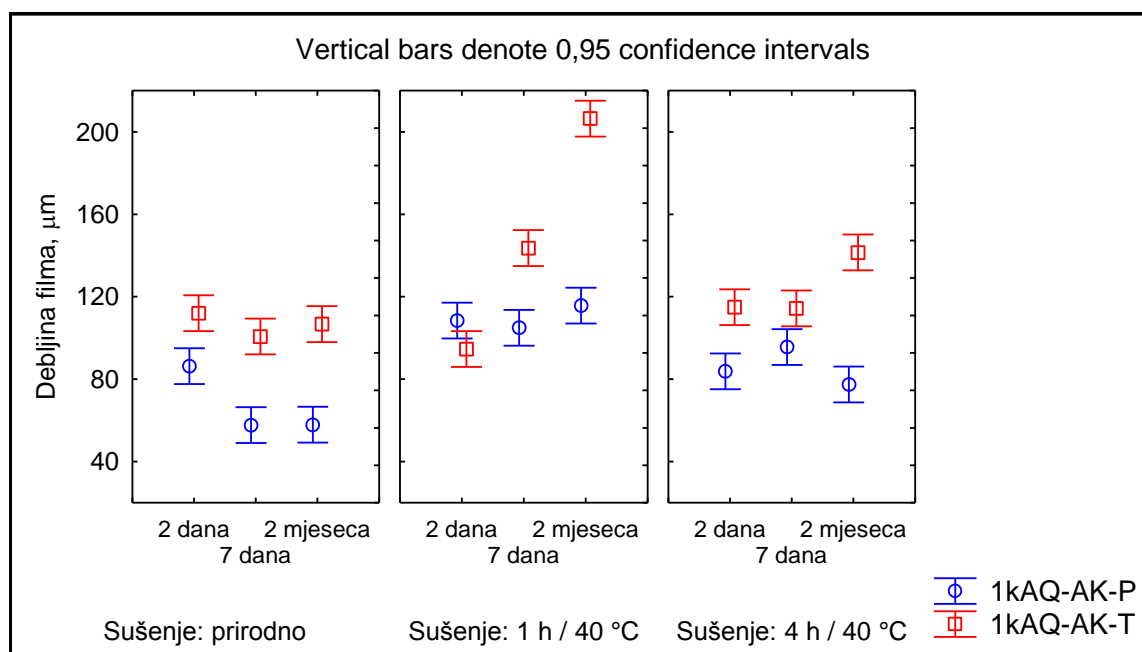
Usporedimo li rezultate vlačne čvrstoće poliakrilatnih i poliuretanskih lakova može se vidjeti da kondicioniranje, vrsta i vrijeme sušenja imaju dosta manji utjecaj na vlačnu čvrstoću poliakrilatnih lakova u odnosu na poliuretanska lakove.



Slika 29. Utjecaj vrste, trajanje sušenja i trajanje kondicioniranja na vlačnu čvrstoću lakova na bazi poliuretana (2kAQ-PU: dvokomponentni vodeni lak, 1kAQ-PU: jednodokomponentni vodeni lak, 2kSO-PU: dvokomponentni otapalni lak)

#### 4.4. Utjecaj vrste i vremena sušenja na debljinu slobodnog filma

Na slici 30 vidimo da je postoji razlika u debljini slobodnog filma između pigmentiranog i prozirnog vodenog laka s obzirom na vrstu i trajanje sušenja i kondicioniranja. Vidi se da je debljina prozirnog laka veća u odnosu na pigmentirani lak kod svih režima i načina sušenja osim kod sušenja od 1 sata i kondicioniranja od 2 dana gdje je to obrnuto. Nadalje, kod prirodnog sušenja najveća je debljina kod kondicioniranja od 2 dana, pa potom se smanjuje od 2 do 7 dana, a od 7 dana do 2 mjeseca nema velike razlike. Nadalje, kod sušenja u sušioniku vrijeme sušenja ima utjecaja na debljinu slobodnog filma, kod sušenja od 1 sata debljina filma je veća, nego kod sušenja u trajanju od 4 sata. Vidi se da vrijeme kondicioniranja ima veliki utjecaj na prozirni vodeni lak sušen 1 sat u sušioniku, kojemu se debljina povećava s dužim vremenom kondicioniranja. Kod sušenja u sušioniku od 4 sata debljina filma prozirnog vodenog laka također se povećava s produljenjem kondicioniranja.

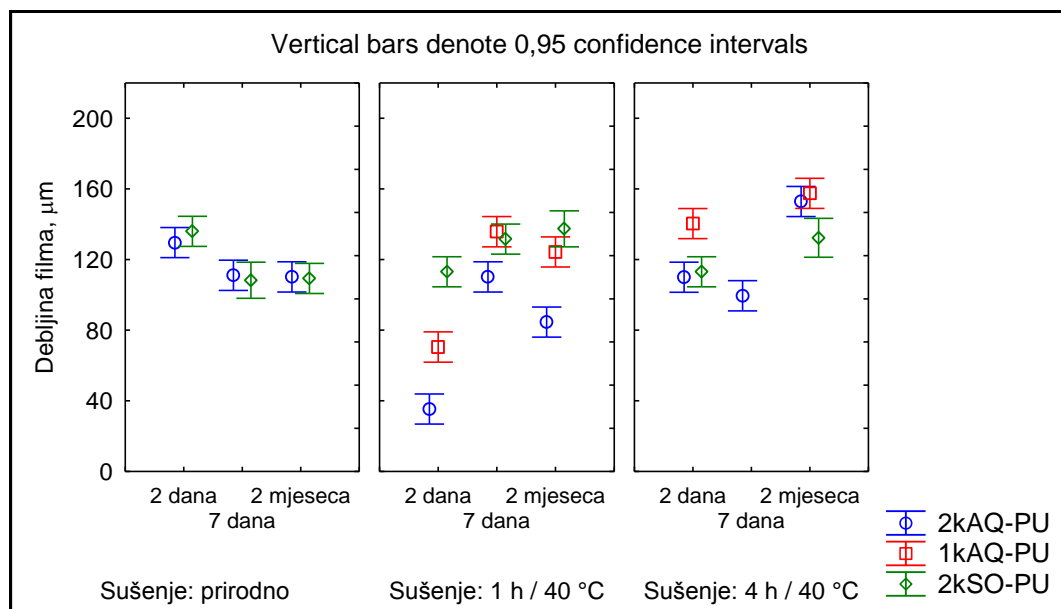


Slika 30. Utjecaj vrste, trajanja sušenja i Trajanje kondicioniranja na debljinu slobodnog filma vodenih lakova na bazi poliakrilata (1kAQ-AK-P: pigmentirani lak, 1kAQ-AK-T: prozirni lak)



Utjecaj vrste, vremena sušenja i vremena kondicioniranja na debljinu slobodnog filma lakova na bazi poliuretana (dvokomponentni vodeni lak, jednokomponentni vodeni lak i dvokomponentni otapalni lak) prikazan je na slici 31. Kod prirodnog sušenja vidi se da vrijeme kondicioniranja ima utjecaj na dvokomponentni vodeni lak i dvokomponentni otapalni, s dužim vremenom kondicioniranja debljina filma se smanjuje. Sušenjem u sušioniku od 4 sata blago se povećala debljina slobodnih filmova u odnosu na sušenje u sušioniku od 1 sat.

Usporedimo li debljine slobodnih filmova poliakrilatnih i poliuretanskih lakova mogu se vidjeti rasipanja rezultata kod obje vrste lakova. Osim toga, vidljivo je da vrsta i trajanje sušenja utječu na debljinu slobodnih filmova poliakrilatnih i poliuretanskih lakova.



Slika 31. Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na debljinu slobodnog filmova lakova na bazi poliuretana (2kAQ-PU: dvokomponentni vodeni lak, 1kAQ-PU: jednokomponentni vodeni lak, 2kSO-PU: dvokomponentni otapalni lak)

## 5. ZAKLJUČAK

1. Vrsta i trajanje sušenja utječe na silu loma poliakrilatnih i poliuretanskih lakova. Vodenim lakovima na bazi poliakrilata povećava se sila loma pri povećanju temperature sušenja, dok trajanje kondicioniranja nema veliki utjecaj na silu loma vodenih poliakrilatnih lakova. Poliuretanskim lakovima sila loma se smanjuje s povećanjem temperature sušenja, dok se sila loma povećava s produljenjem kondicioniranja. Najveća sila loma je zabilježena kod dvokomponentnog otapalnog laka na bazi poliuretana.
2. Vrsta sušenja, trajanje sušenja i trajanje kondicioniranja ima veći utjecaj na produljenje poliuretanskih nego poliakrilatnih lakova. Najveće produljenje lakova je kod prirodnog sušenja, a s dužim kondicioniranjem produljenje laka lagano opada. To je posebno vidljivo kod dvokomponentnog otapalnog i jednokomponentnog vodenog laka koji s dužim vremenom kondicioniranja postaju sve krući. Dvokomponentni vodeni lak se pokazao najboljim, ima najveće produljenje pogotovo kod prirodnog sušenja, zatim ga slijede pigmentirani i prozirni vodeni poliakrilatni lakovi koji su podjednaki.
3. Vrsta sušenja, trajanje sušenja i trajanje kondicioniranja nema veći utjecaj na vlačnu čvrstoću poliuretanskih nego poliakrilatnih. Vlačna čvrstoća prozirnog i pigmentiranog vodenog laka na bazi poliakrilata je podjednaka. Povećanje temperature sušenja smanjuje vlačnu čvrstoću poliuretanskih lakova, pogotovo nakon kondicioniranja od 2 mjeseca. Kod umjetnog sušenja na 40 °C vlačna čvrstoća je podjednaka nakon 1h i nakon 4h. Najveću vlačnu čvrstoću ima dvokomponentni otapalni lak na bazi poliuretana.
4. Elastičnost poliuretanskih lakova više ovisi o parametrima sušenja i kondicioniranja nego elastičnost poliakrilatnih lakova. Posebno je izraženo smanje elastičnosti prirodno sušenih dvokomponentnih poliuretanskih lakova s produljenjem vremena kondicioniranja.

## 6. LITERATURA

1. Bauhaus 1, [internet], <raspoloživo na: [https://media.bahag.com/assets/51/44/514441\\_20097754.pdf](https://media.bahag.com/assets/51/44/514441_20097754.pdf)>, [pristupljeno, 18. 7. 2020.].
2. Bauhaus 2, [internet], <raspoloživo na: [https://media.bahag.com/assets/51/46/514622\\_20154362.pdf](https://media.bahag.com/assets/51/46/514622_20154362.pdf)>, [pristupljeno, 18. 7. 2020.].
3. Bulian, F.; A. Graystone, J., 2009: Wood coatings - Theory and practice, 1st edition. Elsevier Science.
4. Chromos 1, [internet], <raspoloživo na: <https://chromos.eu/katalog-proizvoda/parketni-asortiman-vodeni/lakovi-za-parkete-vodeni/chromoden-aqua-2k-lak-za-0>>, [pristupljeno, 18. 7. 2020.].
5. Chromos 2, [internet], <raspoloživo na: <https://chromos.eu/katalog-proizvoda/parketni-asortiman-otapalni/lakovi-za-parkete-otapalni/chromoden-2k-pu-lak-za-2>>, [pristupljeno, 18. 07. 2020.].
6. DecorexPro, [internet], <raspoloživo na: <https://hr.decorexpro.com/laki/akrilovj/>>, [pristupljeno, 18. 7. 2020.].
7. Favale-Gregurić, L., 2017: Hrvatska tehnička enciklopedija, mrežno izdanje. <raspoloživo na: [https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/lakovi\\_i\\_boje.pdf](https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/lakovi_i_boje.pdf)>, [pristupljeno, 18. 7. 2020.].
8. Hrvatska enciklopedija - boje i lakovi, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, [internet], <raspoloživo na: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=8461>>, [pristupljeno, 18. 7. 2020.].
9. Jaić, M.; Živanović-Trbojević, R., 2000: Površinska obrada drveta. Beograd.
10. Jirouš-Rajković, V., 2014: Uvodno predavanje, Površinska obrada drva, Merlin, Šumarski fakultet, Zagreb [internet], <raspoloživna: [https://moodle.srce.hr/2017-2018/pluginfile.php/1595812/mod\\_resource/content/1/uvodno%20predavanje-preddiplomski%20studij%202014.pdf](https://moodle.srce.hr/2017-2018/pluginfile.php/1595812/mod_resource/content/1/uvodno%20predavanje-preddiplomski%20studij%202014.pdf)>, [pristupljeno, 10. 5. 2020.].

11. Jirouš-Rajković, V., 2016: Podloge i vrste materijala za površinsku obradu, Površinska obrada drva, Merlin, Šumarski fakultet, Zagreb, [internet], <raspoloživo: [https://moodle.srce.hr/20172018/pluginfile.php/1595814/mod\\_resource/content/1/PODLOGE%20I%20VRSTE%20MATERIJALA%20ZA%20POVR%C5%A0INSKU%20OBRADU2016.pdf](https://moodle.srce.hr/20172018/pluginfile.php/1595814/mod_resource/content/1/PODLOGE%20I%20VRSTE%20MATERIJALA%20ZA%20POVR%C5%A0INSKU%20OBRADU2016.pdf)>, [pristupljeno, 10. 5. 2020.].
12. Jirouš-Rajković, V., 2018: Sastojci lakova, Površinska obrada drva, Merlin, Šumarski fakultet, Zagreb, [internet], <raspoloživo na: [https://moodle.srce.hr/20172018/pluginfile.php/1595832/mod\\_resource/content/1/Sastojci%20lakova-prediplomski%20studij.pdf](https://moodle.srce.hr/20172018/pluginfile.php/1595832/mod_resource/content/1/Sastojci%20lakova-prediplomski%20studij.pdf)>, [pristupljeno, 10. 5. 2020.].
13. Jirouš-Rajković, V., 2018: Predavanje Lakovi, Površinska obrada drva, Merlin, Šumarski fakultet, Zagreb, [internet], <raspoloživo na: [https://moodle.srce.hr/20172018/pluginfile.php/1595836/mod\\_resource/content/3/LAKOVI\\_-prediplomski\\_studij.pdf](https://moodle.srce.hr/20172018/pluginfile.php/1595836/mod_resource/content/3/LAKOVI_-prediplomski_studij.pdf)>, [pristupljeno, 10. 5. 2020.].
14. Jirouš-Rajković, V., 2020: Predavanje Površinska obrada drva vodenim premazima, Tehnološki procesi površinske obrade drva, Merlin, Šumarski fakultet, Zagreb, [internet], <raspoloživo na: <https://moodle.srce.hr/2019-2020/mod/resource/view.php?id=923578&forceview=1>>, [pristupljeno, 30. 7. 2020.].
15. Jordan Lacke, [internet], <raspoloživo na: [https://www.jordanlacke.de/wp-content/uploads/2019/01/EF\\_555\\_DE\\_JORDAN\\_1K\\_ECO\\_FINISH\\_EF\\_555\\_Parkettlack\\_matt\\_09.10.19.pdf](https://www.jordanlacke.de/wp-content/uploads/2019/01/EF_555_DE_JORDAN_1K_ECO_FINISH_EF_555_Parkettlack_matt_09.10.19.pdf)>, [pristupljeno, 9. 08. 2020.].
16. Marincl I., 2019: Modernizacija uređaja za ispitivanje vlačne čvrstoće materijala, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje.
17. Ortner, M., 2017: Hrvatska tehnička enciklopedija, mrežno izdanje. <raspoloživo na: [https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/lakovi\\_i\\_boje.pdf](https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/lakovi_i_boje.pdf)>, [pristupljeno, 18. 7. 2020.].

## 7. POPIS SLIKA

Slika 1. Sastojci lakova preddiplomski studij pdf, Jioruš Rajković, 2018, Zagreb, [https://moodle.srce.hr/20172018/pluginfile.php/1595832/mod\\_resource/content/1/Sastojci%20lakovapreddiplomski%20studij.pdf](https://moodle.srce.hr/20172018/pluginfile.php/1595832/mod_resource/content/1/Sastojci%20lakovapreddiplomski%20studij.pdf) (preuzeto:09.06.2018)

Slika 2. Podjela veziva prema načinu sušenja, Rački-Weichnacht, N.: Boje i lakovi-jučer danas sutra, Chromos boje i lakovi d.d., Zagreb, 2004.

Slika 3. Čimbenici koji utječu na sušenje i otvrdnjivanje lakova, Predavanje: Sušenje i otvrdnjavanje lakova, Površinska obrada drva, Jioruš Rajković, 2012, Zagreb, [https://moodle.srce.hr/20172018/pluginfile.php/1595851/mod\\_resource/content/1/Presentation-su%C5%A1enje%20lakova%202012.pdf](https://moodle.srce.hr/20172018/pluginfile.php/1595851/mod_resource/content/1/Presentation-su%C5%A1enje%20lakova%202012.pdf) (preuzeto: 09.06.2018)

Slika 4. Tipovi deformacije filma, Površinska obrada drveta, Beograd, 2000, (Jajić, Živanović-Trbojević, 2000.)

Slika 5. Dijagram idealno elastičnog tijela Hook-ov odnos (a) i polimera (b), Površinska obrada drveta, Beograd, 2000, (Jajić, Živanović-Trbojević, 2000).

Slika 6. Istezanje idealno elastičnog tijela (a) i polimera (visukoelastičnog tijela) (b), Površinska obrada drveta, Beograd, 2000, (Jajić, Živanović-Trbojević, 2000).

Slika 7. Swingcolor vodeni lak plavi

Slika 8. Swingcolor prozirni

Slika 9. Chromode aqua 2K

Slika 10. Vodeni pu 1K

Slika 11. Chromoden 2K pu otapalni

Slika 12. Plastična ploča

Slika 13. Staklena ploča

Slika 14. Aplikator

Slika 15. Špijuni

Slika 16. Nanošenje laka na podlogu

Slika 17. Sušionik

Slika 18. Vodeni pu 1K

Slika 19. Nož

Slika 20. Komparator

Slika 21. Kidalica Shimadzu

Slika 22. Uzorak slobodnog filma u čeljustima kidalice

Slika 23. Primjer puknutih uzoraka

Slika 24. Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na silu loma vodenih lakova na bazi poliakrilata (1kAQ-AK-P: pigmentirani lak, 1kAQ-AK-T: prozirni lak)

Slika 25. Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja silu loma lakova na bazi poliuretana (2kAQ-PU: dvokomponentni vodeni lak, 1kAQ-PU: jednokomponentni vodeni lak, 2kSO-PU: dvokomponentni otapalni lak)

Slika 26. Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na produljenje vodenih lakova na bazi poliakrilata (1kAQ-AK-P: pigmentirani lak, 1kAQ-AK-T: prozirni lak)

Slika 27. Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na produljenje lakova na bazi poliuretana (2kAQ-PU: dvokomponentni vodeni lak, 1kAQ-PU: jednokomponentni vodeni lak, 2kSO-PU: dvokomponentni otapalni lak)

Slika 28. Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na vlačnu čvrstoću vodenih lakova na bazi poliakrilata (1kAQ-AK-P: pigmentirani lak, 1kAQ-AK-T: prozirni lak)

Slika 29. Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na vlačnu čvrstoću lakova na bazi poliuretana (2kAQ-PU: dvokomponentni vodeni lak, 1kAQ-PU: jednokomponentni vodeni lak, 2kSO-PU: dvokomponentni otapalni lak)

Slika 30. Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na debljinu slobodnog filma vodenih lakova na bazi poliakrilata (1kAQ-AK-P: pigmentirani lak, 1kAQ-AK-T: prozirni lak)

Slika 31. Utjecaj vrste, trajanja sušenja i trajanja kondicioniranja na debljinu slobodnog filmova lakova na bazi poliuretana (2kAQ-PU: dvokomponentni vodeni lak, 1kAQ-PU: jednokomponentni vodeni lak, 2kSO-PU: dvokomponentni otapalni lak)

## 8. POPIS TABLICA

Tablica 1. Karakteristike anorganskih i organskih pigmenata, Jirouš-Rajković, V.

Sastojci lakova, Površinska obrada drva, Zagreb,

[https://moodle.srce.hr/20172018/pluginfile.php/1595832/mod\\_resource/content/1/Sastojci%20lakova-preddiplomski%20studij.pdf](https://moodle.srce.hr/20172018/pluginfile.php/1595832/mod_resource/content/1/Sastojci%20lakova-preddiplomski%20studij.pdf), (preuzeto:

10.05.2018).

Tablica 2. Prednosti i nedostaci vodenih premaznih materijala, Jaić, M., Živanović-Trbojević, R. Površinska obrada drveta. Beograd, 2000.

Tablica 3. Debljine nanosa slobodnih filmova