

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Andrej KRAJNC

**PRIMERENOST EPOKSIDNEGA PREMAZNEGA  
SISTEMA ZA ZAŠČITO LESENIH UMIVALNIKOV IZ  
LEPLJENEGA ČEŠNJEVEGA LESA**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Andrej KRAJNC

**PRIMERNOSTI EPOKSIDNEGA PREMAZNEGA SISTEMA ZA  
ZAŠČITO LESENIH UMIVALNIKOV IZ LEPLJENEGA ČEŠNJEVEGA  
LESA**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij

**SUITABILITY OF A POLYEPOXIDE COATING SYSTEM FOR  
PROTECTION OF A WASHBOWL MADE OF GLUED CHERRY  
WOOD**

GRADUATION THESIS  
Higher professional studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Izdelano je bilo na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin (Laboratorij za obdelavo površin), Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Marka Petriča, za somentorja asist. dr. Matjaža Pavliča ter za recenzenta prof. dr. Željka Goriška.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Član:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Član:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Andrej KRAJNC

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Vs

DK UDK 674.04

KG *Prunus avium*/lepljen les/epoksidni premaz/kopalniško pohištvo

AV KRAJNC, Andrej

SA PETRIČ, Marko (mentor)/ PAVLIČ, Matjaž (somentor)/GORIŠEK, Željko (recenzent)

KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34

ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

LI 2016

IN **PRIMEROST EPOKSIDNEGA PREMAZNEGA SISTEMA ZA  
ZAŠČITO LESENIH UMIVALNIKOV IZ LEPLJENEGA ČEŠNJEVEGA LESA**

TD Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)

OP IX, 49 str., 18 pregl., 20 sl., 29 vir.

IJ sl

JI sl/en

AI Na preizkušancih iz lesa češnje (*Prunus avium* L.), ki smo jih premazali z epoksidnim premazom, smo opravili relevantne standardne preizkuse. Na preizkušancih dimenzij 15 cm × 7 cm × 2 cm različnih orientacij (radialne R), (tangencialne T) in (prečne P) smo izvedli: določanje odpornosti proti razenju in proti udarcu; preizkušance smo izpostavili vodi in vodni pari za določitev sorpcijskih lastnosti; izmerili smo suho in mokro oprijemnost premaznega sistema ter odpornost proti čistilu, vodi in acetonu. Preizkusi so pokazali zelo nizko prepustnost za vodo in vodno paro, dobro odpornost proti hladnim tekočinam (čistilo, voda, aceton) in ustrezno oprijemnost premaznega sistema na podlago. Pri nanosu površinskega premaznega sredstva se je na določenih mestih pojavila hrapavost. Težavo smo rešili tako, da smo površino polirali s polirnimi sredstvi. Preizkusi so pokazali, da je epoksidni dvokomponentni premaz primeren za uporabo na lesenem umivalniku, ker zadošča kriterijem uporabe v kopalniškem prostoru.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs

DC UDK 674.04

CX *Prunus avium*/bonded wood/epoxide coating/wooden bathroom furniture

AU KRAJNC, Andrej

AA PETRIČ, Marko (supervisor)/ PAVLIČ, Matjaž (co-supervisor)/GORIŠEK, Željko (reviewer)

PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology

PY 2016

TY **SUITABILITY OF A POLYEPOXIDE COATING SYSTEM FOR PROTECTION OF A WASHBOWL MADE OF BONDED CHERRY WOOD**

DT Graduation Thesis (Higher professional studies)

NO IX, 49 p., 18 tab., 20 fig., 29 ref.

LA sl

AL sl/en

AB We conducted various standard tests on a cherry wood (*Prunus avium* L.) samples, coated with a polyepoxide system. The samples of dimensions 15 cm × 7 cm × 2 cm and of different orientations (radial R), (tangential T) and (transverse P), enabled us to perform the following tests: resistance to scratching and impact; the samples were exposed to water and water vapour in order to determine absorption and desorption; the dry and wet adhesion were measured; resistance to cleaning agents, water and acetone. The results were very good for the following properties: water and water vapour permeability, resistance to liquids (cleaning agent, water, and acetone) and adhesion of the coating. Application of the surface coating resulted in roughness of the surface in certain places. The problem was solved by polishing. So, the experiments showed that the selected two-pack epoxide coating is appropriate for use on a wooden wash-bowl as it meets the criteria for applications in a bathroom.

## KAZALO VSEBINE

|                                                               |          |
|---------------------------------------------------------------|----------|
| KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA                           | III      |
| KEY WORDS DOCUMENTATION                                       | IV       |
| KAZALO VSEBINE                                                | V        |
| KAZALO PREGLEDNIC                                             | VIII     |
| KAZALO SLIK                                                   | IX       |
| <br>                                                          |          |
| <b>1 UVOD .....</b>                                           | <b>1</b> |
| <b>2 SPLOŠNI DEL .....</b>                                    | <b>3</b> |
| 2.1 ČEŠNJA IN LASTNOSTI ČEŠNJEVEGA LESA .....                 | 3        |
| 2.2 VLAGA V LESU IN NJEN POMEN .....                          | 6        |
| 2.3 ZAŠČITA LESA PRED BIOTSKIMI IN ABIOTSKIMI DEJAVNIKI ..... | 6        |
| 2.3.1 Konstrukcijska zaščita lesa .....                       | 6        |
| 2.3.2 Kemična zaščita lesa .....                              | 7        |
| 2.3.3 Površinska zaščita lesa .....                           | 7        |
| 2.4 LEPLJENJE LESA .....                                      | 8        |
| 2.4.1 Osnove lepljenja .....                                  | 9        |
| 2.4.2 Adhezija - oprijemnost .....                            | 9        |
| 2.4.3 Kohezija .....                                          | 9        |
| 2.4.4 Utrjevanje lepila .....                                 | 10       |
| 2.4.5 Fizikalno utrjevanje .....                              | 10       |
| 2.4.6 Fizikalno- kemično utrjevanje .....                     | 10       |
| 2.5 POVRŠINSKI PREMAZI IN NJIHOVE LASTNOSTI .....             | 10       |
| 2.5.1 Premazna in pomožna sredstva .....                      | 10       |
| 2.5.2 Lužila .....                                            | 11       |
| 2.5.3 Temeljne barve .....                                    | 12       |
| 2.5.4 Kiti in polnilci por .....                              | 13       |
| 2.6 LAKI .....                                                | 13       |
| 2.7 VRSTE LAKOV .....                                         | 14       |
| 2.7.1 Nitrocelulozni laki (CN) .....                          | 14       |
| 2.7.2 Poliuretanski laki (PU) .....                           | 14       |

|          |                                                                                                                |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.7.3    | <b>Poliestrski laki (PE)</b> .....                                                                             | 15        |
| 2.7.4    | <b>Poliakrilatni laki (A)</b> .....                                                                            | 16        |
| 2.7.5    | <b>Vodni laki (V)</b> .....                                                                                    | 16        |
| 2.7.6    | <b>Epoksidni laki</b> .....                                                                                    | 18        |
| <b>3</b> | <b>MATERIALI IN METODE</b> .....                                                                               | <b>20</b> |
| 3.1      | MATERIALI .....                                                                                                | 20        |
| 3.2      | PRIPRAVA PREIZKUŠANCEV .....                                                                                   | 21        |
| 3.3      | POSTOPKI UGOTAVLJANJA IZBRANIH LASTNOSTI .....                                                                 | 22        |
| 3.3.1    | Prekondicioniranje preizkušancev po standardu (SIST EN 927-5: 2000) ..                                         | 22        |
| 3.3.2    | Določanje prepustnosti za tekočo vodo po standardu (SIST EN 927-5: 2000)<br>.....                              | 22        |
| 3.3.3    | Določanje prepustnosti za vodno paro (SIST EN 927-4: 2000) .....                                               | 24        |
| 3.3.4    | Določanje odpornosti površine proti udarcu (SIST ISO 4211-4: 1995) .....                                       | 25        |
| 3.3.5    | Preizkus z razenjem (SIST EN ISO 1518: 1992) .....                                                             | 26        |
| 3.3.6    | Merjenje oprijemnosti z metodo odtrgovanja filma (SIST EN 24624:2004)<br>.....                                 | 27        |
| 3.3.7    | Ugotavljanje odpornosti proti hladnim tekočinam (voda, aceton in čistilo)<br>(SIST EN 12720: 1997) .....       | 28        |
| 3.3.8    | Določanje odpornosti površine proti suhi (SIST EN 12722:1997) in vlažni<br>toploti (SIST EN 12721: 1997) ..... | 29        |
| <b>4</b> | <b>REZULTATI</b> .....                                                                                         | <b>32</b> |
| 4.1      | ZAČETNA VLAŽNOST LESENIH PREIZKUŠANCEV .....                                                                   | 32        |
| 4.2      | DOLOČANJE NAVZEMA TEKOČE VODE .....                                                                            | 32        |
| 4.3      | PREPUSTNOST ZA VODNO PARO .....                                                                                | 35        |
| 4.4      | ODPORNOST POVRŠINE PROTI UDARCU .....                                                                          | 36        |
| 4.5      | PREIZKUS Z RAZENJEM .....                                                                                      | 37        |
| 4.6      | OPRIJEMNOST PREMAZNEGA SREDSTVA NA PODLAGO .....                                                               | 38        |
| 4.7      | ODPORNOST PROTI HLADNIM TEKOČINAM .....                                                                        | 39        |
| 4.8      | ODPORNOST PROTI SUHI IN VLAŽNI TOPLOTI .....                                                                   | 39        |
| <b>5</b> | <b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b> .....                                                                                | <b>41</b> |
| 5.1      | RAZPRAVA .....                                                                                                 | 41        |

|          |                      |           |
|----------|----------------------|-----------|
| 5.2      | SKLEPI.....          | 44        |
| <b>6</b> | <b>POVZETEK.....</b> | <b>46</b> |
| <b>7</b> | <b>VIRI .....</b>    | <b>48</b> |
|          | <b>ZAHVALA .....</b> | <b>50</b> |



## KAZALO PREGLEDNIC

|                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Preglednica 1: Ocenjevanje poškodb po standardu SIST ISO 4211-4:1995 .....                                                                                                             | 25 |
| Preglednica 2: Ocene za določanje odpornosti proti tekočinam.....                                                                                                                      | 28 |
| Preglednica 3: Ocene za poškodbe površine pri preizkusu določanja odpornosti proti suhi in<br>vlažni toploti po standardu SIST EN 12722:1997 .....                                     | 30 |
| Preglednica 4: Mase lesenih preizkušancev za določitev vlažnosti ter izračunane vlažnosti<br>preizkušancev .....                                                                       | 32 |
| Preglednica 5: Navzem tekoče vode (kapilarni navzem tekoče vode) v preizkušance brez<br>premaznega sredstva .....                                                                      | 33 |
| Preglednica 6: Izguba tekoče vode (kapilarne izgube) iz vzorcev brez premaznega sredstva ..                                                                                            | 33 |
| Preglednica 7: Prepustnost za tekočo vodo (kapilarni navzem tekoče vode) pri premazanih<br>preizkušancih .....                                                                         | 34 |
| Preglednica 8: Prepustnost za tekočo vodo (kapilarna izgube vode) pri premazanih<br>preizkušancih .....                                                                                | 35 |
| Preglednica 9: Meritve preizkusa za določanje prepustnosti premaza za vodno paro .....                                                                                                 | 36 |
| Preglednica 10: Adsorpcija in desorpcija vodne pare po 3 tednih .....                                                                                                                  | 36 |
| Preglednica 11: Ocene odpornosti površinskega premaza proti udarcem – 1. preizkus .....                                                                                                | 36 |
| Preglednica 12: Odpornost površinskega premaza na udarce – 2. preizkus.....                                                                                                            | 37 |
| Preglednica 13: Odpornost površinskega premaza na udarce – 3. preizkus.....                                                                                                            | 37 |
| Preglednica 14: Odpornost površinskega sistema proti razenju.....                                                                                                                      | 38 |
| Preglednica 15: Oprijemnost premaznega sredstva na podlago (MPa).....                                                                                                                  | 38 |
| Preglednica 16: Mokra oprijemnost premaznega sredstva na podlago (MPa) .....                                                                                                           | 39 |
| Preglednica 17: Ocene odpornosti premaznega sredstva proti čistilu in vodi po 24-urni<br>izpostavitvi in odpornost premaznega sredstva proti acetonu (2-minutna<br>izpostavitve) ..... | 39 |
| Preglednica 18: Odpornost premaznega sredstva proti vlažni in proti suhi toploti.....                                                                                                  | 40 |

## KAZALO SLIK

|                                                                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1: Prečni prerez češnjevine (Mikrostruktura lesa češnje, 2011).....                                                                                                                                                 | 4  |
| Slika 2: Tangencialni prerez češnjevine (Mikrostruktura lesa češnje, 2011).....                                                                                                                                           | 4  |
| Slika 3: Radialni prerez češnjevine (Mikrostruktura lesa češnje, 2011) .....                                                                                                                                              | 5  |
| Slika 4: Češnjevina (G.O.Z.D., 2011) .....                                                                                                                                                                                | 5  |
| Slika 5: Prikaz sil znotraj lepilnega spoja (König in sod., 1988) .....                                                                                                                                                   | 9  |
| Slika 6: Onesnaževanje okolja pri uporabi različnih vrst lakov pri površinski obdelavi vratnih<br>kril (Frumen, 2007). .....                                                                                              | 17 |
| Slika 7: Epoksidni premaz v deformiranem plastičnem lončku (Totisurf, 2011) .....                                                                                                                                         | 19 |
| Slika 8: Preizkušanci (radialni, prečni in tangencialni) za preizkus kapilarnegavsrkavanja in<br>izgubljanja tekoče vode po standardu SIST EN 927-5:2000, s premaznim sredstvom<br>in tudi brez premaznega sredstva ..... | 23 |
| Slika 9: Preizkušanci za določanje prepustnosti za vodno paro .....                                                                                                                                                       | 24 |
| Slika 10: Preizkušanci v komori, nasičeni z vodno paro (SIST EN 927-4:2000) .....                                                                                                                                         | 25 |
| Slika 11: Vrednotenje napak po standardu SIST ISO 4211-4:1995 .....                                                                                                                                                       | 26 |
| Slika 12: Vzmetni svinčnik za določanje trdote s preizkusom z razenjem po SIST EN ISO<br>1518:1992 .....                                                                                                                  | 26 |
| Slika 13: Naprava za merjenje oprijemnosti površinskega premaza na podlago po standardu<br>SIST EN 24624:2004 .....                                                                                                       | 27 |
| Slika 14: Preizkušanje odpornosti površinskega premaza proti hladnim tekočinam po<br>standardu SIST EN 12720:1997 .....                                                                                                   | 29 |
| Slika 15: Aluminijast disk po standardu SIST EN 12722:1997 .....                                                                                                                                                          | 30 |
| Slika 16: Standardizirana črna komora za ocenjevanje poškodb .....                                                                                                                                                        | 30 |
| Slika 17: Preizkušanci za določanje odpornosti površine proti suhi in mokri toploti .....                                                                                                                                 | 31 |
| Slika 18: Povprečje mas kapilarnega navzema in izgube tekoče vode R, T, P pri preizkušancih<br>brez premaznega sredstva .....                                                                                             | 34 |
| Slika 19: Povprečje mas kapilarneganavzema in igube vodeR, T, P preizkušancev s<br>premaznim sredstvom .....                                                                                                              | 35 |
| Slika 20: Lesen umivalnik iz lesa češnje .....                                                                                                                                                                            | 45 |

## 1 UVOD

Površinska obdelava lesa ima zelo dolgo zgodovino. Z njo so začeli že stari Egipčani (3500 let pr. n. št.), njihovi izdelki so bili zaščiteni z različnimi naravnimi premazi, ki so vsebovali beljak, vosek, naravne smole ter naravne pigmente (npr. oglje in sadro). Na Kitajskem so ta čas že uporabljali lake iz naravnih smol. Kasneje so vrhunsko umetnost površinske obdelave lesa - lakiranja prevzeli še Japonci. V Indiji pa so začeli z uporabo šelaka. To je naravna smola, ki jo izločajo različna tropska drevesa in grmovnice zaradi poškodb, ki jih povzroča insekt *Laccifer lacca* Kerr, ter nekatere druge vrste insektov iz sorodnih družin. Gostitelji insekta *Laccifer lacca* so lahko zelo različne rastlinske vrste, še posebej je kot gostitelj znan *Ficus religiosa* L. V srednjem veku je že znana uporaba različnih sušecih se olj, v 15. in 16. stoletju se pojavi tudi špiritni lak. Nitrocelulozne lake začnejo množično uporabljati na začetku 20. st., leta 1931 pa tudi alkidne smole. Hkrati za premaze razvijejo karbamidne in melaminske smole. Kasneje se uveljavijo poliuretanski, poliestrski, poliakrilatni, epoksidni in silikonski laki itd.

Površinska obdelava obsega vse faze tehnološkega procesa, v katerem po določenem sistemu obdelamo površino izdelka, z brušenjem in glajenjem ter nanašanjem različnih barvnih ali brezbarvnih premaznih sredstev (Kotnik, 2003). S površinsko obdelavo lesa izboljšamo kakovost izdelka, spremenimo njegov zgled ter les zaščitimo pred škodljivci in različnimi vplivi okolja (dež, sonce, sneg, veter). Površinska obdelava lesa mora biti izbrana glede na pogoje, katerim bo izdelek izpostavljen med uporabo.

Lesen umivalnik je primer izdelka, pri katerem moramo izbiri površinskega sistema posvetiti še posebno pozornost, saj so površine lesenega umivalnika med uporabo izpostavljene izrazitim obremenitvam. Premazni sistem za lesen umivalnik mora zadostiti naslednjim zahtevam:

- naj bo čim manj prepusten ali celo neprepusten za vodo,
- prepustnost za vodno paro mora biti čim manjša,
- odporen mora biti proti suhi in mokri toploti,
- odporen naj bo proti vodi, različnim čistilom in alkoholu,
- izkazovati mora dobre mehanske lastnosti, še posebej odpornost proti udarcem in razenju.

Namen diplomskega dela je oceniti primernost izbranega epoksidnega premaznega sistema za zaščito lesenega umivalnika, ki bo izdelan iz češnjavine. S premaznim sistemom želimo tudi poudariti naravni videz lesa. Za epoksidni premaz smo se odločili na osnovi podatkov iz literature o njegovih lastnostih. V okviru naloge bomo preizkusili brezbarven prozorni premaz Epox 210 A+B, dobavitelja Samson Kamnik d.o.o. Premazanim preizkušancem bomo po standardnih metodah določili naslednje lastnosti: prepustnost za tekočo vodo in vodno paro, odpornost proti udarcem, odpornost proti razenju, oprijemnost na podlago,

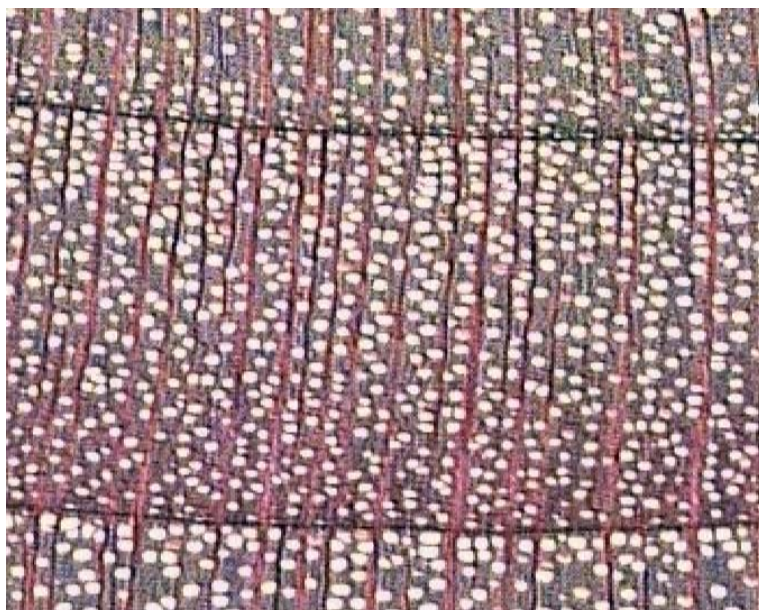
odpornost proti izbranim tekočinam (voda, aceton in čistilo) in odpornost proti suhi in mokri toploti.

## 2 SPLOŠNI DEL

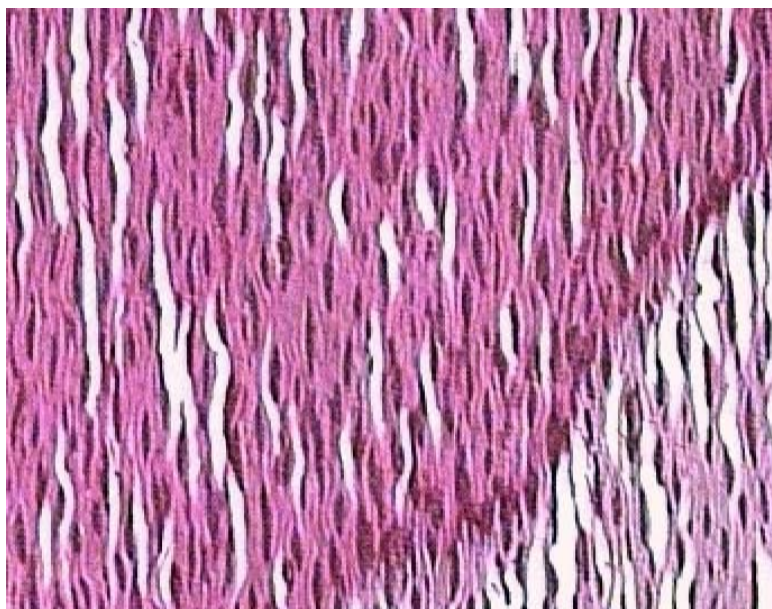
### 2.1 ČEŠNJA IN LASTNOSTI ČEŠNJEVEGA LESA

Češnja (*Prunus avium* L.) najraje raste v delni senci kot posamično drevo. Je listavec, ki zraste 20 m v višino, deblo ima lahko premer več kot 0,5 m. Deblo pogosto seže vse do vrha drevesa. Listi divje češnje so enostavni, pecljati in elipsaste oblike, dosegajo do 10 cm dolžine in do 5 cm širine. Listi so napiljeni, najprej dlakavi, pozneje goli. Listne žile so razvejane. Skorja je gladka in ima značilne prečne črte, rdečkasto rumene barve. S starostjo se prične skorja luščiti prečno na deblo. Cveti aprila, oprahujejo jo žuželke. Cvetovi so petštevni, sestavljeni iz petih venčnih čašastih listov. Plodovi, ki dozorejo sredi poletja, so koščičasti (Mikrostruktura lesa češnje, 2011).

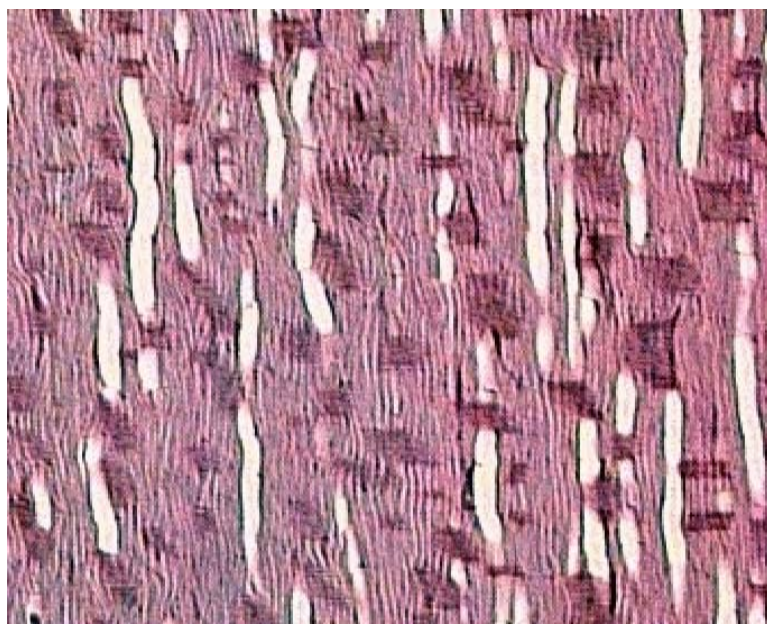
Les češnje je povenečasto porozen (slike 1–4). Na trgu je dokaj redek in je zato zelo cenjen. Beljava je rahlo rumenkaste barve, jedrovina pa je lahko od rumenkasto zelene vse do blede rožnate in rjavordeče barve. Gostota suhega lesa je od 550 kg/m<sup>3</sup> do 650 kg/m<sup>3</sup>. Pri sušenju se les rad krivi, sicer pa je za obdelavo zelo primeren. Češnjevino uporabljajo za izdelavo dragocenega pohištva, glasbenih instrumentov, struženih delov, rezbarij itd.



**Slika 1:** Prečni prerez češnjevine (Mikrostruktura lesa češnje, 2011)



**Slika 2:** Tangencialni prerez češnjevine (Mikrostruktura lesa češnje, 2011)



**Slika 3:** Radialni prerez češnjevine (Mikrostruktura lesa češnje, 2011)



**Slika 4:** Češnjevina (G.O.Z.D., 2011)



## 2.2 VLAGA V LESU IN NJEN POMEN

Les zaradi svoje higroskopnosti sprejema in oddaja vodo glede na klimatske razmere, v katerih se nahaja, kar se kaže tudi v spreminjanju njegovih dimenzij. Lahko rečemo, da je higroskopsko krčenje in nabrekanje posledica oddajanja in sprejemanja vezane vode v tako imenovanem higroskopskem območju lesa. Les se začne krčiti pri oddajanju vezane vode pod točko nasičenja celičnih sten ( $U_{TNCs}$ ) od približno 32 % do 35 % vlažnosti in vse do absolutnega suhega stanja lesa. Podobno je pri navlaževanju lesa. Les nabreka od absolutno suhega stanja vse do točke nasičenja celičnih sten, ki je odvisna od drevesne vrste, variira pa tudi pri lesu iste drevesne vrste. Vodo v lesu nad točko nasičenja celičnih sten imenujemo prosta ali nevezana voda. Nahaja se v porah oz. v lumnih in ne vpliva na dimenzije lesa (Gorišek, 1994).

Zaradi zgoraj navedenih dejstev moramo les posušiti tako, da je njegova vlažnost čim bliže ravnovesni vlažnosti, ki bi jo imel na mestu uporabe lesenega izdelka. Če les začne spreminjati dimenzije - se krčiti ali nabrekati, se v njem pojavijo notranje napetosti. Če so le-te prevelike, lahko nastanejo poškodbe, kot so npr. razpoke ali distorzije. Kadar izdelek vgradimo v prostor, v katerem se relativna zračna vlažnost stalno in močno spreminja (npr. v kopalnico), moramo omiliti prevelika nihanja ravnovesne vlažnosti lesa tako, da ga premažemo s primerno izbranim zaščitnim premaznim sistemom.

## 2.3 ZAŠČITA LESA PRED BIOTSKIMI IN ABIOTSKIMI DEJAVNIKI

Leseni izdelki bodo kljubovali abiotskim vplivom okolja (npr. vplivom vremena) ter različnim škodljivcem le, če so primerno zaščiteni. To zaščito pa tvorijo (Mihevc, 1999b):

- konstrukcijska zaščita,
- kemična zaščita,
- površinska zaščita.

### 2.3.1 Konstrukcijska zaščita lesa

Oblika, zgradba in mesto izpostavitve lesenega izdelka imajo velik vpliv na trajnost lesa kakor tudi na površinski sistem, če je les obdelan s premazom. Najpomembnejše pravilo konstrukcijske zaščite lesa je zagotoviti vodi prost odtok. Poskrbeti moramo za ustrezno nagnjenost vodoravnih profilov, spoji morajo biti pravilno oblikovani (profili za odtekanje vode), robovi pa morajo biti ustrezno zaobljeni (zagotavljanje enakomernosti nanosa premaznega sistema). Površina naj bo kakovostno mehansko obdelana (brušenje, skobljanje), zagotoviti moramo zračenje hrbtnih delov; celotna konstrukcija naj bo taka, da ne more prihajati do mehanskih poškodb niti pri vgrajevanju, kakor tudi ne pri kasnejši uporabi (Mihevc, 1999a). Kapilarno vsrkavanje vode v les skozi prečne prereze je še posebej izrazito in nevarno. Zaradi tega se poslužujemo, kjer je to mogoče, poševnega



prirežovanja, še najbolj pa je, da prečne reze z ustreznim premaznim sredstvom zatesnimo (Pečenko, 1987).

Pri vgraditvi lesa mora biti lesna vlažnost čim bližja ravnovesni vlažnosti, ki ustreza povprečnim klimatskim razmeram na mestu vgraditve, da se izognemo dodatnim deformacijam, ki že tako in tako nastanejo zaradi nihanja klime (Gorišek in Knehtl, 1992).

### **2.3.2 Kemična zaščita lesa**

O kemični zaščiti lahko govorimo takrat, ko v les vnesemo določeno količino kemičnih snovi, ki so strupene za posamezne lesene škodljivce. Na ta način les umetno konzerviramo in mu podaljšamo trajnost. Z vnosom kemičnih sredstev v les le-ta postane za škodljivce strupen ali vsaj odbijajoč (Kervina- Hamović, 1990).

Kemično sredstvo, s katerim zaščitimo les, je navadno v obliki raztopine, ki je sestavljena iz aktivne komponente in topila. Sredstvo vnesemo v les z različnimi postopki premazovanja, potapljanja, oblivanja. Topilo kasneje izhlapi, aktivna komponenta pa ostane v lesu. Kot aktivne komponente lahko uporabljamo različne organske in anorganske snovi. Topilo je lahko organsko ali voda, ki je okoljsko najbolj sprejemljiva in postaja kot topilo vedno pomembnejša.

Zaščitna sredstva lahko razdelimo na podlagi več kriterijev. Pohleven in Petrič (1992) razvrščata zaščitna sredstva v tri skupine:

- zaščitna olja - derivati premogovega in lesnega katrana ter surove nafte,
- vodotopne kemikalije,
- zaščitna sredstva, ki so topna samo v organskih topilih.

Kemična zaščita doživlja korenite spremembe in je čedalje bolj izpostavljena poostrenemu nadzoru okoljevarstvenikov ter ostrim zahtevam okoljevarstvene zakonodaje, saj predstavlja potencialno nevarnost za okolje na več nivojih: pri proizvodnji, transportu in distribuciji, pri postopkih zaščite lesa, pri uporabi zaščenega lesa in odlaganju odpadnega zaščenega lesa. Zato les zaščitimo s kemičnimi sredstvi le tam in takrat, ko je to nujno potrebno (Pohleven in Petrič, 1992).

### **2.3.3 Površinska zaščita lesa**

Površinska zaščita lesa ima poleg zaščitne tudi dekorativno vlogo. Lahko sledi kemični in konstrukcijski zaščiti ali pa nastopa popolnoma samostojno. V obeh primerih pa lahko površinski premaz zaradi delovanja zunanjih sil razpoka. V prvem primeru je les še vedno kemično zaščiten, v drugem pa je pot do nezaščenega lesa odprta in je tako podvržen okužbam z glivami in napadu insektov (Mihevc, 1999b).

Trajnost premaznega sistema, ki les ščiti pred abiotskimi vplivi okolja, je odvisna od priprave lesa, od ustreznosti izbire premaznega sredstva glede na namen uporabe izdelka, od načina in kvalitete nanašanja, od konstrukcijske zaščite in od vplivov okolja, v katerem se premazani izdelek nahaja. Takoj, ko se na premazu pojavijo prve poškodbe, ga moramo obnoviti, saj lahko le na tak način zagotovimo dolgotrajno zaščito lesa.

Še posebno pozornost moramo površinski obdelavi lesa s premazi posvetiti takrat, ko so leseni izdelki izpostavljeni zahtevnim pogojem in velikim obremenitvam, kot so npr. leseni umivalniki v kopalnici. Premazni sistem mora v tem primeru les zaščititi pred vdorom vode, odporen mora biti proti visokim temperaturam, različnim čistilnim sredstvom in kozmetičnim izdelkom ipd., hkrati pa mora izdelku zagotoviti dekorativni videz. Ker je lesena kopalniška oprema (umivalniki in kadi) večinoma izdelana iz lepljenega lesa, je prvi pogoj, da je izdelek kvalitetno zlepljen ter da je lepilo primerno za specifične obremenitve, ki so jim leseni umivalniki in kadi izpostavljeni med uporabo. Le tako lahko preprečimo take napake, kot je npr. pokanje po lepilnih spojih. Če pride do pokanja zlepljenega lesa, nam seveda še tako dober premazni sistem za zaščito izdelka ne more pomagati.

## 2.4 LEPLJENJE LESA

Lepljenje lesa je pri izdelavi lesenega izdelka zelo pomemben postopek. Pri izdelavi večjih lesenih izdelkov potrebujemo večje elemente, ki jih lahko dobimo le z zlepljanjem manjših kosov lesa. Uporabiti moramo lepilo, ki je primerno za lepljenje izbrane vrste lesa kot tudi za namen uporabe izdelka. Lesene kose lahko lepimo dolžinsko kot tudi širinsko. Lepila razvrščamo v skupine po različnih kriterijih, v praksi je morda najbolj pomembna razvrstitev glede na namen uporabe, npr. na lepila za izdelavo različnih kompozitov (iverne plošče, vlaknene plošče ...), lepila za furniranje plošč, lepila za lepljenje masivnega lesa, za zunanjo uporabo ali lepila za lepljenje drugih materialov na les (steklo, kovina, plastika ...).

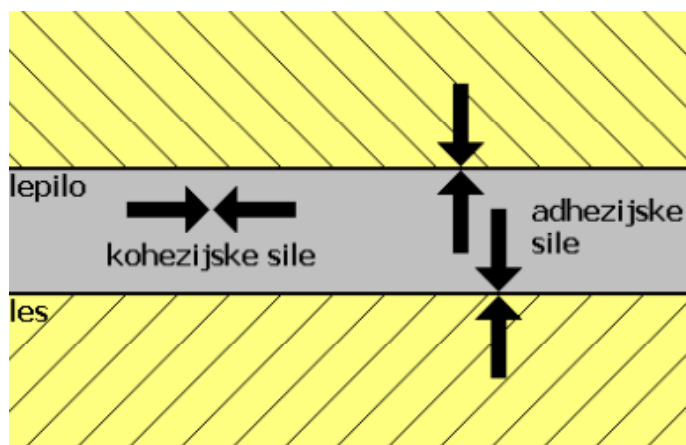
Iz napotkov za lepljenje lesa (Koren, 2011) izpostavljamo naslednje zahteve.

- **Odpornost proti strižnim napetostim:** zlepljeni elementi so zelo občutljivi na upogibanje ali druge prekomerne obremenitve. Za visoko trdnost morajo biti spoji oblikovani tako, da bodo ob obremenitvi odporni predvsem proti strižnim napetostim.
- **Les, ki ga lepimo, mora biti suh in čist:** vedno uporabljamo dovolj suh in čist les. Tako preprečimo, da se les ne krivi, prav tako bo zmanjšana verjetnost nastanka razpok med sušenjem lepila.
- **Dobro prileganje lepljenih površin:** pomembno je, da se površine, ki jih lepimo drugo ob drugo, dobro ploskovno ujemajo. Le tako bodo spoji natančni in trdni.
- **Stiskanje med lepljenjem izboljša trdnost spoja:** spoji med zlepljenimi površinami bodo resnično trdni šele v primeru, če bo lepilo utrjevalo pod tlakom. Orientacijska vrednost za minimalni tlak stiskanja med lepljenjem je 1,5 bar. Še

najbolje je, če lepimo v stiskalnicah. Časi lepljenja so močno odvisni od vrste lepila.

### 2.4.1 Osnove lepljenja

Lepila lepijo les zaradi skupnega delovanja vezivnih sil, ki se pojavijo med molekulami lepila in gradniki lesa - **adhezijske sile** in med molekulami lepila - **kohezijske sile** (slika 5).



Slika 5: Prikaz sil znotraj lepilnega spoja (König in sod., 1988)

### 2.4.2 Adhezija - oprijemnost

Adhezijske sile so privlačne sile med gradniki na spoju les - lepilo, ki so posledica fizikalnih in/ali kemičnih vezi. Za dobro adhezijo je najpomembneje to, da lepilo popolnoma omoči površino lepljenca, zato pa mora biti izpolnjenih več pogojev (König in sod., 1988):

- izbrano lepilo mora biti primerno po svoji sestavi in lastnostih, še posebej pomembna je vrednost pH,
- lepilo mora biti pravilno pripravljeno in naneseno po navodilih proizvajalca,
- površina lepljenca mora biti primerno gladka in čista,
- lepljenci morajo imeti ustrezno vlažnost,
- lepljenci se morajo stikati po celotni površini,
- upoštevati je potrebno predpisan čas utrjevanja.

### 2.4.3 Kohezija

Kohezijske sile so privlačne sile med gradniki iste snovi; največje so v trdnih snoveh. Kohezijske sile zato dosegajo največje vrednosti v popolnoma utrjenem lepilu. Za

zagotovitev čim višjih vrednosti kohezijskih sil je vedno treba upoštevati predpisane pogoje (čas, tlak) utrjevanja (König in sod., 1988).

#### **2.4.4 Utrjevanje lepila**

Lepila, ki so namenjena lepljenju lesa, ponavadi nanašamo v tekoči obliki. Tako lepilo prodre v les, se tam utrdi in zasidra ter lepljenca poveže med seboj. Na postopek utrjevanja vpliva več dejavnikov, med njimi so še posebej pomembni naslednji (König in sod., 1988):

- vrsta lepila,
- temperatura med lepljenjem,
- način utrjevanja lepila.

Lepila lahko iz tekočega v trdno agregatno stanje preidejo tako s fizikalnim kakor tudi s kemičnim utrjevanjem.

#### **2.4.5 Fizikalno utrjevanje**

Lepila so navadno disperzije in vsebujejo od 30 % do 60 % tekoče faze. V lepilih za les je topilo zelo pogosto voda. Med sušenjem voda iz lepila prehaja v les, ki je higroskopen in v zrak, lepilo pa se utrdi in poveže obdelovanca skupaj. Utrjevanje lepila z izhlapevanjem topila imenujemo fizikalno utrjevanje. Na tak način utrjujejo npr. polivinilacetatna lepila.

Fizikalno utrjujejo tudi talilna lepila, ki so v trdni obliki, pred nanašanjem jih segrejemo, da se stalijo, lepilni spoj pa se utrdi, ko se nanese na lepilo strdi.

#### **2.4.6 Fizikalno- kemično utrjevanje**

Lepilne mešanice, ki jih pripravimo tako, da jim dodamo utrjevalec, utrjujejo fizikalno-kemično. Iz lepila najprej izhaja topilo (fizikalno utrjevanje), nato pa v lepilni mešanici poteče kemična reakcija, med katero se molekule lepila povezujejo v makromolekule in/ali med seboj zamrežijo. Kemično reakcijo omogoči/pospeši utrjevalec.

Na fizikalno-kemični način utrjujejo npr. polikondenzacijska (npr. sečninsko-formaldehidna) lepila. Na tržišču so dosegljive lepilne mešanice v prahu, ki jim je že dodan utrjevalec in jim pred uporabo dodamo samo še vodo, da sprožimo kemično reakcijo.

### **2.5 POVRŠINSKI PREMAZI IN NJIHOVE LASTNOSTI**

#### **2.5.1 Premazna in pomožna sredstva**

Osnovne vrste premaznih sredstev (Kotnik, 2003) so:

- lužila,
- temeljne barve,
- kiti in polnilci por,
- brezbarvni temeljni in končni laki,
- barvni in lazurni temeljni in končni laki.

### **2.5.2 Lužila**

Lužila so najpomembnejša dekorativna sredstva za polepšanje in oplemenitenje površine lesenih izdelkov. Z njimi zmanjšamo preveliko ali povečamo premajhno barvno raznolikost, poživimo teksturo lesa in povečamo obstojnost oz. trajnost barve izdelka, in sicer zaradi obstojnosti lastne barve ter zaščitnega delovanja na lesno površino pred škodljivim delovanjem svetlobe (UV sevanja). Lužila so premazna sredstva, ki vsebujejo barvila, mikronizirane barvne pigmente ali kovinske soli (npr. kalijev dikromat, železov klorid, kromov sulfat, kobaltove in bakrove soli), raztopljene ali dispergirane v vodi in/ali organskih topilih. Običajno vsebujejo tudi majhne količine veziva.

Vrste lužil, ki jih poznamo (Kotnik, 2003):

- vodna lužila,
- lužila na osnovi organskih topil,
- kemična lužila,
- pomožna sredstva v procesu luženja,
- sredstva za beljenje lesa (razbarvanje),
- sredstva za odstranjevanje barvnih madežev.

### 2.5.3 Temeljne barve

Temeljne barve so po sestavi različna sredstva, ki jim je skupna lastnost, da omogočajo dekorativno barvanje površine lesa ter zagotovijo čim boljšo oprijemnost celotnega premaznega sistema. Pri tem je obdelava s temeljnimi barvami nekoliko lažja kot z lužili, seveda pa se od teh razlikujejo tudi po doseženih barvnih učinkih. Temeljne barve so sestavljene iz topnih organskih in/ali netopnih anorganskih pigmentov (0,5 % do 5 %), organskega veziva (3 % do 10 %), organskih topil ali zmesi organskih topil in vode ter pomožnih sredstev. Za nanašanje je primerna večina znanih postopkov. Večja vsebnost veziva v sestavi temeljnih barv kot v lužilih povzroča znatne razlike v sistemu obdelave in doseženi barvni sliki (Kotnik, 2003):

- zmanjšane razlike vpijanja barve na delih površine lesa, kjer je bilo brušenje izvršeno v prečni smeri ali na čelnem rezu dajejo bolj izenačeno barvno sliko;
- zadovoljivo obarvanje dosežemo celo na pomanjkljivo pripravljenih delih površine (lepilo v porah ali spojih furnirja) ali na delih površine, popravljenih s kitanjem;
- možno je celo nanašanje na lesno površino, predhodno impregnirano ali lakirano s tanjšim nanosom temeljnega laka;
- manjši dvig lesnih vlaken;
- film temeljne barve omogoča po sušenju učinkovito glajenje s finimi brusnimi krtačami ali celo z brusnimi papirji, kar omogoča zmanjšanje porabe laka;
- z zmanjšano koncentracijo pigmentov je možno transparentno obarvanje površine;
- z brizganjem na del površine izdelka pred končnim lakiranjem je omogočeno senčenje;
- čistost barve in izrazitost texture lesa pa sta običajno slabši kot pri lužilih.

Delitev temeljnih barv (Kotnik, 2003):

- nitro temeljne barve,
- temeljne barve za poliester,
- poliuretanske temeljne barve,
- oljne temeljne barve,
- vodne temeljne barve.

## 2.5.4 Kiti in polnilci por

Kiti so visoko viskozna, tiksotropna, pastozna premazna sredstva, ki jih uporabljamo za izravnavanje površine lesa z zapolnjevanjem površinskih vdolbin. Kitanje poteka z nanašanjem debelejšega filma z naknadnim vtiskovanjem v vdolbine ter glajenjem celotne površine z lopatico ali z valjem. Vsebujejo eno ali dvokomponentno vezivo, raztopljeno v organskih topilih ali dispergirano v vodi, polnila in barvne pigmente. Starejši tipi kitov za ročno in strojno kitanje, izdelani na osnovi nitroceluloznega ali alkidnega veziva, ki se sušijo le z oddajanjem topila ali z oksidativnim utrjevanjem, se vse hitreje umikajo iz uporabe. Nadomeščajo jih sodobnejše vrste, izdelane na osnovi poliuretanskih, polikondenzacijskih ali poliestrskih veziv, UV utrjujočih poliestrov ali disperzij akrilatih smol. Po tehniki nanašanja se kiti delijo v dve skupini (Kotnik, 2003):

- **kiti za lopatico**, ki jih uporabljajo le še za ročna lokalna popravila napak,
- **kiti za valjni nanos**, ki jih nanašamo z valjčnim strojem za kitanje.

## 2.6 LAKI

Laki, ki jih sedaj uporabljajo v površinski obdelavi pohištva iz lesa in/ali lesnih tvoriv, so tekoča filmogena premazna sredstva, ki jih po svojem osnovnem dekorativnem učinku - barvi, ki jo izkazuje film laka na obdelani površini, lahko razdelimo v osnovne skupine, ki so:

- brezbarvni laki,
- transparentni ali lazurni laki,
- barvni laki.

Po vrsti veziva, ki prevladujejo vpliva na potek sušenja ali kemijske reakcije utrjevanja pri nastajanju polimera v suhem filmu, uvrščamo lake za površinsko obdelavo pohištva v osnovne skupine, ki so:

- celulozno nitratni (nitrocelulozni),
- polikondenzacijski s kislim utrjevalcem,
- poliuretanski,
- poliakrilatni,
- drugi laki.

Glede na fazo, v katerem je vezivo v topilu, se ločijo laki na:

- raztopinske (vezivo je v topilu homogeno raztopljeno),
- disperzijske (vezivo je dispergirano oz. emulgirano v netopilu v obliki drobnih, delcev ali stabiliziranih kapljic).

Po prilagojenosti tehniki nanašanja na obdelovance se laki uvrščajo v eno ali več skupin, ki jih določajo specifične aplikacijske lastnosti. To so:

- laki za razprševanje,
- laki za valjanje,
- laki za polivanje,
- laki za umakanje,
- laki za oblikovanje.

Po načinu sušenja in/ali utrjevanja se razvrščajo v skupine za (Kotnik, 2003):

- fizikalno sušenje pri normalnih razmerah (20 °C),
- fizikalno sušenje pri povišani temperaturi (30 °C do 60 °C),
- fizikalno sušenje v naraščajočem temperaturnem režimu in utrjevanje pri višji temperaturi (80 °C do 100 °C) ali z infrardečim (IR) sevanjem,
- fizikalno sušenje v naraščajočem temperaturnem režimu in utrjevanje z ultravijoličnim (UV) sevanjem,
- utrjevanje izključno samo z ultravijoličnim (UV) sevanjem,
- utrjevanje izključno samo z infrardečim (IR) sevanjem,
- utrjevanje izključno z elektronskim (ES) sevanjem,
- sušenje z mikrovalovnim (MV) segrevanjem.

## 2.7 VRSTE LAKOV

### 2.7.1 Nitrocelulozni laki (CN)

Celulozni nitrat oz. nitroceluloza je celulozni ester dušikove kisline, ki nastane pri nitriranju bombaža ali lesne celuloze. Nitriranje je uvajanje nitro skupin ( $-NO_2$ ) v organsko substanco z zmesjo koncentrirane žveplove in dušikove kisline. Zaradi krhkosti nitroceluloznega filma lakom dodajo mehčala, dodatno pa CN lake izboljšajo z alkidnimi in drugimi smolami. Naštetim sestavinam dodajo še topila in sredstva za povečanje brusnosti ter za motnenje laka. Pomembne lastnosti teh lakov so dobro omakanje površine, s čimer poživijo tako teksturo kot tudi barvo lesa, hitrost sušenja, brusnost, enostavnost priprave in enostavnost popravila lakiranih površin. Slabe lastnosti teh lakov pa so pomanjkljivo doseganje danes zahtevanega nivoja kvalitete površine in zelo velika vsebnost topil, ki med utrjevanjem izhajajo v ozračje.

### 2.7.2 Poliuretanski laki (PU)

Poliuretanski laki so danes najpomembnejša skupina dvokomponentnih in enokomponentnih reakcijskih lakov s srednjeviskozno vsebnostjo filmotvorne snovi. Prvi tovrstni sistem je razvila nemška firma Bayer in ga poimenovala po začetnicah komercialnih nazivov obeh svojih reakcijskih komponent (Desmophen za poliol in



Desmodur za izocianat) z nazivom **DD** laki. Poliuretanski brezbarvni laki na leseni površini tvorijo polne filme z zelo dobro oprijemljivostjo, trajno elastičnostjo, povišano trdoto in žilavostjo. Motni laki imajo zelo lep in enakomeren lesk ter mehak in gladek otip. Temeljni laki se zelo dobro brusijo, sijajni laki imajo zelo visok sijaj, po trdoti pa zaostajajo za poliestrskimi laki. Z dvokomponentnimi poliuretanskimi laki obdelujemo najbolj kakovostno površino iz furniranih plošč, MDF plošč in masivnega pohištva (sobno in kuhinjsko pohištvo, mizne plošče, stole ...).

Enokomponentni PU laki se zaradi enostavnosti priprave uporabljajo za lakiranje vrat iz masivnega lesa, parketa in v mizarskih delavnicah. V splošnem so PU laki elastični, imajo dobro adhezijo na les, so zelo obstojni, nezahtevni za utrjevanje, radi pa spremenijo barvo - rumenijo zaradi UV svetlobe, včasih počasi utrjujejo in so precej dragi. PU izolacije so nizkoviskozni brezbarvni laki, ki imajo manjšo vsebnost suhe snovi in ki jih nanašamo na nekatere vrste lesa pred nadaljnjo obdelavo s poliestrskimi laki. S tem se zmanjša škodljiv vpliv nekaterih sestavin lesa na potek utrjevanja poliestrskih lakov oz. izboljša oprijem le-teh na obdelovalno površino.

### 2.7.3 Poliestrski laki (PE)

Poliestrski laki so v površinski obdelavi pohištva pomembna skupina reakcijskih lakov, pri katerih nastaja iz nizkoviskoznih izhodiščnih tekočih komponent, ki vsebujejo le malo izparljivih topil, na površini obdelovancev debel, netopen, mehansko in kemijsko zelo odporen film polimera; ta nastane z reakcijo kopolimerizacije. Nasičene poliestrske smole so polimerni produkti (molske mase do 3000) reakcije polikondenzacije med izhodiščnimi nenasičenimi dvovalentnimi kislinami z dvo- ali polivalentnimi alkoholi, raztopljenimi v tekočih monomernih spojinah. Od teh se največ uporabljajo stiren in razni akrilni estri, za posebne namene pa smole raztapljamo tudi v raznih pravih topilih. Parafinski tipi poliestrskih lakov vsebujejo PE smolo, stiren, parafin ... Parafin na začetku utrjevanja splava na površje, kjer tvori tanek, moten parafinski film, ki preprečuje dostop zračnega kisika do utrjujočega polimera. Zračni kisik zavira reakcijo utrjevanja, površina filma pa bi ostala mehka, lepljiva in neutrjena. Parafinski film prav zato zmanjša izgubo stirena. Za obdelavo pri različnih temperaturah uporabljajo parafine pri različnih tališčih. Pri brezparafinskih lakih so poleg nenasičene PE smole dodana še razna veziva (nitroceluloza), stiren in druga topila ter pomožna sredstva za izboljšanje površinskih lastnosti. Pri PE lakih tvori fizikalni sušeči del veziva zaščitni film pred zaviralnim delovanjem zračnega kisika na potek reakcije kopolimerizacije in izboljša tudi sijaj filma. UV utrjujoči poliestrski laki imajo podobno zgradbo kot ostali PE laki, le da imajo poleg PE smol, stirena, polnil, dodan še fotoiniciator, ki pri obsevanju z UV svetlobo v filmu sproži reakcijo kopolimerizacije. Ti laki imajo dobro oprijemljivost (razen na nekaterih temno obarvanih lesenih površinah, kot so oreh, mahagoni, palisander, ter pri lesovih, ki imajo mastno površino, to je npr. pri tiku). Problematična je odpornost filma proti svetlobi. Večkrat se uporablja za zelo sijajno pohištvo ali pa se kot barvni film nanaša na lesna

tvoriva. Pri večjih nanosih lakirane površine nikakor ne smemo postavljati v vertikalni položaj, ker lak odteka.

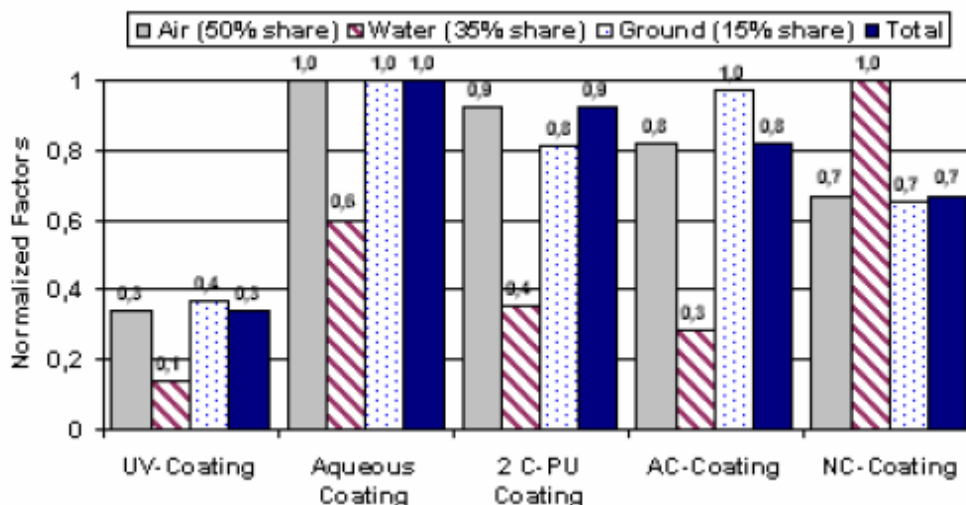
#### **2.7.4 Poliakrilatni laki (A)**

Poliakrilatni (skrajšano poliakrilni ali akrilni laki) spadajo v novejšo skupino lakov. Akrilne in akrilkopolimerne smole v sestavi lakov lahko občutno izboljšajo tehnične lastnosti le-teh. Tudi pri CN lakih dodatek akrilne smole ali uporaba z akrilatom modificirane alkidne smole izboljša številne lastnosti filma. V skupini PU lakov so PU - akrilni laki (na osnovi oligomernih hidroksiakrilatov in ustreznih izocianatov) po večini tehničnih lastnosti najboljši. V skupini vodnih lakov so akrilne smole najpogostejše uporabljena komponenta veziva, tako v enokomponentnih, dvokomponentnih in UV utrjujočih tipih vodnih lakov. V trenutni fazi razvoja se PA laki v površinski obdelavi pohištva uporabljajo kot brezbarvni in barvni, temeljni in končni laki, predvsem za valjni nanos in UV utrjevanje.

#### **2.7.5 Vodni laki (V)**

Vodni laki so z vodo razredčljivi laki, pri katerih se največkrat uporablja akrilno in poliuretansko vezivo ali kombinacija obeh veziv, dispergirana v vodi. Tudi vodni laki vsebujejo manjšo količino organskih topil, redkeje pa so celo brez njih. Vodni laki so lahko eno- ali dvokomponentni, uveljavili so se tudi vodni laki za UV utrjevanje. Zaradi majhne vsebnosti HOS in dokaj enostavnega prehoda s premazov na osnovi organskih topil na vodne lake in razvoja sušilnikov, ki omogočajo zelo hitro sušenje (mikrovalovni, adsorpcijski, kondenzacijski sušilniki, karbonske IR žarnice ...), se je njihova poraba v zadnjih letih precej povečala.

Vendar je po analizi nekaterih strokovnjakov (Frumen, 2007) o okoljski učinkovitosti vodnih premazov (slika 6) skupno onesnaženje okolja večje kot pri ostalih premazih. Razlog za to je večja poraba energije za odstranitev vode iz nanosenega premaza, s tem se bolj onesnažuje zrak, zaradi težavne ali včasih celo nemogoče odstranitve organskih topil iz neizkoriščenega premaza pa so bolj onesnažena tudi tla in voda.



**Slika 6:** Onesnaževanje okolja pri uporabi različnih vrst lakov pri površinski obdelavi vratnih kril (Frumen, 2007)

#### 2.7.5.1 Enokomponentni vodni laki

Enokomponentni laki so običajno disperzije ali emulzije akrilnih ali PU polimerov v vodi. Na voljo so v brezbarvni in barvni obliki in jih je možno nanašati z valjanjem, brizganjem, potapljanjem in oblivanjem. Dispergirani enokomponentni vodni laki tvorijo filme slabše kakovosti, emulzijski PU in PA (poliakrilatni) laki pa že dosegajo podobne lastnosti kot raztopljeni v organskih topilih. Emulzijski laki nudijo široke možnosti variacij lastnosti za posebne namene. Zaradi enostavne uporabe je njihova uporaba bolj razširjena kot uporaba dvokomponentnih ali UV vodnih lakov.

#### 2.7.5.2 Vodni UV laki

Vodni UV laki so novejša vrsta lakov na tržišču in so se zaradi svojih dobrih lastnosti hitro uveljavili. Lastnosti njihovih filmov se lahko primerjajo z lastnostmi akrilnih UV lakov, zaradi nižje viskoznosti pa so primerni tudi za brizganje in polivanje. Razvili so se, ker so postali UV laki, prilagojeni brizganju in polivanju, problematični zaradi prevelike vsebnosti topil, pri UV lakih s 100 % deležem suhe snovi pa se pogosto pojavlja problem pregloboke penetracije laka. Izdelani so iz vodnih disperzij nenasičenih PE smol, raztopljenih v stirenu ali iz akrilno in akrilkopolimernih sistemov. Slednji so zaradi škodljivosti stirena bolj razširjeni.

Ena slabših lastnosti UV vodnih lakov je potreba po odstranitvi vode pred UV utrjevanjem. Zato je potrebno 15- do 20-minutno sušenje v sušilnem tunelu pri temperaturi med 40 °C in 60 °C ali 2- do 3-minutno sušenje pri temperaturi 60 °C do 80 °C, če to izdelek dopušča. Za skrajšanje časa sušenja se v praksi veliko uporablja IR, mikrovalovne in šobne sušilnike; s tem se čas sušenja skrajša na 5 do 10 minut. Velika prednost teh lakov pa je možnost pakiranja obdelanih preizkušancev takoj po UV utrjevanju.

#### Prednosti vodnih lakov:

- majhen delež hlapnih organskih spojin (HOS),
- visok delež suhe snovi,
- ne vsebujejo zdravju škodljivih dodatkov in so skoraj nevtralni (vrednost pH je okrog 7),
- omogočajo ponovno uporabo overspraya,
- spojev, zlepljenih s PVA lepili, ne omehčajo.

#### Slabosti vodnih lakov:

- embalaža in pokrivni elementi morajo biti iz nerjavečih materialov,
- pri transportu in skladiščenju mora biti temperatura nad 0 °C,
- pri nanašanju mora biti temperatura nad 18 °C,
- zaradi dviga lesnih vlaken je površina bolj hrapava,
- razlivanje je slabše zaradi velike površinske napetosti,
- za kvalitetno površino je potrebno pogostejše čiščenje in pranje nanašalne opreme,
- težko je doseči visok sijaj,
- čiščenje z vodo je mogoče samo takrat, ko se film še ni tvoril, drugače moramo uporabiti topilo,
- čiščenje odpadnih vod iz lakirne kabine je zahtevnejše,
- pri elektrostatskem nanašanju je potrebno navlaženje zraka.

### 2.7.6 Epoksidni laki

Epoksidni lak ali smola je kopolimer, ki nastane iz dveh različnih kemikalij. Epoksidne smole so sestavljene iz monomerov ali iz polimerov kratke verige z epoksidno skupino na obeh koncih. Najpogostejše epoksidne smole nastanejo pri reakciji med epiklorohidrinom in bisfenolom-A, čeprav le-tega lahko nadomestimo z drugimi kemikalijami. Utrjevalec je sestavljen iz aaminskih monomerov. Če obe komponenti pomešamo med seboj, aminske skupine reagirajo z epoksidno skupino in tvorijo kovalentno vez. Vsaka aminska skupina lahko reagira z epoksidno skupino, tako da je rezultat močno zamrežen polimer. Proces polimerizacije se imenuje utrjevanje in ga je mogoče nadzorovati s temperaturo, izbiro spojin in utrjevalcem ter razmerjem med spojinami v zmesi. Postopek lahko traja od nekaj minut do štiriindvajset ur. Za utrjevanje nekaterih epoksidov je potrebna predvsem povišana temperatura, nekateri pa utrjujejo dalj časa pri sobni temperaturi (Wikipedia, the free encyclopedia, 2011).

Epoksidni premazi se uporabljajo na raznih področjih, vse od epoksidnih tlakov, za zaščito lesa, izdelovanje kalupov čolnov, pri izdelavi ribiške opreme, v modelarstvu in predvsem za zaščito pred vodo. Pomembno je, da pripravimo zmes s čim bolj pravilnim razmerjem med obema komponentama, drugače se lastnosti utrjenega premaza lahko poslabšajo. Če dodamo premalo utrjevalca (maks. 10 %), je trdota utrjenega premaza približno enaka kot pri pravilnem razmerju, le utrjevanje premaza poteka dlje. Nasprotno pa se zgodi, če dodamo preveč utrjevalca: utrjen premaz bo manj trd kot premaz s pravilnim razmerjem med obema komponentama. Epoksidni premazi so za polimerne materiale (plastiko) zelo

agresivni. Zato je pomembno, da posoda, v kateri pripravljamo zmes, ni iz plastike (slika 7).



**Slika 7:** Epoksidni premaz v deformiranem plastičnem lončku (Totisurf, 2011)

### 3 MATERIALI IN METODE

Preizkušance, ki smo jih uporabili za preizkušanje, smo izdelali iz češnjevega lesa (*Prunus avium* L.). Češnjev les za preizkušance smo izbrali zato, ker bomo rezultate naloge uporabili pri izbiri primerne premaznega sistema za lesene umivalnike iz češnjevine. Standardne preizkuse smo opravljali s preizkušanci različnih dimenzij in orientacij, da bi bili čim bolj podobni realnim elementom, iz katerih bo zlepljen lesen umivalnik.

#### 3.1 MATERIALI

Pripravili smo preizkušance naslednjih dimenzij in orientacij (vsi preizkušanci so po površini 150 mm × 70 mm orientirani radialno, tangencialno in prečno):

- preizkušanci radialnega prereza dimenzij (150 ± 2) mm × (70 ± 2) mm × (20 ± 1) mm (8 preizkušancev),
- preizkušanci tangencialnega prereza dimenzij (150 ± 2) mm × (70 ± 2) mm × (20 ± 1) mm (8 preizkušancev),
- preizkušanci prečnega prereza dimenzij (150 ± 2) mm × (70 ± 2) mm × (20 ± 1) mm (8 preizkušancev),
- širinsko lepljeni preizkušanci dimenzij (600 ± 2) mm × (150 ± 2) mm × (20 ± 1) mm (4 preizkušanci)
- preizkušanci dimenzij (40 mm × 20 mm × 10 mm) (10 preizkušancev),
- preizkušanci prečnega prereza (P/T) dimenzij (150 ± 2) mm × (70 ± 2) mm × (20 ± 1) mm (7 preizkušancev),

Premaza za nanos na preizkušance:

- EPOX 210 A+B, šifra: UN 2735, proizvajalec Samson Kamnik d.o.o., Kovinarska c. 28, 1241 Kamnik, Slovenija. Mehanske lastnosti utrjenega filma EPOX 210 A+B pri razmerju med obema komponentama 2:1 (utežni deli): natezna trdnost 40 N/mm<sup>2</sup>, raztezek pri pretrganju (4–5) %, modul elastičnosti 2300 N/mm<sup>2</sup>, utrjevanje odvisno od skupne količine veziva od 6 do 24 ur, končna trdnost po 24 urah;
- premazno sredstvo EPOLOR HB: dvokomponentni, modificiran epoksidni premaz, šifra: 2031103, proizvajalec HELIOS, Tovarna barv, lakov in umetnih smol Količevo, d.o.o., Količevo 65, 1230 Domžale, Slovenija, delež suhe snovi od 81 % do 85 %.

Lepilo v lepljenih preizkušancih:

- vodoodporno lepilo za lepljenje lesa, šifra: EN 204-D3, proizvajalec MITOL, tovarna lepil, d.d., Sežana, Partizanska cesta 78, 6210 Sežana, Slovenija.

### 3.2 PRIPRAVA PREIZKUŠANCEV

Preizkušance različnih orientacij smo izdelali iz desk lesa češnje, debeline 27 mm. Elementi so bili strojno obdelani na skobeljnim stroju na debelino 22 mm. Na skobljane elemente smo nanесли vodoodporno lepilo za les proizvajalca MITOL. Skobljani elementi so bili dolžine od 45 cm do 80 cm. Lesene elemente smo stisnili s stiskalnico za lepljenje lesa. Zlepljeni elementi so bili širine od 7,5 cm do 15,5 cm. Nato smo zlepljene elemente razrezali na formatnem žagalnem stroju na dimenzije  $(150 \pm 2)$  mm  $\times$   $(70 \pm 2)$  mm  $\times$  22 mm in  $(600 \pm 2)$  mm  $\times$   $(150 \pm 2)$  mm  $\times$  22 mm. Debelino  $(20 \pm 1)$  mm smo dosegli z brušenjem preizkušancev na tračnem brusilnem stroju z brusnim papirjem granulacije 180.

Izdelali smo preizkušance različnih orientacij (radialne, prečne in tangencialne), da smo lahko preizkušanja najbolj približali modelu lesenega umivalnika, saj je lesen umivalnik sestavljen iz elementov vseh treh orientacij lesa (radialne, prečne in tangencialne). Zaradi zelo tankih nanosov premaznega sredstva smo preizkušance dimenzij  $(150 \pm 2)$  mm  $\times$   $(70 \pm 2)$  mm  $\times$   $(20 \pm 1)$  mm in dimenzij  $(600 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 20 \text{ mm})$  osemkrat premazali z dvokomponentnim premazom Epox 210. Vsi preizkušanci so bili predhodno obrušeni z vibracijskim brusilnim strojem z brusnim papirjem granulacije 180.

Po vsakem nanosu premaznega sredstva smo premaz sušili 24 ur pri temperaturi 23 °C in relativni zračni vlažnosti 50 %. Nato smo ga pobrusili z brusnim papirjem granulacije 220. Na ostalih petih ploskvah smo preizkušance premazali z dvokomponentnim sredstvom EPOLOR HB, da smo preizkušance zaščitili pred navlaževanjem. Tako so bili preizkušanci pripravljeni za meritve kapilarnega navzema in izgube tekoče vode.

Sedem preizkušancev dimenzij  $(150 \pm 2)$  mm  $\times$   $(70 \pm 2)$  mm  $\times$   $(20 \pm 1)$  mm smo pripravili tako, da smo vse robove porezkali v polkrožno obliko radija 8 mm, zato da je bil premazni sistem na robovih manj občutljiv na udarce. Merili smo adsorpcijo in desorpcijo vodne pare skozi film premaznega sredstva. Preizkušanci so bili premazani s premaznim sredstvom in pred vsakim novim nanosom premaza pobrušeni z brusnim papirjem granulacije 220.

Preizkušanci dimenzij  $600 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$  so bili premazani po vseh ploskvah po osemkrat, pred vsakim novim nanosom smo površino utrjenega premaza obrusili z brusnim papirjem granulacije 220. Te preizkušance smo uporabili za: določanje odpornosti premaznega sredstva proti udarcu, določitev odpornosti proti razenju, meritve oprijemnosti premaznega sredstva na podlago ter preizkus odpornosti proti različnim tekočinam in toploti.

Izdelali smo tudi preizkušance dimenzij  $40 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$  (10 preizkušancev), da bi lahko z gravimetrično metodo določili vlažnost lesa. Na preizkušancih ni bilo premaznega sredstva. Preizkušance smo sušili 12 ur pri temperaturi  $(103 \pm 2)$  °C, do

absolutno suhega stanja. Nato smo iz razlik mas preizkušancev pred sušenjem in po njem izračunali vlažnost preizkušancev.

### 3.3 POSTOPKI UGOTAVLJANJA IZBRANIH LASTNOSTI

Kvaliteto premaznega sistema oz. njegovo potencialno uporabnost za obdelavo lesenih umivalnikov iz češnjevega lesa smo ugotavljali na osnovi rezultatov naslednjih meritev oziroma preizkusov:

- določanje prepustnosti za tekočo vodo (SIST EN 927-5:2000),
- določanje prepustnosti za vodno paro (SIST EN 927-4:2000),
- določanje odpornosti površine proti udarcu (SIST ISO 4211-4:1995),
- preizkus z razenjem (SIST EN ISO 1518:1992),
- merjenje oprijemnosti z metodo odtrgovanja filma (SIST EN 4624:2004),
- ugotavljanje odpornosti proti hladnim tekočinam (voda, aceton in čistilo), (SIST EN 12720:1997),
- določanje odpornosti površine proti suhi (SIST EN 12722:1997) in vlažni toploti (SIST EN 12721:1997).

#### 3.3.1 Prekondicioniranje preizkušancev po standardu (SIST EN 927-5:2000)

Znano je, da se prepustnost pri nekaterih tipih premazov lahko občutno spremeni v relativnem kratkem času po prvi izpostavljenosti vodi. Za takšne premaze vrednosti prepustnosti, pridobljene v kratkem časovnem obdobju, niso nujno enake kot pri tistih, ki so pridobljene v daljšem časovnem obdobju. Zaradi tega razloga je potrebno, da so vsa premazna sredstva pred začetkom absorpcijskega cikla izpostavljena postopku izpiranja.

Ta preizkus mora biti izveden dvakrat na sledeč način:

- preizkušanec mora 24 h plavati na vodi tako, da je preizkušena, prednja stran potopljena v vodo;
- 3 h sušenja v sušilniku pri  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  in relativni zračni vlažnosti  $(65 \pm 5) \%$ ;
- 3 h sušenja v sušilniku pri  $50 ^\circ\text{C}$ ;
- 18 h sušenja v sušilniku pri  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  in relativni zračni vlažnosti  $(65 \pm 5) \%$ .

Po prekondicioniranju morajo biti preizkušanci klimatizirani tako, da jih vrnemo v kontrolirano okolje s temperaturo  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  in relativno zračno vlažnostjo  $(65 \pm 5) \%$ , dokler preizkušanci ne dosežejo konstantne mase.

#### 3.3.2 Določanje prepustnosti za tekočo vodo po standardu (SIST EN 927-5:2000)

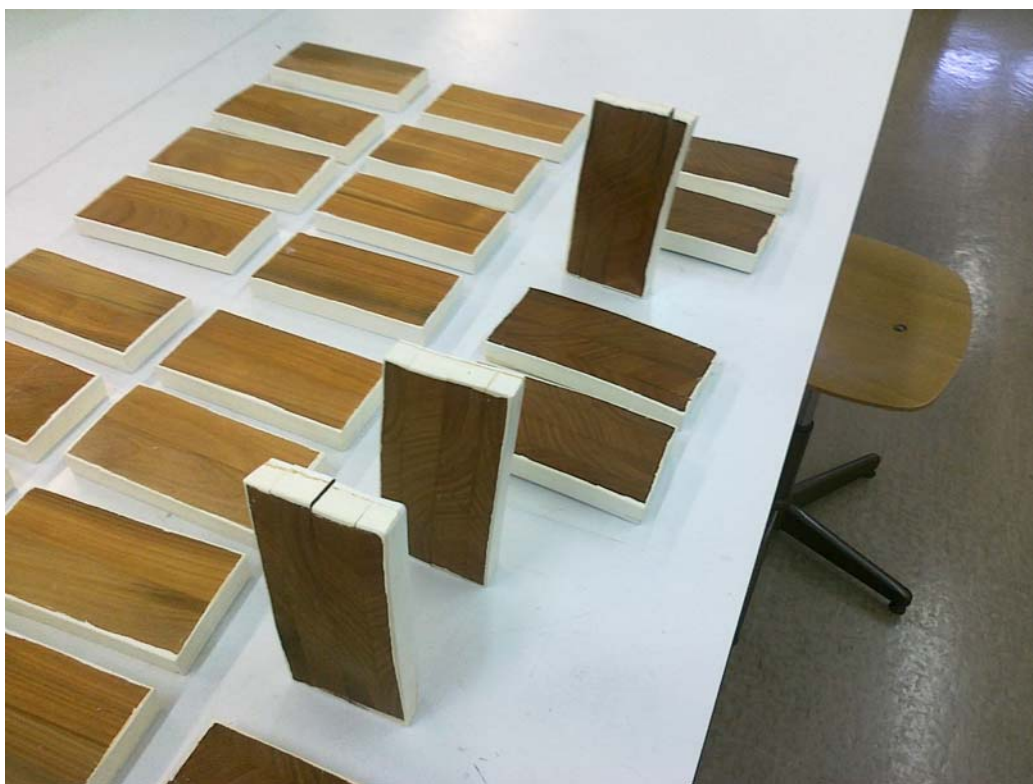
S preizkusom ocenjujemo prepustnost preizkusnega premaza za tekočo vodo v primerjavi s prepustnostjo nepremazanih preizkušancev. Pripravili smo po osem preizkušancev različnih prereзов (radialni, prečni in tangencialni), dimenzij  $(150 \pm 2) \text{ mm} \times (70 \pm 2) \text{ mm} \times (20 \pm 1) \text{ mm}$  (slika 8). Premaz, katerega prepustnost smo preizkušali, smo nanесли le na



eno površino  $(150 \pm 2) \text{ mm} \times (70 \pm 2) \text{ mm}$ , ostale površine na preizkušancih pa smo premazali z zaščitnim premazom Epolor HB. Pred namakanjem v vodi smo preizkušance stehali. Nato smo jih previdno položili, s preizkusno površino  $(150 \pm 2) \text{ mm} \times (70 \pm 2) \text{ mm}$  obrnjeno navzdol, tako da so plavali na gladini vode. Preizkušance smo pustili na vodni gladini 3 dni. Ko smo jih vzeli iz vode, smo jih obrisali s suho krpo in stehali. Po končanem preizkušanju smo izračunali navzem tekoče vode, tako da smo maso preizkušanca pred preizkusom odšteli od mase preizkušancev po tridnevnem vodnem preizkusu in dobili maso absorbirane tekoče vode.

Odločili smo se, da naredimo še preizkus desorpcije, kar sicer v standardu SIST EN 927-5:2000 ni predpisano.

Za preizkus kapilarnega izgubljanja tekoče vode, se pravi izločitev vode iz preizkušancev, pa pustimo preizkušance pri temperaturi  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  in relativni zračni vlagi  $(65 \pm 5) \%$  tri dni. Preizkušance stehamo in odštejemo maso preizkušancev po vodnem preizkusu in dobimo maso kapilarne tekoče vode v g. Rezultate podamo kot maso absorbirane ali desorbirane tekoče vode na enoto površine v  $\text{g/m}^2$ .



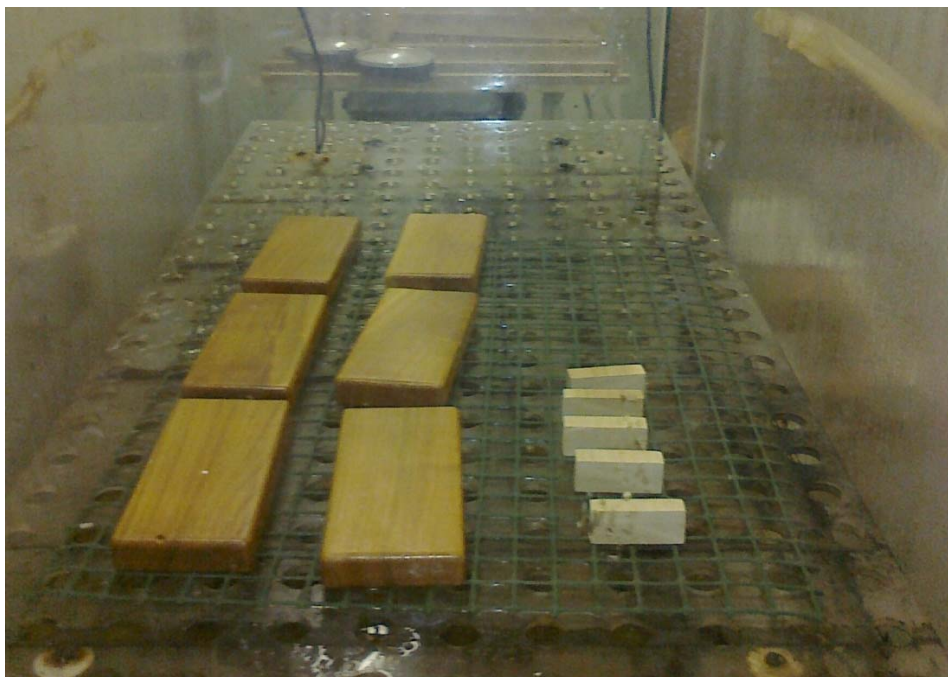
**Slika 8:** Preizkušanci (radialni, prečni in tangencialni) za preizkus kapilarnega vsrkavanja in izgubljanja tekoče vode po standardu SIST EN 927-5:2000 s premaznim sredstvom in tudi brez premaznega sredstva

### 3.3.3 Določanje prepustnosti za vodno paro (SIST EN 927-4:2000)

Preizkus adsorpcije in desorpcije vodne pare po standardu SIST EN 927-4 je v principu zelo podoben preizkusu absorpcije in desorpcije tekoče vode po standardu SIST EN 927-5. Razlika je v pripravi preizkušancev. V tem primeru so bili preizkušanci s premaznim sredstvom premazani po vseh šestih površinah (sliki 9 in 10). Vsi robovi so bili porezkani z rezkarjem premera 8 mm. Preizkušanci so bili dimenzij  $(150 \pm 2) \text{ mm} \times (70 \pm 2) \text{ mm} \times (20 \pm 1) \text{ mm}$ . Postavili smo jih v komoro, nasičeno z vodno paro (slika 10), pri temperaturi  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  za 21 dni. S tehtanjem smo nato določili maso adsorbirane vodne pare in po treh dneh izpostavitve sobni klimi  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , relativna zračna vlažnost  $(65 \pm 5) \%$ , še desorpcijo vodne pare.



**Slika 9:** Preizkušanci za določanje prepustnosti za vodno paro



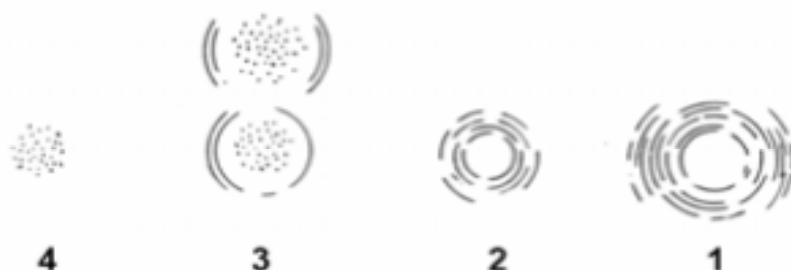
**Slika 10:** Preizkušanci v komori, nasičeni z vodno paro (SIST EN 927-4:2000)

### 3.3.4 Določanje odpornosti površine proti udarcu (SIST ISO 4211-4:1995)

Odpornost površine proti udarcu smo določali tako, da smo železno utež mase 500 g spuščali na jekleno kroglico, ki ima premer 14 mm. Utež smo začeli spuščati z višine 10 mm. Poškodbe so bile komaj zaznavne, zato smo nadaljevali s spuščanjem uteži še z višin 25 mm in 50 mm. Na preizkušanece smo na različnih mestih spustili utež po petkrat. Izvedli smo po tri preizkuse za vsako višino. Udarci so bili izvršeni pravokotno na potek lesnih vlaken. Po izvršenih udarcih smo površine natančno pregledali z lupo. Nastale poškodbe smo ocenili z ocenami po lestvici od 1 do 5, kot je prikazano v preglednici 1 in na sliki 11. Po standardu smo odčitali tudi premer udrtine – deformacije, če je le-ta nastala.

**Preglednica 1:** Ocenjevanje poškodb po standardu SIST ISO 4211-4:1995

| Ocena | Opis                                                                                                                   |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5     | Ni nobenih sprememb.                                                                                                   |
| 4     | Razpok v filmu laka ni, na mestu udarca zaznamo samo deformacijo v obliki udrtine, ki je vidna v soju odbite svetlobe. |
| 3     | Na površini se pojavijo manjše razpoke (ponavadi ena ali dve), ki so lahko krožne ali polkrožne oblike.                |
| 2     | Pojavi se večje število razpok, ki so omejene znotraj deformacije oz. udrtine.                                         |
| 1     | Znotraj in zunaj deformacije oz. udrtine se pojavi večje število razpok in prihaja do luščenja filma laka.             |



**Slika 11:** Vrednotenje napak po standardu SIST ISO 4211-4:1995

### 3.3.5 Preizkus z razenjem (SIST EN ISO 1518:1992)

Preizkus z razenjem smo izvedli tako, da smo uporabili vzmetni svinčnik, v katerem je poloblasta igla s konico premera 1 mm (slika 12). Vzmetni svinčnik smo postavili na površino preizkušanca in pravokotno pritisnili na podlago. Sila pritiska konice na podlago je bila nastavljiva. Vzmetni svinčnik smo vlekli pravokotno na potek lesnih vlaken do 10 cm. Preizkuse smo ponovili po trikrat, za vsako silo posebej. Silo vzmetnega svinčnika smo povečevali po 2 N ali le po 1 N oz. tako dolgo, dokler širina sledi ni presegla 0,5 mm ali pa film premaza ni razpokal.



**Slika 12:** Vzmetni svinčnik za določanje trdote s preizkusom z razenjem po SIST EN ISO 1518:1992



### 3.3.6 Merjenje oprijemnosti z metodo odtrgovanja filma (SIST EN 24624:2004)

Najprej smo površino pečatov očistili in pobrusili z brusnim papirjem. Z brusnim papirjem granulacije 240 smo na rahlo pobrusili tudi površino premaza, tako da so se pečati bolje prilepili na površino. Pripravili smo zmes dvokomponentnega lepila (proizvajalec Uhu, Nemčija) in jo nanесли na pečate. Dvajset pečatov s premerom 20 mm smo prilepili na površino premaza in pustili 24 ur, da se je lepilo dokončno utrdilo. S kronskim rezilom smo odstranili lepilo okoli pečata vse do podlage. Deset pečatov smo nato za 2 h oblili z vodo, da bi kasneje lahko določili tako imenovano mokro oprijemnost. Namestili smo napravo za odtrgovanje pečatov (slika 13) in počasi povečevali silo do odtrganja pečata. Preizkus smo ponovili tudi na mokrih preizkušancih. Po odtrganju pečata smo ocenili, ali je bil lom adhezijskega tipa ali pa je prišlo do kohezijskega loma po lesu ali premazu.



**Slika 13:** Naprava za merjenje oprijemnosti površinskega premaza na podlago po standardu SIST EN 24624:2004

### 3.3.7 Ugotavljanje odpornosti proti hladnim tekočinam (voda, aceton in čistilo) (SIST EN 12720:1997)

Uporabili smo filtrirni papir z gramaturo 450 g/m<sup>2</sup> in premerom 25 mm. Tampone smo za 30 s potopili v izbrane tekočine, jih narahlo obrisali in položili na površino premaznega sredstva. Filtrirne papirje smo takoj pokrili s čašami premera 40 mm in višine 25 mm (slika 14). Filtrirni papir, pomočen v vodo, smo na površini pustili 24 ur, enako tudi tampon, ki je bil prepojen s koncentriranim čistilom. Preizkus odpornosti proti acetonu pa je potekal 2 minuti. Preizkuse z vodo in čistilom smo izvedli dvakrat. Po predpisanem času smo tampone odstranili in ostanke tekočin na rahlo popivnali s papirnato brisačo. Po 16 h do 24 h smo preizkušano površino zbrisali s papirnato brisačo, ki je bila predhodno namočena v standardno čistilo. Po 30 min po čiščenju smo ocenili stopnjo poškodbe, kot je prikazano v preglednici 2.

**Preglednica 2:** Ocene za določanje odpornosti proti tekočinam

| Ocena | Opis                                                                                                                                           |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5     | Ni nobenih sprememb.                                                                                                                           |
| 4     | Majhne spremembe v sijaju ali barvi, vidne samo v soju odbite svetlobe ali nekaj izoliranih manj poškodovanih mest.                            |
| 3     | Manjše poškodbe, vidne iz več zornih kotov, npr. vidno celotno mesto izpostavitve filtrirnega tampona ali čaše.                                |
| 2     | Večja poškodba, struktura površine večinoma nespremenjena.                                                                                     |
| 1     | Večja poškodba s spremenjeno strukturo površine ali popolnoma ali delno odstranjen površinski sloj ali pa se filtrirni papir lepi na površino. |



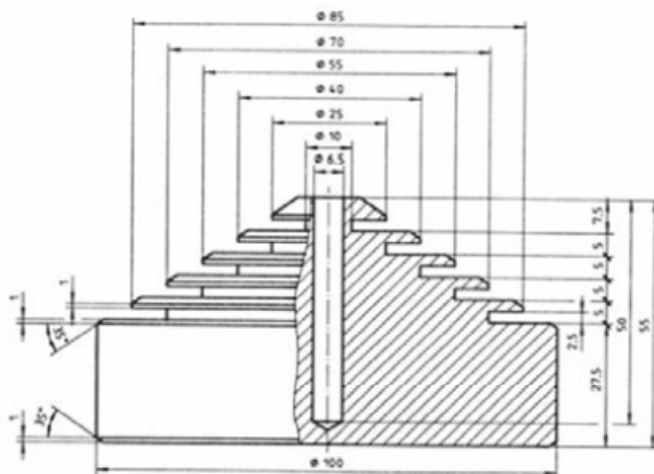
**Slika 14:** Preizkušanje odpornosti površinskega premaza proti hladnim tekočinam po standardu SIST EN 12720:1997

### **3.3.8 Določanje odpornosti površine proti suhi (SIST EN 12722:1997) in vlažni toploti (SIST EN 12721:1997)**

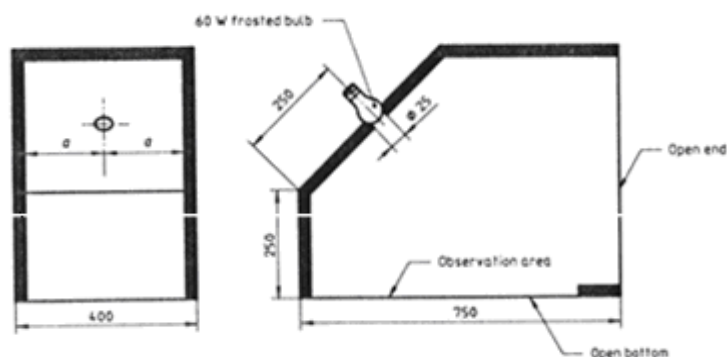
Odpornost proti suhi in mokri toploti smo določili po standardih SIST EN 12722:1997 in SIST EN 12721:1997. Na površino preizkušanca smo položili predhodno segret aluminijast disk (slika 15), segret na temperaturo 85 °C in ga tam pustili 20 min. Po odstranitvi diska smo mesto izpostavitve previdno zbrisali z mehko vpojno krpo. Po 24 h smo površino še enkrat zbrisali in pregledali. Površino smo pregledali pri dnevni in difuzni umetni svetlobi v posebni standardizirani črni komori (slika 16). Poškodbe smo ocenili številčno, kot je navedeno v preglednici 3. Postopek določanja odpornosti površine proti mokri toploti se razlikuje od določanja odpornosti površine proti suhi toploti v tem, da pod segret aluminijast disk s temperaturo 85 °C damo poliamidno krpo (najlon), ki je prepojena z 2 cm<sup>3</sup> destilirane vode.

**Preglednica 3:** Ocene za poškodbe površine pri preizkusu določanja odpornosti proti suhi in vlažni toploti po standardu SIST EN 12722:1997

| Ocena | Opis                                                                                                                |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5     | Ni nobenih sprememb.                                                                                                |
| 4     | Majhne spremembe v sijaju ali barvi, vidne samo v soju odbite svetlobe ali nekaj izoliranih manj poškodovanih mest. |
| 3     | Manjše poškodbe, vidne iz več zornih kotov, npr. vidno celotno mesto.                                               |
| 2     | Večja, razločno vidna poškodba ali manj poškodovana področja s spremembo v barvi ali strukturi površine.            |
| 1     | Večja poškodba z jasno vidno spremembo v barvi ali strukturi površine.                                              |

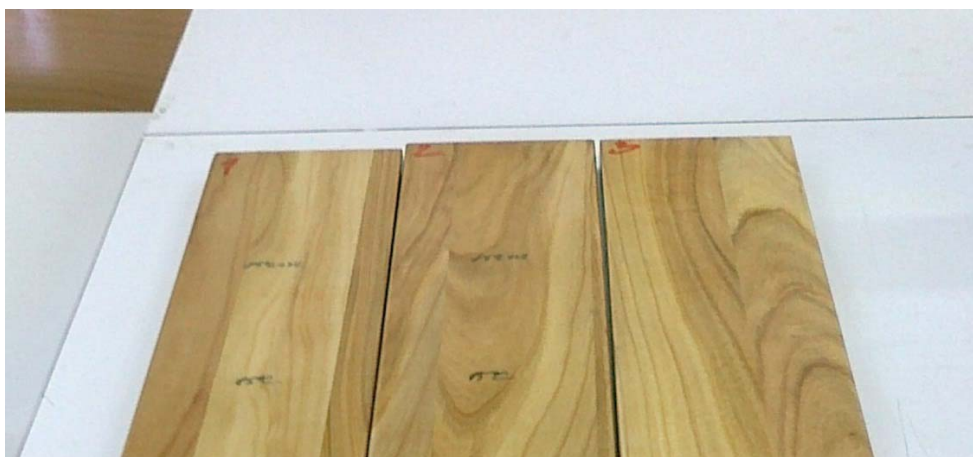


**Slika 15:** Aluminiјast disk po standardu SIST EN 12722:1997



**Slika 16:** Standardizirana črna komora za ocenjevanje poškodb





**Slika 17:** Preizkušanci za določanje odpornosti površine proti suhi in mokri toploti

## 4 REZULTATI

### 4.1 ZAČETNA VLAŽNOST LESENIH PREIZKUŠANCEV

Izdelali smo tudi preizkušance dimenzij (40 mm × 20 mm × 10 mm) (10 preizkušancev), da bi lahko z gravimetrično metodo določili vlažnost lesa. Na preizkušancih ni bilo premaznega sredstva. Preizkušance smo sušili 12 ur pri temperaturi (103 ± 2) °C, do absolutno suhega stanja. Izmerjeno povprečno vlažnost vseh preizkušancev smo upoštevali kot osnovno, začetno vlažnost vseh preizkušancev, ki smo jih preizkusili. Povprečna vlažnost lesa je znašala 12,3 %.

**Preglednica 4:** Mase lesenih preizkušancev za določitev vlažnosti ter izračunane vlažnosti preizkušancev

| Masa lesenih vzorcev za določitev vlažnosti U [g]: |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                    | 1.   | 2.   | 3.   | 4.   | 5.   | 6.   | 7.   | 8.   | 9.   | 10.  |
| $m_v$                                              | 6,3  | 6,8  | 7,0  | 6,8  | 7,0  | 6,7  | 6,4  | 6,8  | 6,5  | 6,9  |
| $m_0$                                              | 5,6  | 6,1  | 6,3  | 6,1  | 6,2  | 6,0  | 5,7  | 6,1  | 5,8  | 6,1  |
| U [%]                                              | 12,3 | 12,3 | 12,3 | 12,4 | 12,3 | 12,3 | 12,4 | 12,5 | 12,4 | 12,4 |
| $\bar{X}$ [%]                                      | 12,3 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

**Opombe:**  $m_v$  - masa vlažnega preizkušanca [g],  $m_0$  – masa absolutno suhega preizkušanca [g], U- vlažnost lesa [%],  $\bar{X}$  - povprečje;

### 4.2 DOLOČANJE NAVZEMA TEKOČE VODE

Povprečna masa kapilarnega navzema vode v les radialnih preizkušancev (RΔ) je znašala 7,03 g, pri tangencialnih (TΔ) 7,61 g in pri preizkušancih prečnega prereza (PΔ) 39,54 g. Povprečna masa vpote vode na enoto površine pri radialnih preizkušancih (RΔ/m<sup>2</sup>) je imela vrednost 235,76 g/m<sup>2</sup>, pri tangencialnih (TΔ/m<sup>2</sup>) je 255,22 g/m<sup>2</sup> in pri prečnih preizkušancih 1326,93 g/m<sup>2</sup>.

**Preglednica 5:** Navzem tekoče vode (kapilarni navzem tekoče vode) v preizkušance brez premaznega sredstva

| Št. vzorca: | $R_{\Delta}$ (g) | $T_{\Delta}$ (g) | $P_{\Delta}$ (g) | $R_{\Delta}/m^2$<br>(g/m <sup>2</sup> ) | $T_{\Delta}/m^2$<br>(g/m <sup>2</sup> ) | $P_{\Delta}/m^2$ (g/m <sup>2</sup> ) |
|-------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|
| $\bar{x}$   | <b>7,03</b>      | <b>7,61</b>      | <b>39,54</b>     | <b>235,76</b>                           | <b>255,22</b>                           | <b>1326,93</b>                       |

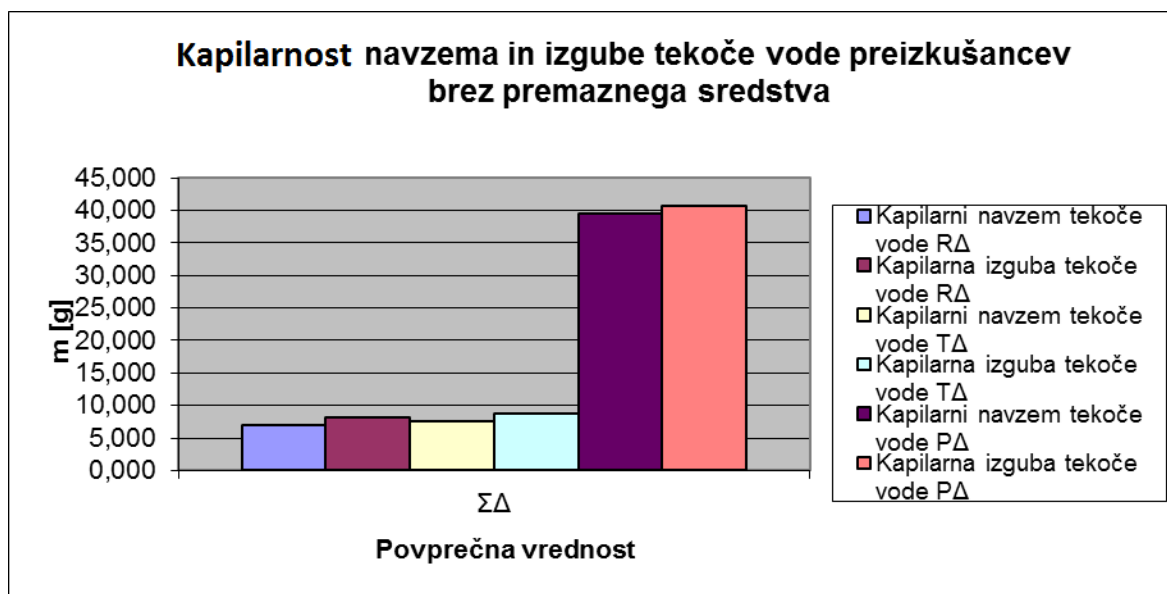
**Opombe:**  $R_{\Delta}$  – razlika mas preizkušancev radialnega prereza (g),  $T_{\Delta}$  – razlika mas preizkušancev tangencialnega prereza (g),  $P_{\Delta}$  – razlika mas preizkušancev prečnega prereza (g),  $R_{\Delta}/m^2$  – razlika mas preizkušancev radialnega prereza na enoto površine (g/m<sup>2</sup>),  $T_{\Delta}/m^2$  – razlika mas preizkušancev tangencialnega prereza na enoto površine (g/m<sup>2</sup>),  $P_{\Delta}/m^2$  – razlika mas preizkušancev prečnega prereza na enoto površine (g/m<sup>2</sup>);

Če od teh vrednosti odštejemo maso kapilarnega navzema vode (mase v preglednici 5), lahko ugotovimo, da so vsi vzorci oddali več vode, kot pa so jo v procesu kapilarne izgube navzeli (slika 18). Povprečna razlika mase radialnih preizkušancev ( $R_{\Delta}$ ) pred procesom kapilarne izgube in po njem znaša 1,05 g, tangencialnih ( $T_{\Delta}$ ) 1,12 g in prečnih preizkušancev ( $P_{\Delta}$ ) 1,21 g. Povprečne razlike mas na enoto površine imajo pri radialnih preizkušancih ( $R_{\Delta}/m^2$ ) vrednost 35,33 g/m<sup>2</sup>, pri tangencialnih ( $T_{\Delta}/m^2$ ) 37,79 g/m<sup>2</sup> in pri prečnih preizkušancih ( $P_{\Delta}/m^2$ ) 40,62 g/m<sup>2</sup>. To je gotovo posledica razpadanja (porušitve lepilnega spoja med malimi elementi) preizkušancev pri 72-urnem sušenju na zraku, kar je prikazano na sliki 8.

**Preglednica 6:** Izguba tekoče vode (kapilarne izgube) iz vzorcev brez premaznega sredstva

| Št. vzorca: | $R_{\Delta}$ (g) | $T_{\Delta}$ (g) | $P_{\Delta}$ (g) | $R_{\Delta}/m^2$<br>(g/m <sup>2</sup> ) | $T_{\Delta}/m^2$<br>(g/m <sup>2</sup> ) | $P_{\Delta}/m^2$<br>(g/m <sup>2</sup> ) |
|-------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| $\bar{x}$   | <b>8,08</b>      | <b>8,73</b>      | <b>40,75</b>     | <b>271,09</b>                           | <b>293,01</b>                           | <b>1367,55</b>                          |

**Opombe:**  $R_{\Delta}$  – razlika mas preizkušancev radialnega prereza (g),  $T_{\Delta}$  – razlika mas preizkušancev tangencialnega prereza (g),  $P_{\Delta}$  – razlika mas preizkušancev prečnega prereza (g),  $R_{\Delta}/m^2$  – razlika mas preizkušancev radialnega prereza na enoto površine (g/m<sup>2</sup>),  $T_{\Delta}/m^2$  – razlika mas preizkušancev tangencialnega prereza na enoto površine (g/m<sup>2</sup>),  $P_{\Delta}/m^2$  – razlika mas preizkušancev prečnega prereza na enoto površine (g/m<sup>2</sup>);



**Slika 18:** Povprečje mas kapilarnega navzema in izgube tekoče vode R, T, P pri preizkušancih brez premaznega sredstva

Kot smo pričakovali, je bil navzem vode pri premazanih preizkušancih dosti manjši kot pri nepremazanih preizkušancih (preglednica 7). Relativna sprememba vode v les radialnih preizkušancev ( $R_{\Delta}$ ) je znašala 0,81 g, pri tangencialnih ( $T_{\Delta}$ ) 0,91 g in pri preizkušancih prečnega prereza ( $P_{\Delta}$ ) 0,44 g. Povprečne mase na enoto površine so imele pri radialnih preizkušancih ( $R_{\Delta}/m^2$ ) vrednost 27,30 g/m<sup>2</sup>, pri preizkušancih tangencialnega prereza ( $T_{\Delta}/m^2$ ) 30,51 g/m<sup>2</sup> in pri prečnih preizkušancih 14,79 g/m<sup>2</sup>.

**Preglednica 7:** Prepustnost za tekočo vodo (kapilarni navzem tekoče vode) pri premazanih preizkušancih

| Št. vzorca: | $R_{\Delta}$ (g) | $T_{\Delta}$ (g) | $P_{\Delta}$ (g) | $R_{\Delta}/m^2$ (g/m <sup>2</sup> ) | $T_{\Delta}/m^2$ (g/m <sup>2</sup> ) | $P_{\Delta}/m^2$ (g/m <sup>2</sup> ) |
|-------------|------------------|------------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| $\bar{x}$   | 0,81             | 0,91             | 0,44             | 27,30                                | 30,51                                | 14,79                                |

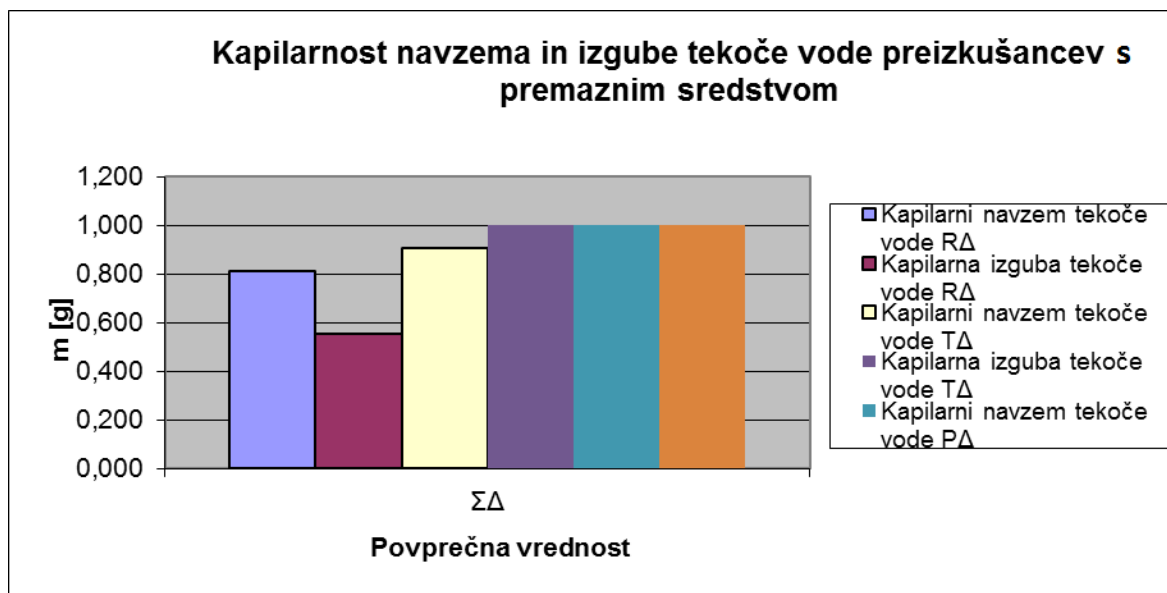
**Opombe:**  $R_{\Delta}$  – razlika mas preizkušancev radialnega prereza (g),  $T_{\Delta}$  - razlika mas preizkušancev tangencialnega prereza (g),  $P_{\Delta}$  - razlika mas preizkušancev prečnega prereza (g),  $R_{\Delta}/m^2$  - razlika mas preizkušancev radialnega prereza na enoto površine (g/m<sup>2</sup>),  $T_{\Delta}/m^2$  - razlika mas preizkušancev tangencialnega prereza na enoto površine (g/m<sup>2</sup>),  $P_{\Delta}/m^2$  - razlika mas preizkušancev prečnega prereza na enoto površine (g/m<sup>2</sup>);

Opazimo lahko razliko mas absorbirane in desorbirane vode med preizkušanci s premaznim sredstvom in preizkušanci brez premaznega sredstva. Razlika mas tangencialnih, radialnih in prečnih preizkušancev je približno petkrat večja kot pri preizkušancih brez premaznega sredstva.

**Preglednica 8:** Prepustnost za tekočo vodo (kapilarna izgube vode) pri premazanih preizkušancih

| Št. vzorca: | $R_{\Delta}$ (g) | $T_{\Delta}$ (g) | $P_{\Delta}$ (g) | $R_{\Delta}/m^2$<br>(g/m <sup>2</sup> ) | $T_{\Delta}/m^2$<br>(g/m <sup>2</sup> ) | $P_{\Delta}/m^2$<br>(g/m <sup>2</sup> ) |
|-------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| $\bar{x}$   | <b>0,55</b>      | <b>0,65</b>      | <b>0,63</b>      | <b>18,54</b>                            | <b>21,70</b>                            | <b>21,01</b>                            |

**Opombe:**  $RA$  – razlika mas preizkušancev radialnega prereza (g),  $TA$  – razlika mas preizkušancev tangencialnega prereza (g),  $PA$  – razlika mas preizkušancev prečnega prereza (g),  $RA/m^2$  – razlika mas preizkušancev radialnega prereza na enoto površine (g/m<sup>2</sup>),  $TA/m^2$  – razlika mas preizkušancev tangencialnega prereza na enoto površine (g/m<sup>2</sup>),  $PA/m^2$  – razlika mas preizkušancev prečnega prereza na enoto površine (g/m<sup>2</sup>);



**Slika 19:** Povprečje mas kapilarnega navzema in izgube vode R, T, P preizkušancev s premaznim sredstvom

#### 4.3 PREPUSTNOST ZA VODNO PARO

V preglednici 9 so podane mase preizkušancev pred preizkusom za določanje prepustnosti za vodno paro, po 3 tednih izpostavitve vodni pari ter po 72-urnem sušenju na normalni klimi.

**Preglednica 9:** Meritve preizkusa za določanje prepustnosti premaza za vodno paro

| Št. vzorca: | Masa [g] pred poskusom: | Masa [g] po 3 tednih izpostavitve vodni pari: | Masa [g] po 72-urah sušenja na normalni klimi: |
|-------------|-------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| $\bar{x}$   | <b>142,49</b>           | <b>148,72</b>                                 | <b>146,97</b>                                  |

Iz preglednice 10 so razvidne absolutne mase absorbirane in desorbirane vodne pare. Povprečna vrednost absorbirane vodne pare je znašala 6,23 g in masa na enoto površine 222,64 g/m<sup>2</sup>. Povprečna vrednost pri desorpciji vodne pare pa je znašala 1,75 g in masa na enoto površine 62,63 g/m<sup>2</sup>.

**Preglednica 10:** Adsorpcija in desorpcija vodne pare po 3 tednih

| Št. vzorca: | Adsorpcija vodne pare [g]: | Desorpcija vodne pare [g]: | Adsorpcija vodne pare [g/m <sup>2</sup> ]: | Desorpcija vodne pare [g/m <sup>2</sup> ]: |
|-------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| $\bar{x}$   | <b>6,23</b>                | <b>1,75</b>                | <b>222,64</b>                              | <b>62,63</b>                               |

#### 4.4 ODPORNOST POVRŠINE PROTI UDARCU

V prvem preizkusu (preglednica 11) pri višini 10 mm je bila povprečna vrednost ocene 4. Pri višini 25 mm je povprečna vrednost ocene znašala 3,6 in pri 50 mm 3.

**Preglednica 11:** Ocene odpornosti površinskega premaza proti udarcem – 1. preizkus

| Število preizkusa: | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. |
|--------------------|----|----|----|----|----|
| 10 mm              | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  |
| 25 mm              | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  |
| 50 mm              | 2  | 3  | 3  | 3  | 4  |

V preglednici 12 so ocene drugega preizkusa: povprečna vrednost za višino 10 mm je znašala 4. Za višino 25 mm je povprečna vrednost ocene 3,6 in za višino 50 mm 3,2.

**Preglednica 12:** Odpornost površinskega premaza na udarce – 2. preizkus

| Število preizkusa: | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. |
|--------------------|----|----|----|----|----|
| 10 mm              | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  |
| 25 mm              | 4  | 3  | 3  | 4  | 4  |
| 50 mm              | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  |

V preglednici 13 so še ocene tretjega preizkusa: povprečna vrednost za višino 10 mm je 3,8. Za višino 25 mm je povprečna vrednost ocene 3 in za višino 50 mm 2,6.

**Preglednica 13:** Odpornost površinskega premaza na udarce – 3. preizkus

| Število preizkusov: | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. |
|---------------------|----|----|----|----|----|
| 10 mm               | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  |
| 25 mm               | 3  | 2  | 3  | 3  | 4  |
| 50 mm               | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  |

#### 4.5 PREIZKUS Z RAZENJEM

Površinski sistem se je izkazal za dovolj odpornega proti razenju do obremenitve 13 N, ko je nastala sled širine 0,6 mm (preglednica 14). Le-ta se je pojavljala vse do obremenitve z 19 N, ko smo v filmu premaza zaznali razpoke (raza).

**Preglednica 14:** Odpornost površinskega sistema proti razenju

| Sila [N]: | Šir.<br>Sledi[mm]: | Poškodba filma: |
|-----------|--------------------|-----------------|
| 5         | 0,5                | ni poškodb      |
| 10        | 0,5                | sled            |
| 11        | 0,5                | sled            |
| 12        | 0,5                | sled            |
| 13        | <b>0,6</b>         | sled            |
| 15        | 0,6                | sled            |
| 16        | 0,6                | sled            |
| 17        | 0,6                | sled            |
| 18        | 0,6                | sled            |
| 19        | 0,7                | <b>raza</b>     |

#### 4.6 OPRIJEMNOST PREMAZNEGA SREDSTVA NA PODLAGO

Oprijemnost premaznega sredstva na podlago je bila izmerjena z metodo odtrgovanja pečata (preglednica 15, slika 13), ki je zalepljen na površino premaza. Metoda, ki smo jo izvedli, je potekala po suhem postopku. Rezultati so podani v preglednici 15. Pri odtrgovanju pečata lahko pride do adhezijskega loma med podlago in lakom ali kohezijskega loma po lesu ali premazu. Iz podatkov v preglednici 15 je razvidno, da je v šestih primerih prišlo do adhezijskega loma na stiku premaz – podlaga ter da je povprečna vrednost oprijemnosti znašala 7,16 MPa. V štirih primerih pa je prišlo do kohezijskega loma podlage (povprečna vrednost 7,67 MPa).

**Preglednica 15:** Oprijemnost premaznega sredstva na podlago (MPa)

| Št.<br>preizkusa:     | 1.       | 2.   | 3.   | 4.   | 5.   | 6.   | 7.   | 8.   | 9.   | 10.  |
|-----------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Oprijemnost<br>(MPa): | 6,81     | 7,26 | 6,77 | 7,19 | 7,80 | 7,89 | 7,21 | 7,98 | 7,13 | 7,60 |
| Vrsta loma*:          | A        | A    | A    | K    | A    | K    | A    | K    | A    | K    |
| $\bar{X}_{A, 1-6}^*$  | 7,16 MPa |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $\bar{X}_{K, 1-4}^*$  | 7,67 MPa |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

\* A: adhezijski lom na spoju premaz – podlaga; K: kohezijski lom podlage;  $\bar{X}_{A, 1-6}$  - povprečna oprijemnost, določena pri preizkušancih z adhezijskim lomom,  $\bar{X}_{K, 1-4}$  - povprečna vrednost, dobljena pri preizkušancih s prevladujočim kohezijskim lomom



Določili smo tudi mokro oprijemnost premaznega sistema (preglednica 16). V vseh primerih je pri odtrganju pečata prišlo do adhezijskega loma med podlago in premaznim sistemom, povprečna vrednost oprijemnosti pa je znašala 3,94 MPa.

**Preglednica 16:** Mokra oprijemnost premaznega sredstva na podlago (MPa)

|                       |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Št. preizkusa:        | 1.       | 2.   | 3.   | 4.   | 5.   | 6.   | 7.   | 8.   | 9.   | 10.  |
| Rezultati:            | 5,77     | 4,53 | 5,46 | 3,86 | 3,92 | 2,18 | 4,09 | 2,04 | 5,49 | 2,09 |
| Vrsta loma*:          | A        | A    | A    | A    | A    | A    | A    | A    | A    | A    |
| $\bar{X}_{A, 1-10}$ * | 3,94 MPa |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

\* A: adhezijski lom na spoju premaz – podlaga,  $\bar{X}_{A, 1-10}$  - povprečna oprijemnost

#### 4.7 ODPORNOST PROTI HLADNIM TEKOČINAM

Odpornost površine površinsko obdelanih preizkušancev proti čistilu (24-urna izpostavitve), vodi (24-urna izpostavitve) in acetonu (2-minutna izpostavitve) smo ocenili s po tremi vzporednimi meritvami. Ugotovimo lahko, da je odpornost proti čistilu in vodi (preglednica 17) zelo dobra do odlična. Odpornost proti acetonu (2-minutna izpostavitve) pa je bila precej slabša kot proti čistilu in vodi (ocena med 2 in 3).

**Preglednica 17:** Ocene odpornosti premaznega sredstva proti čistilu in vodi po 24-urni izpostavitvi in odpornost premaznega sredstva proti acetonu (2-minutna izpostavitve)

| Št. preizkusa: | Tekočina / Ocena odpornosti |      |        |
|----------------|-----------------------------|------|--------|
|                | Čistilo                     | Voda | Aceton |
| 1.             | 5                           | 5    | 3      |
| 2.             | 5                           | 5    | 2      |
| 3.             | 4                           | 4    | 2      |

#### 4.8 ODPORNOST PROTI SUHI IN VLAŽNI TOPLOTI

Odpornost površine površinsko obdelanih preizkušancev proti vlažni toploti pri temperaturi 85 °C (preglednica 18) smo ocenili z oceno 3, kar pomeni, da so po izpostavitvi nastale manjše poškodbe, vidne z več zornih kotov. Ocena odpornosti proti suhi toploti pri enaki temperaturi pa je bila boljša, 4. Nastale so le majhne spremembe v sijaju ali barvi, vidne samo v soju odbite svetlobe.

**Preglednica 18:** Odpornost premaznega sredstva proti vlažni in proti suhi toploti

|                      | Vlažna toplota: |    | Suha toplota: |    |
|----------------------|-----------------|----|---------------|----|
| Št. vzorca:          | 1.              | 2. | 1.            | 2. |
| Ocena<br>odpornosti: | 3               | 3  | 4             | 4  |

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

Naše podatke o kapilarnem navzemu in izgubi tekoče vode smo primerjali s podatki iz diplomskih nalog Rakuša (2004) in Tominšek (2001), kjer avtorja ugotavljata, da so najmanj prepustni alkidni premazni sistemi na osnovi organskih topil, ne glede na debelino samega premaza. Navajata  $90,24 \text{ g/m}^2$  navzete tekoče vode na enoto površine. Pri našem preizkusu pa se je izkazalo, da je bila največja vrednost kapilarnega navzema tekoče vode v tangencialnem prerezu  $30,51 \text{ g/m}^2$  in najmanjša vrednost v prečnem prerezu  $14,79 \text{ g/m}^2$ , kar potrjuje, da se je epoksidni premaz v prečnem prerezu bolj penetriral v preizkušanec kot v preizkušanec tangencialnega prereza. Posledično je bolj penetriran premaz v preizkušanec bolj zaščitil površino pred navzemom tekoče vode v les. Epoksidni premaz, ki smo ga preizkusili, je za vodo manj prepusten od alkidnega premaza in torej za uporabo na lesenih umivalnikih bolj primeren.

Rakuša (2004) in Tominšek (2001) sta izvedla poskuse tudi z vodnim lakom, kjer se je izkazalo, da je prepustnost za tekočo vodo veliko večja in da na prepustnost vpliva tudi debelina premaza. Masa navzete tekoče vode v vzorce s premazom na vodni osnovi je bila kar 5-krat večja kot pri premazu na osnovi organskih topil.

Menimo, da so bili rezultati, ki smo jih dobili pri izpostavitvi premazanih radialnih, tangencialnih in prečnih preizkušancev v vodi za 72 ur, za predvideni namen uporabe ugodni (preglednica 7). Masa navzete tekoče vode v radialnih preizkušancih je znašala  $0,81 \text{ g}$ , v tangencialnih preizkušancih  $0,90 \text{ g}$  in v prečnih preizkušancih  $0,44 \text{ g}$ , kar je zelo malo.

Ugotovimo lahko, da je kapilarno vsrkavanje tekoče vode pri premazanih prečnih preizkušancih najmanjša, kar je posledica globlje penetracije premaznega sredstva v pore lesa. Površine prečnega prereza na lesenem umivalniku je približno 70 % zaradi rezkanja umivalnega korita. Pri izdelavi lesenega umivalnika iz krivljenega lesa površine prečnega prereza ni ali pa je veliko manj. Tako lahko sklepamo, da je lesen umivalnik z večjo površino čelnega lesa celo bolj primeren za tovrstno uporabo kot lesen umivalnik iz krivljenega lesa, seveda če je površinsko zaščiten s primerno izbranim premaznim sistemom.

Primerjava podatkov, ki smo jih dobili pri premazanih preizkušancih s preizkušanci brez premaznega sredstva, pokaže, da so mase navzete vode pri nepremazanih preizkušancih večje za približno devetkrat pri radialnih in tangencialnih preizkušancih in pri preizkušancih prečnega prereza kar do osemdesetkrat. Iz te primerjave lahko vidimo, kako pomembno vpliva premaz na navzem tekoče vode v les.

Pri določanju prepustnosti za tekočo vodo smo ugotovili, da je bilo raztezanje oz. krčenje lesa pri premazanih preizkušancih zelo majhno, tako da ta dejavnik ne more povzročiti morebitnih poškodb na površinskem premazu, ki se mora do pretrganja filma raztegniti

vsaj za 4 % do 5 %, kar kažejo tudi podatki iz tehničnega lista premaznega sredstva, ki so prikazani na strani 19.

Kapilarna izguba vode po 72 h sušenja (preglednica 8) premazanih preizkušancev radialnega prereza je znašala 0,55 g, pri tangencialnem prerezu 0,64 g in pri prečnem prerezu 0,62 g. Mase navzete tekoče vode in mase izgubljene vode so se med seboj razlikovale, kar vpliva na vlažnost lesa in posredno tudi na dimenzijske spremembe. Ugotavljamo, da se je vlažnost lesa pred začetkom preizkusa pri absorpciji povečala iz 12,3 % na 13 % in pri desorpciji zmanjšala na vlažnost 12,8 %. Torej gre za zelo majhne razlike vlažnosti lesa, ki ne povzročajo velikih dimenzijskih sprememb in zaradi tega obstojnost premaznega sredstva ni ogrožena. Situacijo pa bi lahko izboljšali še tako, da bi les termično modificirali, saj je modificiran les dimenzijsko bolj stabilen od nemodificiranega lesa. Seveda pa je barva termično modificiranega lesa čisto drugačna od nemodificiranega (Veg, 2009).

Pri preizkusu adsorpcije vodne pare premazanih preizkušancev po standardu smo ugotovili, da se je po končanem poskusu v povprečju masa vode v lesu povečala za 6,23 g. Tako se je vlažnost lesa pred začetkom preizkusa pri absorpciji povečala iz 12,34 % na 15,52 %. Pri desorpciji vodne pare pa se je masa desorbirane vode zmanjšala za 1,75 g, kar pomeni, da je vlažnost lesa po končanem poskusu znašala 14,33 %. Naše rezultate smo primerjali s podatki v diplomski nalogi Rakuša (2004). V tem delu je podatek, da je adsorpcija vodne pare v preizkušance, premazane s premazom na osnovi alkidnih smol, imela vrednost 3,01 g, kar je za 3,22 g manj kot pri naših preizkušancih. Rezultate Rakuša (2004) navaja tudi za vodne premaze površinskega sistema na osnovi akrilnih smol, in sicer se je v tem primeru masa vode v lesu povečala za 3,28 g. Pri preizkusu desorpcije vodne pare pa vidimo, da so bili rezultati iz dela Rakuša (2004) veliko manjši kot pri naših meritvah, in sicer je masa desorbirane vode iz lesa znašala 0,63 g pri premazu na osnovi alkidnih smol, kar je 1,12 g manj kot pri naših preizkusih.

Odpornost površinskega sistema proti udarcu smo po standardu izmerili pri spuščanju uteži s treh različnih višin: 10 mm, 25 mm in 50 mm. Povprečna ocena treh preizkusov pri udarcu uteži z višine 10 mm je bila približno 4, kar pomeni, da razpoke v filmu laka niso nastale, na mestu udarca smo zaznali samo deformacijo v obliki udrtine, ki je bila vidna v soju odbite svetlobe. Povprečna ocena treh preizkusov pri višini 25 mm je bila 3,4, kar pomeni, da so se na površini pojavile manjše razpoke (ponavadi ena ali dve), ki so bile krožne ali polkrožne oblike. Preizkus pri višini 50 mm nam je dal povprečno oceno 3, kar je enak rezultat kot pri spuščanju uteži z višine 25 mm.

Naše rezultate smo primerjali z rezultati diplomske naloge Černe (2008), in sicer z rezultati za premazno sredstvo na osnovi organskih topil za kuhinjske elemente na podlagi iz javorjevega lesa, ki je po svojih lastnostih od uporabljenih lesnih vrst za podlago še najbolj podoben lesu češnje pri naših preizkusih. Rezultat ocenjevanja odpornosti proti udarcu z višine 10 mm je bila ocena 4, pri višini 25 mm pa ocena 3. Omenjeni rezultati so izkazali

nekoliko slabšo odpornost proti udarcu v primerjavi z našimi meritvami. Pri spuščanju uteži z višine 25 mm pa so bili naši rezultati enaki kot tisti, ki jih navaja Černe (2008).

Iz zgoraj navedenih ocen je razvidno, da je utrjeno površinsko premazno sredstvo občutljivo na udarce. Razmeroma močni udarci bi lahko povzročili nastanek poškodb premaznega sredstva (pretrgan film premaza), kar bi omogočilo povečano absorpcijo tekoče vode ali vodne pare, kar je pri lesenih umivalnikih nezaželeno.

Pri preizkusu odpornosti proti razenju po standardu SIST EN ISO 1518 (preglednica 14) se je površinski sistem izkazal za še dobrega pri obremenitvi - sili vzmetnega svinčnika - 12 N. Na trdoto površinskega sistema vpliva tudi trdota lesa češnje, ki je srednje trd les.

Na podlagi primerjave z rezultati v diplomskem delu Černe (2008) (odpornost površine proti razenju, podlaga javor) lahko ugotovimo, da se je naš premaz obnesel zelo dobro v primerjavi z vodnim premazom, kjer je nastala poškodba že pri obremenitvi 2 N. Torej lahko rečemo, da je premaz, ki smo ga testirali v okviru raziskav za diplomsko nalogo, bistveno boljša izbira kot vodni premaz, kar za izdelek pomeni, da je manj občutljiv na raze.

Oprijemnost premaznega sredstva je odvisna od več dejavnikov, kot je že omenil Tratar (2010) v svojem diplomskem delu: od hrapavosti lesa, vrste lesa, vlažnosti površine med obdelavo, vrste premaznega sredstva in njegovih lastnosti (viskoznost, površinska napetost, hitrost utrjevanja).

Povprečna vrednost meritev, ki smo jo dobili pri preizkusu določanja oprijemnosti, je pri preizkušancih s kohezijskim lomom podlage znašala 7,67 MPa, pri adhezijskem lomu pa je izmerjena vrednost znašala 7,16 MPa. Tako lahko ugotovimo, da je oprijemnost velika in več kot trikrat večja od mejne vrednosti, ki je 2 MPa. Dobri rezultati so se izkazali tudi v primerjavi z rezultati, navedenimi v različnih diplomskih delih: Černe (2008) – oprijemnost 2,45 MPa in Tratar (2010) – 5 MPa.

Pri določanju mokre oprijemnosti je prišlo samo do adhezijskega loma med slojem premaza in podlago (3,94 MPa). Iz vsega navedenega lahko sklenemo, da je oprijemnost preizkušane premaznega sredstva na češnjevi les dobra.

Odpornost premaznega sredstva proti izbranim tekočinam (čistilo, voda in aceton) je bila pri preizkusu z vodo in čistilom ocenjena s 4. Ocena nam pove, da je izdelek dobro odporen proti čistilu in vodi, kar je zelo pomembno zaradi pogoste uporabe čistil in vode na lesenem umivalniku in je pogoj, da je premaz sploh sprejemljiv za ta namen.

Pri 2-minutni izpostavitvi acetonu pa je bila povprečna ocena 3, kar pomeni, da je manjša poškodba vidna iz večjih zornih kotov. Da je aceton zelo agresiven za podlago, potrjujejo še druge diplomske naloge, npr. Kobe (2008), kjer so zelo podobne ocene odpornosti proti acetonu kot tiste, ki smo jih dobili v naši raziskavi. Naša ugotovitev torej je, da je premaz dobro odporen proti čistilu in vodi in nekoliko manj proti acetonu, na kar bi mogoče bilo smiselno opozoriti uporabnike, saj je izpostavitve acetonu pri uporabi površinsko obdelanega lesenega umivalnika pričakovana.

## 5.2 SKLEPI

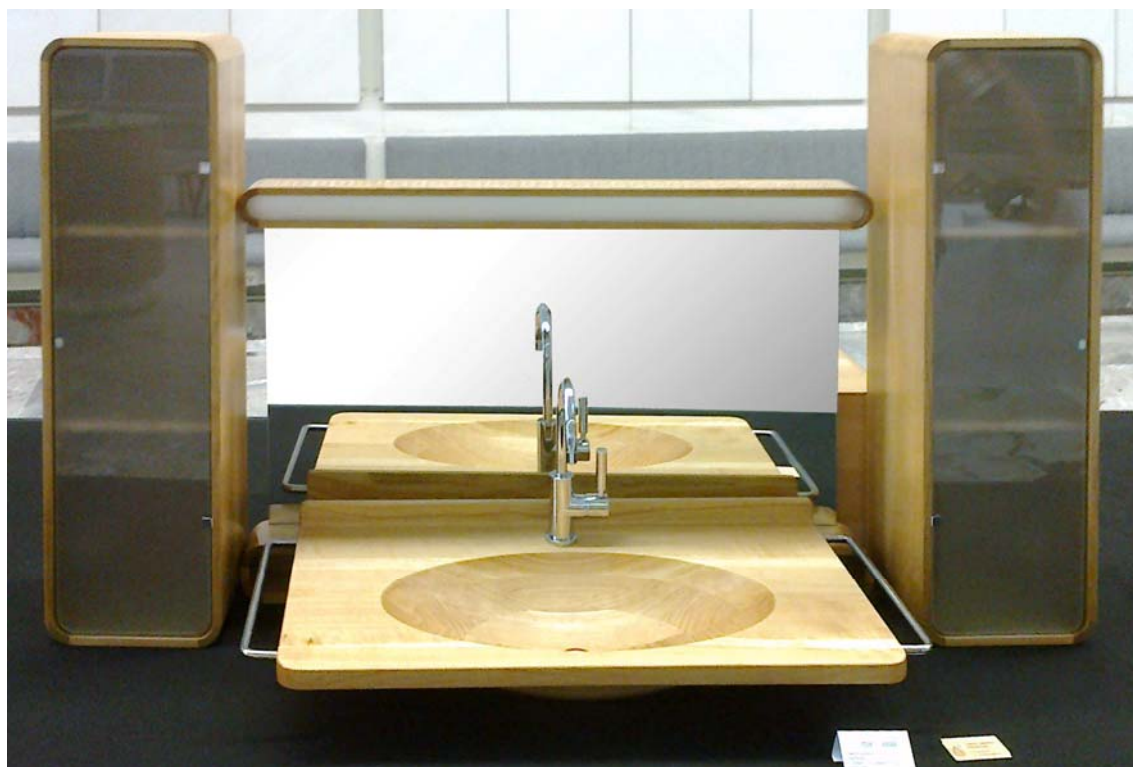
Lesen umivalnik iz lesa češnje je višje cenovni izdelek z visoko dodano vrednostjo (slika 20). Obremenitve, ki so jim med redno uporabo lahko izpostavljene površine lesenega umivalnika, so dokaj intenzivne. Zato je ključno, da izberemo tak površinski premaz, ki bo lahko kljuboval pričakovanim ekstremnim obremenitvam med redno uporabo. Glede na pričakovane lastnosti smo na osnovi podatkov iz literature za preizkuse izbrali transparentni epoksidni premazni sistem. Le-ta naj bi ohranil ali celo poudaril dekorativne lastnosti češnjevega lesa, njegovo zelo lepo rdečkasto barvo, hkrati pa naj bi lesen umivalnik učinkovito zaščetil, da bi bila trajnost izdelka čim daljša.

Meritve prepustnosti premaznega sistema za vodo so pokazale, da epoksidni sistem učinkovito zmanjša prehajanje vode preko premaza oz. zmanjša navzem tekoče vode v les. Nekoliko slabši so bili rezultati določanja paroprepustnosti, a vendar še vedno popolnoma primerni za uporabo v zahtevni klimi v kopalnicah.

Pomembna je tudi odpornost premaznega sistema proti udarcem in nastanku raz, saj lesen umivalnik prav gotovo ne more doseči mehanskih lastnosti klasičnega keramičnega umivalnika. Ocenjujemo, da preizkušeni premazni sistem lahko izboljša odpornost češnjevega lesa proti poškodbam pri udarcih ter pri razenju.

Izmerjena oprijemnost površinskega premaza na podlago iz češnjevega lesa je bila zelo dobra. To je še posebej pomembno pri lesenih umivalnikih, pri katerih lahko prihaja do izrazitejših dimenzijskih sprememb zaradi izpostavitve vodi in spreminjajoči se vlažnosti. Če bi bila oprijemnost prenizka, bi lahko premazni sistem zaradi nastanka napetosti kot posledice dimenzijskih sprememb odstopil.

Pri lesenem umivalniku je potrebno nameniti veliko pozornosti občutljivosti površin za poškodbe, da bi izdelek ohranili čim več časa nepoškodovan. Pri morebitnih večjih poškodbah premaznega sloja moramo na lesenem umivalniku površinski premaz čim prej obnoviti.



**Slika 20:** Lesen umivalnik iz lesa češnje

## 6 POVZETEK

Leseni izdelki med kopalniško opremo niso nekaj običajnega zaradi dejavnikov izpostavitve, ki so značilni za ta prostor. Tako so leseni umivalniki med uporabo izpostavljeni naslednjim dejavnikom: visoki vlažnosti prostora, vodi - za relativno dolgo časa, razmeroma visokim temperaturam in različnim kozmetičnim izdelkom kot tudi agresivnim čistilom. Zaradi vsega navedenega mora biti lesen umivalnik površinsko zaščiten s premazom, ki je odporen proti pogojem izpostavitve med uporabo.

Ker nameravam izdelovati lesene umivalnike iz lepljenega masivnega lesa češnje (*Prunus avium* L.), smo v nalogi preverili nekatere zaščitne in odpornostne lastnosti dvokomponentnega premaza Epox 210 A+B na lepljeni češnjevini. Izbrani premaz smo preizkušali na preizkušancih dimenzij 15 cm × 7 cm × 2 cm radialne (R), tangencialne (T) in prečne (P) orientacije. Določili smo odpornost proti razenju, odpornost proti udarcu, premazane preizkušance smo izpostavili tekoči vodi in vodni pari za določitev absorpcije in desorpcije, merili smo suho in mokro oprijemnost ter odpornost proti čistilu, vodi in acetonu.

Preizkus odpornosti premaza proti vodi smo izvedli tako, da smo stehtane preizkušance različnih orientacij izpostavili vodi za 72 ur. Po pretečenem času smo preizkušance stehtali še enkrat, izračunali razliko mas in dobili maso navzete vode v preizkušancu. Tako smo izračunali povišanje vlažnosti lesa glede na začetno vlažnost, ki je znašala 12,3 %. Rezultati so bili odlični, saj se je povprečna vlažnost lesa povišala za zelo majhno vrednost – za 0,50 %. Nekoliko slabši, a še vedno ugodni, so bili rezultati tritedenske izpostavitve vodni pari.

Preizkus odpornosti proti udarcu smo opravili trikrat z udarci uteži s treh višin: 10 mm, 25 mm in 50 mm. Povprečna vrednost ocen pri preizkusu z višine 25 mm je bila 3,6, pri višini 50 mm pa 3, kar pomeni zadovoljivo odpornost površinskega sistema proti udarcem. S preizkusom odpornosti površine proti razenju smo ugotovili, da pri obremenitvi površine z vzmetnim svinčnikom s silo 19 N nastane raza širine 0,7 mm, pri sili 13 N pa raza širine 0,6 mm. Povprečna ocena oprijemnosti površinskega premaza na podlago pri mokrem preizkusu je bila 3,94 MPa, pri suhem preizkusu pa 7,16 MPa (adhezijski tip loma).

Povprečna ocena odpornosti epoksidnega površinskega sistema proti suhi toploti je imela vrednost 4, kar je zelo dobra ocena, proti mokri toploti pa je bila ocena nekoliko slabša, 2,3. Preizkusili smo tudi odpornost površinskega premaza proti hladnim tekočinam: površina je bila zelo odporna proti čistilu in vodi (ocena 4,6 po 24-urnem preizkusu), nekoliko manj pa proti acetonu (2,3 po 2 minutah izpostavitve).

Preizkušanja so pokazatelj primernosti premaznega sredstva za lesen umivalnik. Prikažejo nam, kateri dejavniki najpomembneje vplivajo na izdelek in kako jih čim bolj omejiti, da ne nastanejo poškodbe. Kapilarno vsrkavanje tekoče vode in vodne pare prikazuje, kako se



lesen umivalnik odziva na pogoje, ki jim je umivalnik izpostavljen v prostoru uporabe (v kopalnici) ali pa med njegovo uporabo. Odpornost površinskega sistema proti hladnim tekočinam je zelo pomembna, ker v stik z izdelkom med uporabo pridejo še druge snovi in ne samo voda, npr. čistila in aceton. Pri naših preizkusih se je premaz izkazal za primernega. Odpornost površinskega sistema proti udarcem je ključna v primeru padca kakšnega predmeta na izdelek. Nastanejo lahko poškodbe, ki povzročijo prekomerno navlaženje lesa in posredno dimenzijsko nestabilnost premazanega izdelka. Zato je pri uporabi izdelka pomembna velika previdnost.

Na osnovi vseh izsledkov naše raziskave lahko sklepamo, da je epoksidni premaz primerna izbira za zaščito lesenega umivalnika.

## 7 VIRI

- Černe M. 2008. Uvajanje vodnih površinskih premazov v proizvodnji kuhinskih elementov iz masivnega lesa. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 29-31 str.
- Epoxy. 2011.  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Epoxy> (16.12.2011)
- Frumen P. 2007. Tehnološka prenova lakirnice v lesnem podjetju. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 37 str.
- G.O.Z.D. 2011. Bioles.  
<http://www.gozd-bioles.si/> (27.7.2011)
- Gorišek Ž. 1994. Točka nasičenja celičnih sten kot kritična točka v procesu sušenja lesa. Les, 46, 3: 53-58
- Gorišek Ž., Knehtl B. 1992. Vpliv površinske obdelave na dimenzijsko stabilnost bukovine. Les, 44, 1/2: 15-21
- Kervina-Hamović Lj. 1990. Patologija lesa. Lesna anatomija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 173 str.
- Kobe G. 2008. Vpliv temperature sušenja na odpornostne lastnosti različnih vodnih premaznih sistemov. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 38-39 str.
- Konig F., Hasenbichler J., Struber G. 1988. Werkstoffkunde für Tischler. Wien, Gewerbeverlag: 184 str.
- Koren J. 2011. Lepljenje lesa.  
<http://www.gradim.si/naredi-sam/lepljenje-lesa.html> (24.8.2011)
- Kotnik D. 2003. Površinska obdelava v izvedbi pohištva. 2 dopolnjena izdaja. Brezovica, Finitura d.o.o.: 184 str.
- Mihevc V. 1999a. Surface treatment of wood in construction industry. V: Surface properties and durability of exterior wood building components. International conference, Zagreb, 30. apr 1999. Turklin H. Zagreb, University, Faculty of Forestry, 1999: 1-6
- Mihevc V. 1999b. Zaščita lesa pred vremenskimi vplivi.  
[http://les.bf.uni-lj.si/fileadmin/datoteke\\_asistentov/mpavlic/POVRŠINSKA\\_VAJE/Zascita\\_lesa.pdf](http://les.bf.uni-lj.si/fileadmin/datoteke_asistentov/mpavlic/POVRŠINSKA_VAJE/Zascita_lesa.pdf) (24.8.2011)
- Mikrostruktura lesa češnje. 2011.  
[http://www2.arnes.si/~evelik1/les/cesnja\\_mikro.html](http://www2.arnes.si/~evelik1/les/cesnja_mikro.html) (27.7.2011)
- Pečenko G. 1987. Lazurni premazi za les. Les, 39, 11-12: 335- 337
- Pohleven F., Petrič M. 1992. Ekološke perspektive zaščite lesa pred škodljivci. Nova proizvodnja 43, 3: 94-98

- Rakuša S. 2004. Primerjava prepustnosti premaznih sistemov za vodo in vodno paro. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 45 str.
- SIST EN 12720. Pohištvo - Ugotavljanje odpornosti površine proti hladnim tekočinam - Furniture - Assessment of surface resistance to cold liquids (ISO 4211:1979 modified). 1997
- SIST EN 12721. Pohištvo – Ugotavljanje odpornosti površine proti vlažni toploti - Furniture - Assessment of surface resistance to wet heat (ISO 4211-2:1993 modified).
- SIST EN 12722. Pohištvo - Ugotavljanje odpornosti površine proti suhi toploti - Furniture - Assessment of surface resistance to dry heat (ISO 4211-3:1993 modified). 1997
- SIST EN 24624. Barve in laki – Preizkušanje adhezije z odtrganjem filma (ISO. 4624:1978). Paints and varnishes – Pull-off test (ISO 4624:1978). 1997
- SIST EN 927-4. Barve in laki - Premazi in premazni sistemi za zunanjo zaščito lesa - 4. del: Ocenjevanje prepustnosti vodne pare. Paints and varnishes – Coating materials and coating system for exterior wood – Part 4: Assessment of the water-vapour permeability. 2001
- SIST EN 927-5. Barve in laki - Premazi in premazni sistemi za zunanjo zaščito lesa - 5. del: Ocenjevanje prepustnosti vode. Paints and varnishes – Coating materials and coating system for exterior wood – Part 5: Assessment of the liquid water permeability. 2001
- SIST EN ISO 1518. Barve in laki - PreizkusPreizkus z razenjem (ISO 1518:1992) – Paints and varnishes - Scratch test (ISO 1518:1992). 2001
- SIST ISO 4211-4. Pohištvo - Preizkusi površin - 4. del: Ugotavljanje odpornosti
- Tominšek D. 2001. Prepustnost lazur na impregniranem lesu za vodo. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: strani - pogledite na cobiss
- Totisurf.com. 2012 Epoksidne smole.  
<http://www.totisurf.com/debata/viewtopic.php?t=8467&start=15&sid=3a2afb9bc0977f7955b92c1118b98f9d> (15.1.2012)
- Tratar M. 2010. Primerjava površinskih lastnosti različnih talnih oblog. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 44 str.
- Veg T. 2009. Termična modifikacija različnih vrst lesa. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 28 str.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se prof. dr. Marku Petriču za mentorstvo ter pomoč in vse napotke, ki sem jih potreboval za izdelavo diplomskega dela. Zahvaljujem se recenzentu prof. dr. Željku Gorišku in somentorju asist. dr. Matjažu Pavliču za opravljeno delo in dipl. inž. les. Borutu Kričanju za pomoč pri meritvah v laboratoriju Katedre za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Prav tako bi se zahvalil še mojima staršema za podporo, vzpodbujanje na poti študija in mojim prijateljem ter vsem, ki sem jih pozabil omeniti, pa so zaslužni zahvale.

Krajnc A., Primernost epoksidnega premaznega sistema za zaščito lesenih umivalnikov iz ... lesa.  
Dipl.delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, 2016

---