# Površinska obrada namještaja za kupaonice

**Švajcer, Domagoj**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:580066

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-29**

*Repository / Repozitorij:*

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**
**DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**
**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**
**OBLIKOVANJE PROIZVODA OD DRVA**

**DOMAGOJ ŠVAJCER**

# POVRŠINSKA OBRADA NAMJEŠTAJA ZA KUPAONICE

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2019.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**
**DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**
**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**
**OBLIKOVANJE PROIZVODA OD DRVA**

# POVRŠINSKA OBRADA NAMJEŠTAJA ZA KUPAONICE

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Oblikovanje proizvoda od drva

Predmet: Površinska obrada drva

Ispitno povjerenstvo: 1. (mentor) prof. dr. sc. Vlatka Jirouš-Rajković

2. (član) doc. dr. sc. Josip Miklečić

3. (član) izv. prof. dr. sc. Goran MIhulja

4. (zamjenski član) doc. dr. sc. Vjekoslav Živković

Student: Domagoj Švajcer

JMBAG: 0068210612

Broj indeksa: 800/16

Datum odobrenja teme: 25. 4. 2019.

Datum predaje rada: 18. 9. 2019.

Datum obrane rada: 27. 9. 2019

Zagreb, kolovoz, 2019.

## Dokumentacijska informacija

| | |
|---|---|
| Naslov | Površinska obrada namještaja za kupaonice |
| Title | Finishing of bathroom furniture |
| Autor | Domagoj Švajcer |
| Adresa autora | II. Poljanice 2 |
| Mjesto izrade | Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet |
| Mentor | prof .dr. sc. Vlatka Jirouš-Rajković |
| Izradu rada pomogao | doc. dr. sc. Josip Miklečić |
| Godina objave | 2019. |
| Obujam | VII+90 stranica, 69 slika, 8 tablica |
| Ključne riječi | Kupaonica, vlaga, drvo, premaz, zaštita |
| Keywords | Bathroom, moisture, wood, coating, protection |
| Sažetak | U ovome radu ispitani su različiti sustavi površinske obrade masivnog namještaja za kupaonice. Otpornost sustava premaz-drvo na promjene temperature ispitivana je cold-check testom. Na uzorcima jasenovine i ariševine obrađenima različitim sustavima površinske obrade ispitana je upojnost vode i vodene pare te su se pratile promjene sadržaja vode u drvu. |
| Abstract | In this mater thesis, various surface treatment systems for solid bathroom furniture have been examined. The resistance of the coating-wood system to temperature changes was examined by a cold-check test. Liquid water and water vapor permeability of coating systems were tested on ash and larch wood samples treated with different surface treatment systems and changes in the water content of the wood were monitored. |

# Predgovor

Ovim diplomskim radom htjeli smo usporediti različite sustave za površinsku zaštitu drva u kupaonicama. Posljednjih godina razvijeni su novi materijali za površinsku obradu drva koji često nisu ispitani u specifičnim mikroklimatskim uvjetima. Ovo je istraživanje provedeno u Zavodu za namještaj i drvne proizvode na Šumarskom fakultetu u Zagrebu.

Temu istraživanja sam predložio mentorici prof. dr. sc. Vlatki Jirouš-Rajković i docentu dr. sc. Josipu Miklečiću, kojima ovim putem zahvaljujem što su prihvatili ovu temu, pomogli u razradi samog istraživanja, pratili cijeli proces izrade diplomskog rada i svojim savjetima i entuzijazmom usmjeravali me prevladavanju problema koji bi se pojavili prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Također bih htio zahvaliti cijeloj svojoj obitelji, ponajviše svom ocu koji mi je svojim znanjem i iskustvom usadio ljubav prema drvu. Obitelj je ta koja mi je pružala najveću potporu tijekom studiranja i bez koje ne bih bio ovdje gdje sam danas.

| | | |
|---|---|---|
| | **IZJAVA O IZVORNOSTI RADA** | **OB ŠF 05 07** |
| | | Revizija: 1 |
| | | Datum: |

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

_____

*vlastoručni potpis*

*Domagoj Švajcer*

U Zagrebu *18. 9. 2019.*

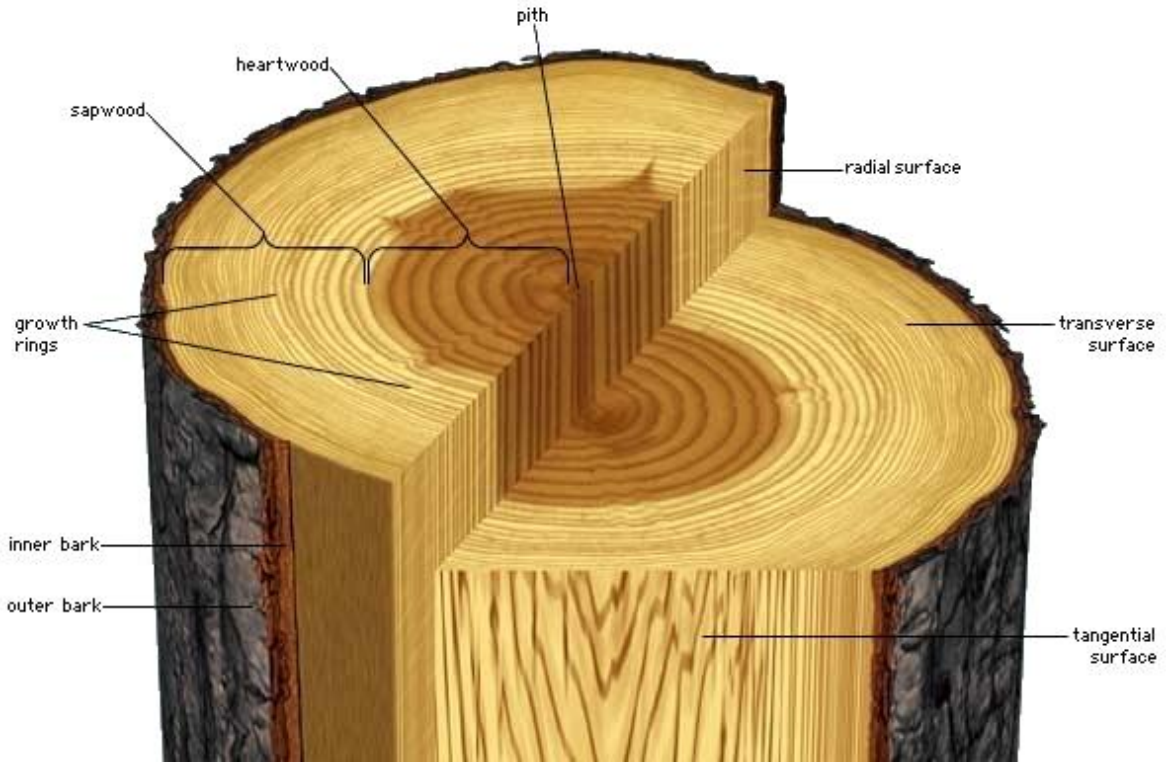
# SADRŽAJ

Dokumentacijska informacija ... 3
Predgovor ... 4
1. Uvod ... 8
1.2. Utjecaj vode na drvo ... 10
1.2.1. Primjena drva i drvnih materijala u kupaoničkom namještaju ... 11
1.2.3. Primjer površinske obrade drvene kade ... 14
1.3. Materijali za površinsku obradu drva ... 16
1.3.1. Lazure ... 17
1.3.2. Tankoslojne lazure ... 17
1.3.3. Debeloslojne lazure ... 17
1.3.4. Lakovi ... 18
1.3.5. Ulja ... 19
1.4. Izbor sustava premaza za površinsku zaštitu drva ... 20
1.5. Svojstva drva koja utječu na trajnost premaza ... 21
1.5.1. Struktura drva ... 21
1.5.2. Ekstraktivne tvari ... 22
1.5.3. Sadržaj vode u drvu ... 23
1.5.4. Hrapavost površine drva ... 23
1.5.5. Vrijeme izloženosti drva atmosferskim utjecajima prije nanošenja prevlake 24
1.5.6. Greške drva ... 24
1.6. Svojstva premaza koja utječu na trajnost sustava premaz-drvo ... 25
1.6.1. Adhezija ... 25
1.6.2. Svjetlost ... 26
1.6.3. Otpornost na mikroorganizme ... 26
1.6.4. Rastezljivost ... 27
1.6.5. Vodo(paro) propusnost ... 27
2. Cilj istraživanja ... 29
3. Materijali i metode istraživanja ... 30
3.1. Opis premaza ... 32
3.1.1. Alkidni lak za čamce (Hempel's Lak za čamce 02120) ... 32
3.1.2. Tungovo ulje (Kremer *Tungöl* 73900) ... 34
3.1.3. Ulje za njegu (Remmers Pflege-Öl 264501) ... 37
3.1.4. *Clear penetrating epoxy sealer* (Smith's CPES) ... 38

3.1.5. Epoksidni premaz (Hempel's Light Primer 45551) ..... 40
3.2. Priprema uzoraka ..... 41
3.3. Metoda ispitivanja propusnosti vodene pare ..... 44
3.4. Metoda ispitivanja propusnosti tekuće vode ..... 45
3.5. Cold-check test ..... 47
4. Rezultati i diskusija ..... 48
4.1. Ispitivanje propusnosti vodene pare ..... 48
4.2. Ispitivanje propusnosti tekuće vode ..... 57
4.2.1. Cold-check test ..... 85
5. Zaključak ..... 86
6. Literatura ..... 87
6.1. Mrežne reference ..... 88

# 1. Uvod

Drvo je prirodni, obnovljivi građevinski materijal sa širokom primjenom. Botanički, drvo je definirano kao sekundarni ksilem (slika 1) sa sekundarnima tracima srčike koji se pojavljuje kod drvenastih dvosupnica (Franjić i sur., 2008.). U drvnoj industriji se definira kao nehomogen, anizotropan, porozan, vlaknast i higroskopan materijal sastavljen od celuloze (40-50%), lignina (25-30%), drvnih polioza (20-30%) i popratnih tvari (smole, minerali) (Horvat i Krpan 1967.).




Slika 1. Građa debla s tipovima presjeka. *Pith* – srčika, *heartwood* – srž, *sapwood* – bijel, *growth rings* – godovi, *inner bark* – unutarnja kora, *outer bark* – vanjska kora, *radial surface* – radijalna površina, *transverse surface* – poprečna površina, *tangential surface* – tangencijalna površina. (Izvor: www.britannica.com)

U svakodnevnoj primjeni proizvodi od drva su izloženi nizu bioloških i fizikalno-kemijskih štetnih utjecaja koji mijenjaju njegova mehanička i estetska svojstva. Biološki štetni čimbenici su najčešće bakterije i gljivice (slika 2), uzročnici truljenja koji enzimatski razgrađuju drvo i koriste ga kao izvor energije (Jirouš - Rajković, 2002.).



Slika 2. Ormar oštećen utjecajem gljivica. (Izvor: www.woodmenders.com)

Neki od fizikalno-kemijskih čimbenika koji štete drvu su ultraljubičasto zračenje koje razgrađuje celulozna vlakna te tako smanjuje čvrstoću samog drva, uzrokuje promjenu boje, dovodi do pojave pukotina i erozije zaštitnih premaza (slika 3), promjene temperature, koje izravno i neizravno, promjenom udjela vlage u drvu, mijenjaju njegovu elastičnost, uzrokuju pucanje, promjene oblika bubrenjem i utezanjem te slabljenje veza među dijelovima drvne konstrukcije (slika 4).



Slika 3. Stol izbjeljen djelovanjem ultraljubičastog zračenja. (Izvor: https://cambridgetraditionalproducts.co.uk)



Slika 4. Ormar oštećen djelovanjem vlage. Zbog upijanja velike količine vlage donji dio daske je promijenio oblik i počinje pucati. (Izvor: http://photonshouse.com)

U ovom diplomskom radu posebna pozornost je pridodana štetnom utjecaju vlage na kupaonički namještaj i metodama zaštite namještaja od utjecaja vlage.

## 1.2. Utjecaj vode na drvo

Promjene u sadržaju vode u drvu dovode do promjena gotovo svih fizičkih i mehaničkih svojstava drva. Visok sadržaj vode također može pokrenuti propadanje ili dovesti do razvoja gljivica. Stoga je ispravna procjena sadržaja vode u drvu važna tijekom planiranja, izvođenja i održavanja proizvoda od drva.

Drvo karakterizira njegova higroskopna priroda. To omogućava drvu upijanje vode iz okoline. Drvo do točke zasićenosti vlakanaca vlagu pohranjuje u staničnim stijenkama, a iznad te točke u šupljinama stanica. Točka zasićenosti vlakanaca je „stanje drva u kojemu stijenke stanica sadržavaju najveću količinu vezane vode, dok su lumeni potpuno prazni“. Sadržaj vode u točki zasićenosti vlakanca ovisno o vrsti drva kreće se od 22 do 40 % (www.struna.hr, 2019), (jasen 22 – 24 %; ariš 26 – 38 %). Promjene u udjelu sadržaja vode ispod točke zasićenosti vlakanaca utječu na fizička, mehanička i reološka svojstva drva, poput utezanja i bubrenja, čvrstoće i elastičnosti.

Kada je izloženo stalnoj klimi drvo dostiže ravnotežni sadržaj vode na koji utječe relativna vlažnost zraka, temperatura, tlak zraka i kemijski i strukturni sastav drva. Promjene dimenzija drva zbog promjene sadržaja vode različite su u tri osi. Utezanje i bubrenje značajno su izraženiji u radijalnom i tangentnom smjeru nego u uzdužnom smjeru. Budući da će se najizloženije površine drva poprečnog presjeka prve prilagoditi klimatskim uvjetima, rezultirajući gradijent vlage i posljedično bubrenje ili utezanje dovest će do ravnoteže unutrašnjeg tlačnog i vlačnog naprezanja okomito na vlakanca. Iako se ta unutarnja naprezanja s vremenom smanjuju relaksacijskim procesima, višak napetosti dovest će do trenutnog oslobađanja naprezanja pucanjem (Dietsch, 2014).

### 1.2.1. Primjena drva i drvnih materijala u kupaoničkom namještaju

Za izradu drvenog namještaja u kupaonicama (slika 5) najčešće se koriste ploča iverica zaštićena melaminskom folijom, laminat i cjelovito drvo.



Slika 5. Kada izrađena od jasenovine u kombinaciji sa staklom (Izvor: https://www.woodlux.de)

Iverica je proizvod od drva koji se sastoji od mješavine ljepila i drvnih čestica prešanih na visokoj temperaturi. To osigurava krutu, stabilnu i konzistentnu površinu. Ploča je presvučena zaštitnom melaminskom folijom koja ima i dekorativnu funkciju. Osnovni materijal je napravljen da izdrži prodiranje vlage prema normi EN 317: 1993 (2002).

Laminat je prešani materijal s dva ukrasna lica i crnom jezgrom koji pruža izuzetnu otpornost na vlagu i udarce. Dekorativna lica sastoje se od papira impregniranog melaminskom smolom. Crna jezgra sadrži slojeve papira impregniranog fenolnom smolom. Laminat je idealan za upotrebu u vlažnim okruženjima ili gdje je potrebno intenzivno čišćenje. Na ovaj materijal ne utječe vlaga, niti je osjetljiv na vremenske uvjete, plijesan ili trulež. Površine laminata nisu porozne te se lako čiste i dezinficiraju.

Cjelovito drvo se koristi zbog toplih tekstura i prirodne raznolikosti uzorka i boje površine. Neki kupaonski namještaj izrađen je od elemenata od punog drva, koji se izrezuju, odabiru i suše kako bi se postigla razina vlage pogodna za unutarnju upotrebu prije nego što se lijepe u homogenu ploču. Postupak poznat kao laminiranje daje stabilnu i trajnu konstrukciju, umanjuje prirodne nedostatke drva te rezultira razlikom u teksturi i boji drvene površine što je normalna i ponekad poželjna estetska karakteristika drvenih proizvoda. Pravilna njega naglašava i čuva izgled, te štiti drvene površine od habanja. Zbog promjenjivih uvjeta u kupaonici drvo mijenja sadržaj vode pri čemu mu se mijenjaju dimenzije (Anonimus, 2015.).

Površina namještaja, koja je više izložena promjenjivim uvjetima u kupaonici, prva reagira na promjenu vlage te dolazi do koritavosti drvnog elementa koje može biti konkavno (ako je donja površina vlažnija) ili konveksno (ako je gornja površina vlažnija). Element će se vratiti u ravan oblik kada se dvije površine prirodno uravnoteže jedna s drugom.

Mogući uzroci koritavljenja drvnih elemenata su:

- Gornja površina ostaje previše mokra
- Gornji dio postavljen je preko grijača
- Vlaga curi iz cijevi ili ugrađenog uređaja (Anonimus, 2015.).

Da bi se usporila promjena sadržaja vode u drvu koriste se premazi koji ne utječu na ukupne promjene dimenzija. Niti jedan premaz nije u potpunosti nepropusan za vodu i vodenu paru. Funkcija svih premaza je usporiti promjenu sadržaja vode u drvu tako smanjujući njegovu sklonost prema promjeni oblika, zaštita od dnevnih promjena relativne vlage i temperature ili od neočekivanih promjena u atmosferskim uvjetima neposredne okoline, zaštita površine u slučaju nezgoda, zaštita od isparavanja i plinova koji nisu vlaga i uravnoteženje kretanja

vlage i pripadajućih naprezanja, čime se spriječava promjena oblika(Schniewind i Arganbright, 1984).

Permeabilnost (propusnost) najčešće korištenih premaza za drvo je prikazana u tablici 1.

Tablica 1. Permeabilnost premaza za drvo, (Nilsson and Hansen, 1981.)

| Premaz | Permeabilnost (g.cm)/(cm$^2$/s/Pa) |
|---|---|
| Alkid | 6,9 x $10^{-4}$ |
| Akril, pigmentirani bijeli | 100 |
| Akril, transparentni | 24 |
| Akril, pigmentirani tamno zeleni | 53 |
| Klorirana guma | 6,7 |
| Epoksid | 7,4 |
| Uretan | 18,2 |
| Bor, longitudinalni smjer | 118.000 |
| Bor, poprečni smjer | 14.000 |

Tablica 1. također pokazuje da je propusnost bora mnogo veća u longitudinalnom smjeru nego u poprečnom smjeru. Ova karakteristika se odnosi na sve vrste drva.

Pošto drvo ima veću propusnost u smjeru paralelnom s vlakancima nego u smjeru okomitom na vlakanca, teško je postići jednolik i zadovoljavajući zaštitni film. Istraživanjem koje su 1984. godine proveli Miller i Boxall u Engleskoj, otkriveno je da su performanse premaza izloženih vanjskim utjecajima poboljšane primjenom odgovarajućih impregnacija kojima se postiže učinkovita zaštita od vode (Schniewind i Arganbright, 1984).

Zbog sve većeg interesa za prirodnim i organskim proizvodima u posljednje se vrijeme na svjetskom tržištu luksuznijih proizvoda pojavljuje sve više drvenih kada. Dizajnerima i korisnicima kupaoničkog namještaja estetika kupaoničkog namještaja postaje jednako važna kao i njihova funkcija.

Površinska obrada drvenih kada je dosta kompliciran i dugotrajan proces što se vidi na primjeru jednog renomiranog proizvođača kupaoničkog namještaja. Površinska obrada se sastoji od tri faze:

nanošenje impregnacije, temeljnih slojeva sloja i završnog laka koji štiti površinu od UV zračenja i ogrebotina.

## 1.2.3. Primjer površinske obrade drvene kade

**Nanošenje impregnacije**

Nakon finalne obrade i jednakomjernog ručnog brušenja cijele površine kade slijedi površinska obrada. Baza za višegodišnju otpornost površine na vodu su duboko prodiruće impregnacije različitih konzistencija. U početku se tekućina za impregniranje jako razrjeđuje prirodnim terpentinom (Balsamterpentin) kojim se osigurava da impregnacija prodire mnogo dublje u drvo nego što bi to bilo moguće bez razrjeđivanja i da se duboko u slojevima veže sa samim stanicama drva. Balsamterpentin je prirodni razrjeđivač koji se dobiva iz četinjača i često se koristi u slikarstvu, isparava u zrak i ne ostavlja ostatke u drvu. Taj kontinuirani proces se ponavlja sa sve manjim dodatkom terpentinskog balzama, sve dok drvo ne postane zasićeno te na taj način pruža osnovu za ostale slojeve.

**Temeljni premaz**

Nakon završenog procesa impregniranja nanosi se temeljni premaz. Cilj temeljnog premaza je stvoriti što bolju vezu završnog sloja s drvom. Kod izbora laka potrebno je uzeti u obzir da drvo uslijed promjena sadržaja vode mjenja dimenzije te treba odabrati lak određene fleksibilnosti. Kako bi temeljni premaz tvorio ispravan međusloj i činio pravu osnovu za daljnje nanose, on mora biti vodootporan i jako se vezati s površinom drva. Za premazivanje kade koristi se nekoliko slojeva temeljnog premaznog materijala, a prije nanošenja svakog novog sloja cijela površina se radi postizanja dobrog rezultata mora prebrusiti.

**Završni lak : UV zaštita i zaštita od ogrebotina**

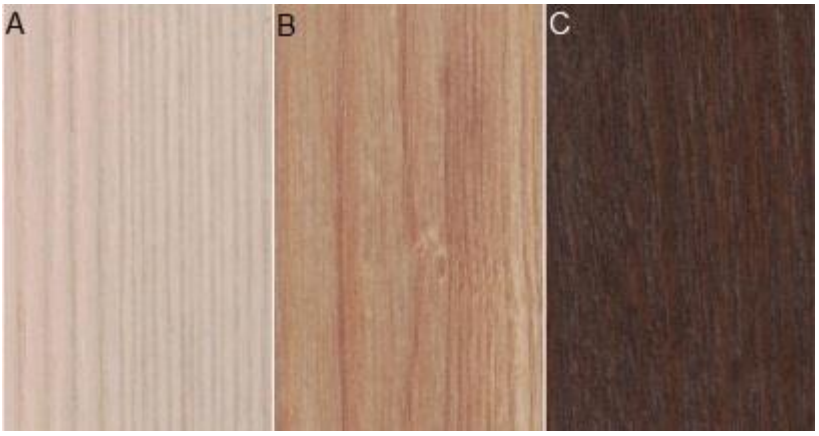
Za prethodno opisane zaštitne slojeve potrebno je 2 – 3 tjedna jer se nakon svakog sloja kada mora potpuno osušiti i prebrusiti. Postupak se ne smije ubrzavati jer se time smanjuje kvaliteta zaštitnog sloja. Kako bi se kada zaštitila od ogrebotina te zadržala vodonepropusnost i njezin kvalitetan izgled potrebno je površinu premazati s nekoliko slojeva posebnog laka koji proizvođač drži u tajnosti zbog konkurencije. Mješavina koja se sastoji od različitih komponenti iznimno otvrdnjava te se ručno polira kako bi se dobila visoka kvaliteta izrade koja se očekuje od drvene kade. Tako obrađena površina je otprilike usporediva s površinom automobila i može se ponovno polirati nakon godina intenzivne uporabe. Ogrebotine od nepravilnog čišćenja (abrazivi), ili nezgode, kao što su ispuštene bočice parfema, kao i sve ogrebotine od primjerice prstena mogu se lako ukloniti, tako da kada ponovno izgleda kao nova (www.woodlux.de, 2019).

Neki proizvođači drvenih kada za površinsku obradu drvenih kada osim nepropusnih higijenskih premaza upotrebljavaju i prirodna ulja u kombinaciji s voskom (tzv. „tvrda ulja“). Kade obrađene na taj način moraju se redovito održavati. Nakon svake upotrebe površinu treba obrisati, a ovisno o tome koliko se često kada upotrebljava, sloj ulja treba obnavljati svake 1 – 3 godine. Pri obnavljanju se na čistu i suhu površinu nanosi novi sloj ulja i kada je nakon tjedan dana spremna za uporabu (https://www.blumenberg-gmbh.de).

## 1.3. Materijali za površinsku obradu drva

Materijali za površinsku obradu drva su tvari kojima se poboljšava otpornost izloženog dijela drva na različite utjecaje (prljanje, svjetlost, voda, mehanički utjecaji, toplina, sredstva u domaćinstvu). Materijali za površinsku obradu drva najčešće dolaze u obliku tekućih premaznih materijala. S obzirom na primjenu drva i čimbenike kojima je ono izloženo koriste se različiti sustavi površinske obrade. Najčešći oblik primjene premaznih materijala je nanošenje na površinu kistom, valjkom ili špricanjem. Pored zaštitnih svojstava od premaznih materijala za površinsku obradu drva traže se i povoljna cijena, jednostavnost upotrebe, trajnost, brza sušivost, ekološka prihvatljivost i ostali specifični zahtjevi. (Jirourš-Rajković, 2002.).

Prema generičkoj vrsti najčešća je podjela na pigmentirane i nepigmentirane prekrivne materijale, te lazure. Veziva koja se koriste u navedenim sredstvima za obradu drva mogu biti prirodna ili sintetička ulja, umjetne smole i polimeri otopljeni u organskom otapalu ili dispergirani u vodi. Kod izbora sredstva za obradu drva po mogućnosti treba odabrati ono koje ima veći sadržaj suhe tvari, odnosno minimalnu količinu otapala i razrjeđivača. Prema pigmentaciji odnosno prozirnosti sredstva za zaštitu drva dijelimo na nepigmentirana do jako pigmentirana, odnosno prozirna, poluprozirna i neprozirna (slika 6).




Slika 6: Na slici je prikazano drvo jasena pramazano razlilcitim tipovima sredstava za zaštitu. A - nepremazano drvo; B - drvo premazano prozirnim premazom; C - drvo premazano neprozirnim premazom. (Izvor: www.sofasale.com.hk)

### 1.3.1. Lazure

**Lazure** su poluprozirna, malo do srednje pigmentirana, zaštitna sredstva koja se nanose na drvo i ovisno o penetraciji u drvo stvaraju tanji ili deblji film na površini (slika 7.). Prema debljini filma koji stvaraju na površini drva lazure se dijele na tankoslojne i debeloslojne (Jirouš-Rajković, 2007.; Jirouš-Rajković, 2017.).



Slika 7: Različiti tipovi lazura na drvu jasena. (Izvor: www.lcofinishes.com)

### 1.3.2. Tankoslojne lazure

**Tankoslojne lazure** imaju sadržaj suhe tvari do 30 % i stvaraju suhi film debljine 10 – 20 µm te djelomično prodiru u drvo. Propusnost za vodenu paru kod tankoslojnih lazura je u usporedbi s ostalim premazima velika te iznosi do 2 g/m$^2$h zbog čega se se tankoslojne lazure ne koriste kod proizvoda od kojih se traži velika dimenzijska stablinost, dobra zaštita od vlage i postojanost zaštitnog premaza. Zbog svoje prozirnosti naglašavaju strukturu drva. Trošak održavanja tankoslojnih lazura je malen u usporedbi s ostalim zaštitnim sredstvima (Jirouš-Rajković, 2007.; Jirouš-Rajković, 2017.).

### 1.3.3. Debeloslojne lazure

**Debeloslojne lazure** imaju sadržaj suhe tvari od 30 – 60 % i stvaraju suhi film debljine 30 – 50 µm te slabo prodiru u drvo. Propusnost za vodenu paru kod debeloslojnih lazura je 1 – 1,5 g/m$^2$h. Koriste se kod umjerenog izlaganja predmeta od drva svjetlosti i vodi. Kod debeloslojnih lazura tekstura zaštićene površine se

reljefno nazire. Trošak obnavljanja te postojanost debeloslojnih lazura je veća nego kod tankoslojnih lazura (Jirouš-Rajković, 2007.; Jirouš-Rajković, 2017.).

### 1.3.4. Lakovi

**Lakovi** su premazi čiji su osnovni sastojci vezivo i otapalo, a koji neznatno prodiru u drvo te sušenjem polimeriziraju i na površini tvore ravnomjeran, proziran ili, ako su im dodani pigmenti, obojen poluproziran do neproziran film. Osnovna namjena im je zaštita podloge od štetnih utjecaja okoline. Udio suhe tvari u lakovima je 60 – 75 %, a na zaštićenim površinama stavraju film debljine 80 – 120 µm. Za razliku od lazura prodiranje lakova u drvo je neznatno te pružaju izvrsnu zaštitu od vlage i veliku postojanost pri izravnom izlaganju atmosferskim uvjetima (Jirouš-Rajković, 2007.; Jirouš-Rajković, 2017.).

**Prozirni lakovi** su premazi koji sadrže samo vezivo i otapalo. Zbog toga tvore proziran film na površini drva te nisu pogodni za zaštitu površina izravno izloženih vremenskim utjecajima i za zaštitu površina od kojih se zahtijeva velika dimenzijska stabilnost (Jirouš-Rajković, 2007.; Jirouš-Rajković, 2017.).

**Pigmentirani lakovi** su prozirni lakovi u koje su dodani pigmenti. Pigmentirani lakovi se nazivaju i lak-boje. Bazirani su na organskim otopalima ili vodi. U vanjskoj primjeni se najčešće koriste alkidne i akrilatne smole ili hibridni sustavi, a od ostalih veziva se koriste epoksidne i poliuretanske smole (Jirouš-Rajković, 2007.; Jirouš-Rajković, 2017.).

#### 1.3.4.1. Epoksidni lakovi

**Epoksidi** dolaze kao dvokomponentni sustavi epoksidne smole, najčešće epiklorohidrina, i otvrdnjivača, najčešće bisfenola A, koji se miješaju u različitim omjerima pri čemu otvrdnjavaju polimeriziracijom u diglicidil eter bisfenola A.

Smole su krute ili vrlo viskozne smjese koje sadrže monomere se reaktivnim grupama koji pod određenim uvjetima mogu polimerizirati (PAC, 2004). Epoksidne

smole su monomeri koje imaju epoksidnu funkcionalnu skupinu i koje mogu polimerizirati međusobno ili s otvrdnjivačima. Otvrdnjivači su tvari koje kataliziraju polimerizaciju epoksidnih smola.

Epoksidi dolaze u obliku ljepila i premaza, te se koriste za površinsku zaštitu drva, povezivanje elemenata od drva kao i za ostalih površina. Epoksidi se koriste zato što su termostabilni materijali, otporni na djelovanje vlage i kemikalija s vrlo velikom mehaničkom otpornosti (Massingilljr, Bauer, 2000).

#### 1.3.4.2. Alkidni lakovi

**Alkidni lakovi** kao vezivo sadrže alkidne smole u organskom otapalu. Dobro prijanjaju i imaju visoku otpornost na vlagu. Otvrdnjavaju oksidacijom pri čemu nastaje proziran čvrst sloj uz formiranje sjajnog ili mat filma, ovisno o odabranom laku. Vrijeme polimerizacije može se smanjiti dodavanjem posebnih aditiva te se tretirana površina može koristiti nakon kraćeg vremena. Prednosti alkidnih lakova su otpornost na promjene temperature i vlažnosti, otpornost na vibracije i mehanička oštećenja te estetska svojstva. Nedostaci alkidnih lakova su dugo sušenje (više od jednog dana) i neugodan miris tijekom sušenja (gradimo.hr)

### 1.3.5. Ulja

**Ulja** su premazi prirodnog, biljnog ili životinjskog, porijekla. Suše se oksidiranjem te stvaraju zaštitni film na površini na koju su nanesena. Razlikujemo sušeća, polusušeća i nesušeća ulja. Sušeća ulja na površini tvore suhi sloj, polusušeća ljepljivi sloj koji se ne suši do kraja, a nesušeća ulja ostaju u tekućem obliku. Izbor ulja ovisi o svojstvima drva, željenoj razini zaštite i uvjetima u kojima će se proizvod koristiti. Najčešće korištena sušeća su laneno, tungovo i konopljino ulje, a polusušeća suncokretovo i sojino ulje. Ulja se nanose četkama, krpama ili uranjanjem manjih komada izravno u ulje te nakon vremena potrebnog za upijanje višak ulja se odstranjuje brisanjem mekom tkaninom. Postupak nanošenja i brisanja se ponavlja više puta ovisno o vrsti drva i uputama prozvođača (www.gradnja.org, 2019.; Jirouš-Rajković, 2017.)

## 1.4. Izbor sustava premaza za površinsku zaštitu drva

Izbor sustava za zaštitu drva temeljimo na svojstvima premaznog materijala, izloženosti vremenskim utjecajima i traženoj dimenzijskoj stabilnosti drvenih proizvoda. Pri izboru premaza za kupaonički namještaj uz estetske su kriterije jednako važni i tehničko-zaštitni kriteriji. Pri izboru premaza za drvo treba imati na umu da je drvo heterogen, porozan i dimenzionalno nestabilan organski materijal podložan biodegradaciji i fotodegradaciji (Jirouš-Rajković i Turkulin, 2002). Strana zaštitnog sredstva koja je u izravnom kontaktu s drvenom podlogom ili temeljnim slojem mora ostvariti kvalitetnu adheziju da bi se spriječilo raslojavanje. Strana izložena vanjskim utjecajima mora osigurati krajnju otpornost i zadovoljiti tehničko-zaštitne kriterije poput zaštite od manjih deformacija koje su posljedica mehaničkih djelovanja. U tablici 2 su navedene smjernice za izbor površinske obrade ovisno o izloženosti vremenskim utjecajima i traženoj dimenzionalnoj stabilnosti prema normi EN 927-1 (Jirouš-Rajković, 2007.).

Tablica 2. Preporuke za izbor površinske obrade ovisno o izloženosti vremenskim utjecajima i traženoj dimenzionalnoj stabilnosti (prema EN 927-1) (Jirouš-Rajković, 2007.).

| Izloženost vremenskim utjecajima | Tražena dimenzionalna stabilnost | | |
|---|---|---|---|
| | mala (daščane oplate) | srednja (pergola, balkonske konstrukcije) | velika (prozori i vrata) |
| mala | tankoslojna lazura, slabo pigmentirana | debeloslojna lazura, slabo pigmentirana | prozirni lak*, debeloslojna lazura, slabo pigmentirana |
| srednja | tankoslojna lazura, jako pigmentirana | debeloslojna lazura, jako pigmentirana | debeloslojna lazura, jako pigmentirana ili neprozirni lak |
| velika | tankoslojna lazura, pokrivno pigmentirana | debeloslojna lazura, jako pigmentirana ili neprozirni lak | neprozirni lak velike debljine filma |

Osim obavljanja tehničko-zaštitne funkcije premaz mora zadovoljiti i estetske kriterije koji se odlikuju sjajem, pokrivnošću, teksturom i punoćom premaza te ne smije kemijski utjecati na drvo i mijenjati njegovu prirodnu ili bajcanjem postignutu boju (Jirouš-Rajković, 2007.).

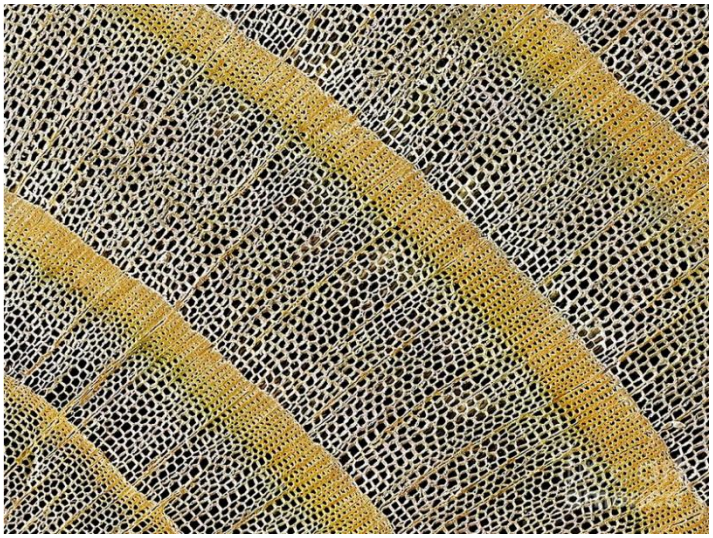
Zaštita drva od vlage najviše ovisi o debljini zaštitnog sloja premaza i permeabilnosti zaštitnog sredstva, pri čemu veći broj tanjih slojeva zaštitnog sredstva osigurava bolju zaštitu željene površine (Feist i Peterson, 1987.). Deblja prevlaka smanjuje promjenu relativnog sadržaja vode u drvu usljed upijanja vode iz vlažnog zraka i oborina i njenog isparavanja pri povišenim temperaturama, što smanjuje promjenu dimenzija drvenog elementa zbog bubrenja i utezanja. (Jirouš-Rajković, 2007.).

## 1.5. Svojstva drva koja utječu na trajnost premaza

Trajnost sustava premaza za zaštitu drva je vrijeme u kojem premaz obavlja svoju funkciju. Trajnost sustava premaza ovisi o vrsti i kvaliteti drva, sastavu i kvaliteti prevlake, tehnici nanošenja prevlake, programu obnavljanja, obradi drva prije nanošenja prevlake, stupnju konstrukcijske zaštite te klimatskim i lokalnim utjecajima za vrijeme izlaganja. Svojstva drva koja utječu na trajnost sustava prevlaka – drvo su struktura drva, ekstraktivne tvari u drvu, sadržaj vode u drvu, hrapavost površine, vrijeme izloženosti drva atmosferskim utjecajima prije nanošenja prevlake te anatomske i druge greške drva (Jirouš-Rajković i Turkulin, 2002.).

### 1.5.1. Struktura drva

Element strukture drva koji najviše utječe na prijanjanje premaza na drvo je poroznost. Brzina rasta drva je uvjetovana je aktivnošću kambija koja ovisi o vremenskim prilikama. Drvo raste najbrže početkom vegetacijske sezone kada se stvara drvo s najvećima lumenima i tankim stijenkama te se takvo drvo naziva rano drvo. Završetkom vegetacijskog razdoblja usporava se aktivnost kambija, a kasno drvo koje se stvara ima manje lumene (slika 8) i deblje stanične stijenke (Franjić i sur., 2008.).



Slika 8: Fotografija poprečnog presjeka ranog i kasnog drva ariša slikana elektronskim mikroskopom. Na slici se vidi da rano drvo ima veće lumene od kasnog drva. (Izvor: www.sciencephoto.com)

Kod drva četinjača glatke površine kasnog drva pružaju manju adheziju nego hrapave zone ranog drva. Drvo s velikim zonama ranog drva zbog velikih lumena i velike poroznosti pruža bolju adheziju premaza. Veliki lumeni doprinose efektu *usidravanja* u kojem dolazi do zapunjavanja lumena drva premazom. Utjecaj veličine i rasporeda lumena kod ranog drva listača može stvarati poteškoće za adheziju premaza zbog nedovoljnog zapunjavanja pora pri čemu zaostaju premazom neispunjene rupice što uzrokuje ranu pojavu grešaka na površini premaza. Zbog toga su za površinsku obradu najpogodnije vrste listača male do srednje gustoće s porama ne većim nego kod bukovine (Jirouš-Rajković i Turkulin, 2002.).

### 1.5.2. Ekstraktivne tvari

Ekstraktivne tvari poput raznih ulja i smola mogu negativno i pozitivno djelovati na površinsku obradu drva, a njihov utjecaj se povećava ako drvo nije dovoljno suho. Vodotopive ekstraktivne tvari mogu zajedno s vlagom izbiti na površinu drva i uzorokovati promjenu boje premaza. Vodotopive ekstraktivne tvari nekih vrsta usporavaju otvrdnjavanje premaza, produljuju njegovu trajnost ili djeluju kao antioksidansi te tako stabiliziraju film lakova. Također, vodotopive ekstraktivne

tvari koje se nalaze u stijenkama smanjuju utezanje i bubrenje površine drva te tako pridonose adheziji premaza (Jirouš-Rajković i Turkulin, 2002.).

### 1.5.3. Sadržaj vode u drvu

Najpovoljniji sadržaj vode u drvu je onaj koji se može očekivati pri uobičajenoj uporabi. Ako je sadržaj vode veći od 20 % može doći do otežanog otvrdnjivanja prevlake na bazi organskih otapala, a ako je sadržaj vode za vrijeme površinske obrade veći od 25 % može doći do pojave mjehuranja i ljuštenja premaza (slika 9). Uz to, visok sadržaj vode u drvu povoljno utječe na razvoj mikroorganizama koji pridonose povećanju poroznost i osjetljivosti na vlagu. Promjenom sadržaja vode u drvu dolazi i do promjena dimenzija drva što izaziva mehanička naprezanja u prevlaci koja rezultiraju smanjenjem adhezije (Jirouš-Rajković i Turkulin, 2002.).



Slika 9: Mjehuranje premaza na drvu. (Izvor: https://gharpedia.com/)

### 1.5.4. Hrapavost površine drva

Na trajnost prevlake utječe i način površinske obrade drva prije njenog nanošenja. Hrapave površine tretirane lazurama imaju veću trajnost za vrijeme dugotrajnog izlaganja vanjskim uvjetima zbog debljeg sloja lazure potrebnog da bi se hrapava površina prekrila. Najbolja priprema za što kvalitetniju adheziju prevlake je brušenje brusnim papirom odgovarajuće granulacije (Jirouš-Rajković i Turkulin, 2002.).

### 1.5.5. Vrijeme izloženosti drva atmosferskim utjecajima prije nanošenja prevlake

Izloženost površinski neobrađenog drva atmosferskim utjecajima uzrokuje fizikalne i kemijske promjene na površini drva koje smanjuju adheziju prevlake na drvo. Površinske promjene na neobrađenom drvu smanjuju adheziju temeljnih premaza i drugih prevlaka (Jirouš-Rajković i Turkulin, 2002). Na svježe obrađenim površinama drva vrlo brzo dolazi do inaktivacije površine koji negativno utječu na kvašenje površine i adheziju premaza (Nussbaum, 1996.).

### 1.5.6. Greške drva

Greške drva su sva odstupanja u građi drva koja smanjuju ekonomsku i dekorativnu vrijednost drva, kao i njegova mehanička svojstva, otežavaju obradu i dovode do nejednolike promjene volumena. Najčešće greške su kvrge i pukotine te promjene boje drva. Greške drva su uzrokovane mehaničkim i biološkim čimbenicima. Najčešće biološke greške su kvrgavost koja nastaje od grana ili pupova, smolne vrećice i modrilo. Najčešća mehanička greška je pucanje do kojeg dolazi zbog nejednolikog utezanja usljed prebrzog sušenja (Frgić, 2004.). Kvrge uzrokuju mrlje na prevlaci i njenu degradaciju, a uz to su i sklone pucanju. Čelni presjeci na kvrgama često apsorbiraju ulje iz premaza što rezultira gubitkom sjaja prevlake. Zbog izlučivanje smole iz smolnih vrećica može doći do pucanja ili ljuštenja filma prevlake. Modrilo (slika 10) se javlja kod drva koje nije dovoljno suho i dovodi do promjene boje prevlake (Jirouš-Rajković i Turkulin, 2002.).



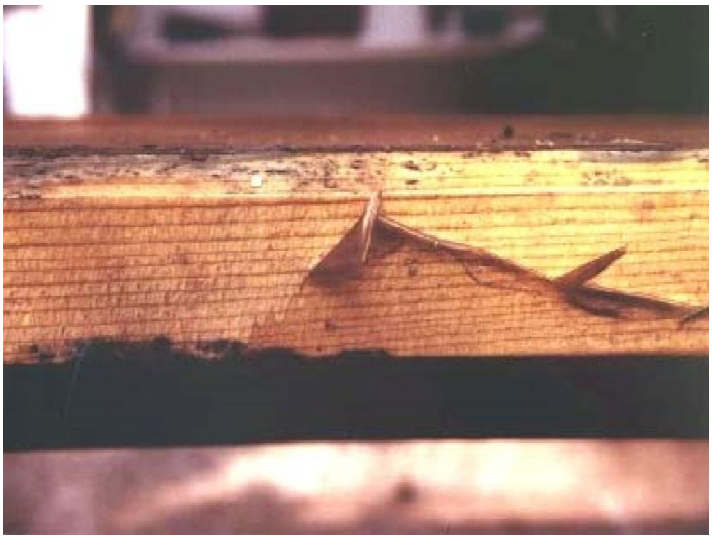
Slika 10: Stupnjevi napretka modrila na drvu. (Izvor: www.researchgate.net**)**

## 1.6. Svojstva premaza koja utječu na trajnost sustava premaz-drvo

Svojstva prevlaka koja utječu na zaštitnu funkciju su otpornost prema mikroorganizmima, svjetlosti, rastezljivost, adhezija i vodo(paro) propusnost (Jirouš-Rajković i Turkulin, 2002.).

### 1.6.1. Adhezija

Adhezija je posljedica fizikalnih i kemijskih sila koje djeluju na sučelju prevlake i podloge. Adhezija je ključno svojstvo zaštitne prevlake te ima izravan utjecaj na trajnost cjelovitosti filma, a neizravan na trajnost izgleda. Osim na drvo, prevlaka mora imati i dobru adheziju na staru prevlaku pri ponovnom nanošenju. Apsorpcija vode i permeabilnost organskog filma za vodenu paru imaju najveći utjecaj na gubitak adhezije prevlake (slika 11) zbog apsorpcije molekula vode u film, uključivanja vode u sučelje između filma i podloge, stvaranja mjehura, erozije supstrata i ljuštenja filma (Jirouš-Rajković i Turkulin, 2002.).



Slika 11: Gubitak adhezije zaštitnog filma na drvo. (Izvor: Turkulin, 2004.)

### 1.6.2. Svjetlost

Svjetlost, pogotovo ultraljubičasta svjetlost, negativno djeluje na drvo i prevlaku. Ultraljubičasta svjetlost uzrokuje razgradnju premaza i drvne površine. Na površini pod utjecajem ultraljubičastog zračenja dolazi do kemijskih, fizikalnih i strukturnih promjena što uključuje promjene boje i razgradnju drvnih vlakana. Prozirne prevlake su osjetljive na ultraljubičasto zračenje te brzo gube zaštitnu funkciju. Uz to, ultraljubičasto zračenje može prodrijeti kroz njih i pokrenuti fotokemijsku reakciju na drvnoj površini što uzrokuje promjenu boje i smanjenje adhezije između prevlake i podloge. Najbolju zaštitu od štetnog utjecaja ultraljubičastog zračenja pružaju pigmentirane prevlake tamnih boja. Njihov najveći nedostatak je što prekrivaju prirodnu boju i teksturu drva (Jirouš-Rajković i Turkulin, 2002.).

### 1.6.3. Otpornost na mikroorganizme

S obzirom da je drvo organski materijal podložno je napadu bioloških štetnika. Drvo s većim sadržajem vode, većom permaebilnošću i manjom prirodnom otpornosti podložnije je razvoju mikroorganizama koji mogu utjecati i na prevlaku. Bakterije i gljive, uzročnici promjene boje, povećavaju permeabilnost prevlake, koja može pridonijeti prevelikom upijanju zaštitnih sredstava tijekom tretmana ili vode pri

upotrebi. Razvoj mikroorganizama narušava estetski izgled površine, a gljive, uzročnici prave truleži, razgrađuju drvnu površinu i tako pridonose gubitku adhezije i greškama prevlake. Za djelotvornu zaštitu drva i prevlake od mikroorganizama uz kontrolu sadržaja vode u drvu u formulaciju prevlake potrebno je i uključiti fungicide (Jirouš-Rajković i Turkulin, 2002.).

### 1.6.4. Rastezljivost

Zbog svoje prirodne poroznosti drvo izmjenjuje vlagu s okolinom što uzrokuje promjene njegovih dimenzija. Rastezljivost prevlake je jedan od glavnih čimbenika trajnosti prevlake jer postoji značajna korelacija između trajnosti prevlake i njene rastezljivosti. Prevlaka na površini drvnog elementa slijedi promjene dimenzija drva te ako nije dovoljno rastezljiva može doći do pucanja i gubitka adhezije s podlogom (Jirouš-Rajković i Turkulin, 2002.).

### 1.6.5. Vodo(paro) propusnost

Vlaga je najvažniji čimbenik koji utječe na mehanička svojstva drva. Promjena sadržaja vode u drvu uzrokuje promjene dimenzija drva. Jedna od najvažnijih funkcija prevlake je smanjenje promjena sadržaja vode u drvu do kojih dolazi kada je drvo izloženo promjenama vlage u okolini. Drvo u uvjetima vlažne atmosfere upija vodenu paru odnosno otpušta je u uvjetima suhe atmosfere kroz svaku prevlaku. Niti jedna prevlaka nije u potpunosti djelotvorna u sprečavanju promjena sadržaja vode u drvu. Sve prevlake ipak smanjuju promjene sadržaja vode u drvu i glavna im je uloga zaštita drva od ektremnih vrijednosti vlažnosti (Jirouš-Rajković i Turkulin, 2002.).

Djelotvornost prevlake je uvjetovana vrstom prevlake i debljinom ili brojem slojeva filma što usporava promjene sadržaja vode u drvu, osim kada premaz apsorbira više vode nego samo drvo. Pigmentirane prevlake i prevlake bazirane na otapalima koja nisu voda su djelotvornije od prozirnih i prevlaka na bazi vode u usporavanju promjena sadržaja vode u drvu (Jirouš-Rajković i Turkulin, 2002.).

Premazi koji tvore film na površini su uspješniji u zaštiti drva od promjena udjela vode nego premazi koji penetriraju u drvo. Također, ispunjavanje pora drveta polimernim materijalima sprječava kapilarno upijanje tekuće vode, ali ima slab utjecaj na difuziju vodene pare, ravnotežni sadržaj vode u drvo, bubrenje i utezanje (de Meijer, 1999.).

# 2. Cilj istraživanja

Cilj ovog diplomskog rada bio je ispitati različite sustave površinske obrade masivnog namještaja za kupaonice. Na uzorcima je ispitana upojnost vode i vodene pare. Izdržljivost premaza ispitana je cold-check testom.

# 3. Materijali i metode istraživanja

U ovom istraživanju je korišteno drvo ariša (*Larix decidua* Mill.) i jasena (*Fraxinus excelsior* L.) bez grešaka, radijalne teksture (blistače). Drvo ariša i jasena često se koristi u proizvodnji namještaja. Od drva za proizvodnju namještaja očekuju se odgovarajuća mehanička svojstva – čvrstoća na vlak, tlak, savijanje, elsastičnost; fizikalna svojstva – gustoća, malo bubrenje i utezanje; otpornost na vanjske ujtecaje – svjetlo, toplina, voda; otpornost na utjecaj bioloških štetnika; podobnost za površinsku obradu; zaštita, obradljivost i estetske osobine (Turkulin i Sell, 2002.). U tablicama 3. i 4. su navedena fizička svojstva drva ariša i jasena.

Tablica 3. Fizička svojstva ariševine i jasenovine (Trajković, Despot, 1997.), (Petrić, Trajković, 1996.)

| Vrsta drva | Ariševina | Jasenovina |
|---|---|---|
| Gustoća standardno suhog drva ($\rho_0$) kg/m$^3$ | 400...550...820 | 410...650...820 |
| Gustoća prosušenog drva ($\rho_{12-15}$) kg/m$^3$ | 440...590...850 | 450...690...860 |
| Gustoća sirovog drva ($\rho_s$) kg/m$^3$ | 800...900...1000 | 600...800...1150 |
| Poroznost % | 63 | 57 |
| Radijalno utezanje ($\beta_r$) % | 3,3 | 5 |
| Tangentno utezanje ($\beta_t$) % | 7,8 | 8 |
| Volumno utezanje ($\beta_v$) % | 11,4 | 13,2 |

Tablica 4: Svojstva drva ariša i jasena (Turkulin i Sell, 2002.).

| Vrsta drva | Prirodna trajnost | Upojnost za vodu | Stabilnost dimenzija i oblika | Otpornost na djelovanje gljiva/insekata | Mogućnost impregnacije | Primjene |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ariš (Larix decidua Mill.) | Dobra | Mala | Srednja | Bijeljika – slabo; srževina - umjereno | Bijeljika – umjereno; srževina - slabo | Ekskluzivno drvo za kuće, prozore i vrata, podove, masivne konstrukcije |
| Jasen (Fraxinus excelsior L.) | Velika | Mala | Srednja | Srž – vrlo postojana | Bijeljika – dobro; srževina - slabo | Najvažnija listača za gradnju, svi vidovi unutarnje i vanjeske uporabe |

Pripremljeni su uzorci dimenzija 150 x 75 x 20 mm. Svi premazi nanošeni su ručno, kistom. Detaljna priprema uzoraka bit će opisana u poglavlju priprema uzoraka.

## 3.1. Opis premaza

U eksperimentalnom dijelu ovog istraživanja korišteni su alkidni lak za čamce, tungovo ulje, laneno ulje, epoksidni premaz, *clear penetrating epoxy sealer* (CPES) te kombinacija alkidnog laka za čamce i CPES-a.

### 3.1.1. Alkidni lak za čamce (Hempel's Lak za čamce 02120)

Sjajan bezbojni alkidni lak sa filtrima protiv djelovanja ultraljubičastih zraka. Odlikuje ga dobro prijanjanje, kvašenje i prodiranje u podlogu. Ima dobra svojstva nanošenja kistom. Pruža dobru zaštitu drva u vanjskim uvjetima te se dobro prilagođava prirodnom kretanju drva. Preporuča se kao zaštita i ukras na novom ili ranije lakiranom drvu, na unutrašnjim i vanjskim površinama. Dobro prodire i liježe uz drvo, lako se nanosi kistom ili špricom, izvanredno je otporan na atmosferske utjecaje (slika 12). Također prati prirodna stezanja i rastezanja drva (www. hempel.hr, 2019.).




Slika 12: Hempel's Lak za čamce 02120. (Izvor: www.hempel.hr)

**Priprema podloge**

Površine uvijek moraju biti čiste i suhe te na njima ne smije biti ulja. Kod novog drva izbrusiti površinu i odstraniti svu prašinu. Suhu i čistu površinu zaštititi odgovarajućim sredstvom za zaštitu drva i ostaviti da se osuši. Za prethodno

lakirano drvo s oštećenjima može biti potreban tretman sredstvom za drvo. Kod prethodno lakiranog drva površinu treba izbrusiti, očistiti i ostaviti da se osuši.

**Uvjeti nanošenja**

U trenutku nanošenja površina mora biti potpuno čista i suha s temperaturom iznad rosišta kako bi se spriječila kondenzacija. Sadržaj vlage u drvu ne smije prelaziti 16 %. Proizvod nije namijenjen nanošenju pod izravnim sunčevim svjetlom. U skučenom prostoru osigurati odgovarajuću ventilaciju u toku nanošenja i sušenja. Lakiranje se treba dovršiti 4 - 6 sati pri 20 ° C, 8 - 12 sati na 10°C, najkasnije prije pojave rose.

**Nanošenje proizvoda**

Nanijeti prvi premaz proizvoda razrijeđenog specificiranim sredstvom *Hemple's Thinner*: maksimalno 10 %. Na kraju nanijeti 2 - 3 premaza nerazrijeđenog proizvoda. Ukoliko je potrebno, dodati razrjeđivač kako bi se pospješilo nanošenje: maksimalno 5 %. Za postizanje glatke površine, preporučuje se svaki pojedini naneseni premaz izbrusiti (i ukloniti prašinu). Kod prethodno lakiranog drva potrebno je nanijeti 3 premaza proizvoda.

**Tehnički podaci**

U tablici 5 prikazani su tehnički podaci za Hempel's Lak za čamce 02120.

Tablica 5: Tehnički podaci za Hempel's Lak za čamce 02120 (Izvor: www.hempel.hr)

| | |
|---|---|
| Sastav | ugljikovodici, C9-C13, n-alkani, izoalkani, ciklički, aromatski ugljikovodici, ksilen, cirkonij-oktoat, ftalanhidrid. Volumni sadržaj suhe tvari 50 %. |
| Suha tvar | 50 +- 1 % |
| Potrošnja | 15 $m^2$/L |
| Čišćenje alata | HEMPEL'S THINNER 811 (Nº1) 0811 |
| Čuvanje | 5 godine od datuma proizvodnje |
| Plamište | 39 °C |

### 3.1.2. Tungovo ulje (Kremer *Tungöl* 73900)

Tungovo ulje je impregnacijsko sredstvo namijenjeno zaštiti vremenskim utjecajima izloženih drvenih elemenata od otpornijih vrsta drva te drva koje je ugrađeno na jahtama i drugim plovilima.

Kod zaštite s prirodnim biljnim uljem, drvu se ističe njegova prirodna boja i tekstura. Ulje prodire duboko u pore drva, napuni ih i sprječava upijanje drugih tekućina, a na površini ne stvara zaštitni film. Mazanjem ulja pore drva se ne zatvaraju, površina propušta vodenu paru, što omogućava „disanje" drva, tj. njegova prirodna vlaga usklađuje se s okolinom, a obrađena površina dobiva prirodan dodir. Tungovo ulje je vodootpornije od svih prirodnih ulja. Istovremeno ulje ne opterećuje okoliš zato što je biološki razgradljivo. Ulje suši polako (slika 13).




Slika 13. Tungovo ulje.

**Priprema podloge**

Nanosi se na drvene površine koje moraju prethodno biti fino izbrušene i otprašene, bez masti, voska i drugih nečistoća. Ulje ne stvara film i zato je brušenje od ključne važnosti za dostizanje konačne glatkoće površine. Preporučuje se brušenje brusnim papirom granulacije P220. Za lijep konačan izgled površina mora biti ravnomjerno izbrušena. Neravnomjerno brušenje uzrokuje različito upijanje ulja i pjegavost površine. Prije nanošenja ulja, drvo mora biti dobro osušeno, inače zaštita nije zadovoljavajuća. Podlogu i premaz potrebno je prije nanošenja kondicionirati na sobnu temperaturu do minimalno 18 °C.

**Uvjeti nanošenja**

Ulje se nanosi u temperaturnom okviru između 15 °C i 25 °C te uz relativnu vlažnost 40 – 70 %. Kod niže temperature i/ili više relativne vlažnosti zraka može doći do znatno sporijeg sušenja ulja. Prije upotrebe, ulje se malo zagrije ( 30 - 40 °C), što omogućava bolje upijanje u podlogu.

**Nanošenje proizvoda**

Ulje se može nanijeti na više načina, u 90 % se slučajeva nanosi krpom. Ostali načini su premazivanje kistom ili valjkom, brizganjem ili natapanjem. Na površinu drva nalijeva se ulje i krpom se ravnomjerno nanese po cijeloj površini, tako da je ulja malo previše. Ulje se upija 20 - 40 minuta. Pri nanošenju uranjanjem, drveni element se u potpunosti uranja u ulje i potom se, nakon 10-60 sekundi, postavi tako da se ulje cijedi. U tom slučaju ulje se upija 15 - 20 minuta. U svim načinima nanošenja ostatak ulja se briše čistom i suhom krpom ili upijajućim papirom. Ne preporuča se nanošenje proizvoda na temperaturi ispod 15 °C. Za bolju postojanost drva kod prvog nanošenja nakon 24 sata preporuča se još jedno ponavljanje postupka. Kod poroznijih površina i mekših vrsta drva preporuča se višestruko nanošenje.

**Tehnički podaci**

U tablici 6 prikazani su tehnički podaci za Kremer *Tungöl* 73900.

Tablica 6: Tehnički podaci za Kremer *Tungöl.* (Izvor: www.kremer-pigmente.com)

| | |
|---|---|
| Sastav | Tungovo ulje |
| Gustoća (20 C) | 0.930 – 0.939 kg/L |
| Viskoznost | 19-21 s ISO 2431 4 mm 20°C |
| Čišćenje alata | Odmah nakon upotrebe sapunom i vodom, benzinom, white spiritom ili nitro razrjeđivačem. Ako je ulje sasušeno u debljem sloju (vješalice za natapanje, kabine za brizganje) odstraniti ga nitro razrjeđivačem |
| Čuvanje | Do datuma označenog na proizvodu. |
| Plamište | Samozapaljivo na sobnoj temperaturi, |

### 3.1.3. Ulje za njegu (Remmers Pflege-Öl 264501)

Remmers *Pflege-Öl* 264501 je ulje za njegu na osnovi lanenog ulja. Koristi se za obradu drva u vanjskom i unutarnjem području kao što su vrtovi i zimski vrtovi i stambena područja. Djeluje protiv sivila (ne kod bezbojnih varijanti) i čuva drvo od isušivanja, naglašava prirodan izgled drva. Ulje je vodoodbojno, otvorenih pora, vrlo izdašno u potrošnji, brzo se suši i duboko prodire u drvo. Preporučljivo ga je nanijeti u dva premaza (slika 14).




Slika 14: Remmers *Pflege-Öl* 264501 (Izvor: www.remmers.hr)

**Priprema podloge**

Temperatura materijala i podloge mora biti od 5 C do 30 C. Podloga mora biti suha, bez prašine, prljavštine, masnoća i voska. Labavi i trošni stari premazi trebaju se izbrusiti. *Pflege-Öl* je potrebno dobro promiješati, čak i za vrijeme obrade ili nakon radnih stanki. Pomoću probnih premaza ispitati ton boje i podnošljivost s podlogom. *Pflege-Öl* se nanosi nerazrijeđen u dva premaza, u smjeru vlakanaca u drvetu. Neupijeni materijal razmazati sa suhim kistom nakon cca. 30 - 60 minuta.

**Nanošenje proizvoda**

Dobro promiješano ulje se nanosi na očišćenu podlogu. Ulje se nanosi krpom, kistom ili valjkom u smjeru vlakanaca. Ulje se upija 30 minuta te se ostatak prebriše krpom. Novi sloj ulja se nanosi 12 sati nakon prethodnog.

**Tehnički podaci**

U tablici 7 prikazani su tehnički podaci za Remmers *Pflege-Öl* 264501.

Tablica 7: Tehnički podaci za Remmers *Pflege-Öl* 264501. (Izvor: www.remmers.com)

| | |
|---|---|
| Sastav | Laneno ulje, |
| Gustoća (20 C) | 0.83 kg/L pri 20 °C |
| Viskoznost | 17 s 20°C |
| Čišćenje alata | Radni pribor odmah nakon upotrebe oprati s *AidolVerdünner* ili *Verdünner* 101. |
| Čuvanje | U zatvorenoj originalnoj ambalaži, suho i bez mraza, najmanje 5 godina. |
| Plamište | 63 °C |

### 3.1.4. *Clear penetrating epoxy sealer* (Smith's CPES)

*Clear penetrating epoxy sealer* (skraćeno CPES) je penetrirajući dvokomponentni temeljni premaz koji služi za ispunjavanje pora drva kako bi adhezija bila pouzdana bez stvaranja mjehura i bubrenja ili se može koristiti kao završni sloj (slika 15). Pore mogu omogućiti vodenoj pari ili tekućoj vodi prolazak u drvo, a to može dovesti do truljenja ili razvoja plijesni.




Slika 15: Clear penetrating epoxy sealer (Izvor: www.amazon.com)

**Uvjeti nanošenja**

Prije nanošenja potrebno je ukloniti stari premaz i osušiti drvo. CPES neće djelovati ako je površina natopljena ili premazana. Potrebno je potpuno ukloniti sve nečistoće i komade trulog drva. Dvije komponente CPES-a se pomiješaju u omjeru 1:1 te se nanose potapanjem ili kistom. Nakon što su otapala isparila (1- 7 dana) nanosi se punilo koje se idući dan brusi u željeni oblik.

**Tehnički podaci**

Tehnički podaci za *Smith's Clear Penetrating Epoxy Sealer* su intelektualno vlasništvo proizvođača koje proizvođač nije dao na uvid.

### 3.1.5. Epoksidni premaz (Hempel's Light Primer 45551)

*Hempel's Light Primer* 45551 je dvokomponentni epoksidni premaz na bazi poliamidnog adukta, za nanošenje u debelom sloju. Stvara tvrd i izdržljiv premaz otporan na vodu i naftne proizvode, namjenjen za nadvodne i podvodne dijelove plovila od aluminija, stakloplastike ojačane poliesterom, šperploče i čelika (slika 16).




Slika 16: *Hempel's Light Primer* 45551 (Izvor: www.hempel.hr)

#### Uvjeti nanošenja

Prije nanošenja potrebno je ukloniti stari premaz te očistiti površinu od svih nečistoća, masti, ulja i smola. Proizvod se nanosi u debelom sloju na površinu koja se želi zaštititi.

#### Tehnički podaci

U tablici 8 prikazani su tehnički podaci za *Hempel's Light Primer* 45551.

Tablica 8: Tehnički podaci za *Hempel's Light Primer* 45551. (Izvor: www.hempel.hr)

| | |
|---|---|
| Sastav | Ksilen, n-butanol, etilbenzen, produkti reakcije: bisfenol-A(epiklorhidrina) i epoksi smole (broj srednje molekulske mase 700-1200), benzinsko otapalo (nafta), lako aromatsko |
| Gustoća (20 C) | 1,3 kg/L |
| Potrošnja | 8.2 $m^2$/l |
| Čišćenje alata | HEMPEL'S THINNER 845 (No 5) 08451 |
| Čuvanje | Čuvanje na hladnom, suhom i tamnom mjestu na temperaturi od 5°C – 35°C: |
| Plamište | 24°C |

## 3.2. Priprema uzoraka

Priprema uzoraka za ispitivanje započeta je raspiljivanjem elemenata od ariševine i jasenovine duljine 2,00 i 2,50 m na manje duljine s ručnom kružnom pilom. Stolarskom kružnom pilom elementi su raspiljivani na 150 x 75 x 20 mm + nadmjera. Uzorci su zatim su obrađeni na ravnalici i debljači na potrebnu duljinu i širinu. Nakon toga su ručnom brusilicom (brusnim papirom P-120) obrađene plohe koje će se ispitivati te su uzorci upakirani i preneseni do laboratorija.

U laboratoriju se prvo odredio broj uzoraka za ispitivanje (12 uzoraka po sustavu i 12 kontrolnih uzoraka). Prije nanošenja premaza uzorci su ručno brušeni brusnim papirom granulacije 150. Količina nanosa premaza određena je na temelju preporuka proizvođača navedenih u tehničkim listovima. Primjer izračuna količine nanosa Hempel alkidnog laka (oba sloja): proizvođač navodi da je 1 L premaza dovoljna za premazivanje 15 $m^2$ drva, što znači da je za 1 $m^2$ elemenata potrebno 67 g premaza po sloju. S obzirom da su površine uzoraka 0,01125 $m^2$ , potrebna količina premaza za jedan sloj je 0,8 g (slika 17).



Slika 17: Uzorci drva pripremljeni za istraživanje.

Uzorci premazani alkidnim lakom premazani su kistom s dva sloja laka. Drugi sloj je nanesen nakon 24 sata. Lak se sušio na sobnoj temperaturi. Prije nanošenja drugog sloja laka površina je brušena brusnim papirom P-150.

Uzorci premazani tungovim uljem su premazani kistom u više slojeva, uzorci ariša imaju 7 slojeva ulja razrjeđenog test benzinom (white spirit) u omjeru 50:50, a uzorci jasena imaju 9 slojeva ulja, od kojih je prvih 5 slojeva razrjeđeno test benzinom u omjeru 50:50, a ostalih 4 sloja je nerazrjeđeno tungovo ulje. Nakon premazivanja uzorci su upijali ulje 40 minuta, a zatim je višak ulja prebrisan papirom. Postupak se ponavljao onoliko puta dok na površini uzorka nije ostao ujednačeno sjajan sloj ulja što znači da površina uzorka više ne upija ulje.

Uzorci premazani Remmers uljem za njegu drva premazani su u dva sloja prema uputama proizvođača u količini od 0,9 g po uzorku. Drugi sloj je nanesen 24 sata nakon prvog sloja. Svaki sloj je upijao 30 minuta te je nakon toga prebrisan papirom kako bi se uklonio višak ulja.

Uzorci premazani CPES sustavom premazani su u jednom sloju te su nakon toga sušeni u sušioniku 2 dana na temperaturi od 35°C.

Uzorci premazani kombinacijom premaza CPES i alkidnog laka premazani su prvo sustavom CPES te dva dana sušeni u sušioniku na temperaturi od 35°C.

Nakon toga su brušeni brusnim papirom P-240. Uzorci su zatim premazani alkidnim lakom prema uputama proizvođača.

Uzorci premazani Hempel Light Primer 45551 premazani su u dva sloja bez međubrušenja. Nakon nanošenja prvog sloja premaza uzorci su se sušili jedan dan na sobnoj temperaturi.

Epoksidni premaz Hempel Light Primer 45551 nanasen je na bočne, čelne i leđne stranice uzoraka te 2 mm od ruba plohe koja se ispituje kako upijanje na tim površinama ne bi utjecalo na rezultate.

Praćenje promjena sadržaja vode

Dva uzorka svakog sustava i dva kontrolna uzorka su korišteni za spajanje na vlagomjer te su na njima na sredini leđne stranice izbušene dvije rupe promjera 5 mm, do 2/3 debljine uzorka na koje su vijcima spojene elektrode (slika 18).




Slika 18: Uzorak s elektrodom.

U ovom istraživanju je korišten vlagomjer s elektrodama proizvođača Scanntronik Magrauer GmbH iz Njemačke. Elektrode mogu biti u obliku klinova i vijaka, različitih duljina ovisno o tome na kojoj dubini želimo mjeriti sadržaj vode. Elektrode trebaju biti izolirane tijekom mjerenja sadržaja vode i smještene u istom komadu drva (npr. na istoj lameli) i, ako je moguće, okomito na vlakanca s

definiranim razmakom od obično 30 mm između njih. Da bi se izbjegle smetnje između različitih mjernih točaka svaki par elektroda mora imati dovoljnu udaljenost do susjednih elektroda (min. 150 mm). Za ispravna mjerenja potrebna je trajna nepropusnost između glava elektroda i drvnog materijala. Elektrode su spojene na vlagomjer posebnim oklopljenim koaksijalnim kablovima. Spojevi između elektroda i kablova trebaju biti potpuno izolirani kako bi se izbjeglo kratko spajanje u slučaju kondenzacije oko točke mjerenja (Dietsch i sur., 2014.).

## 3.3. Metoda ispitivanja propusnosti vodene pare

Vodoodbojna učinkovitost površinskog premaza u najvećoj mjeri određuje dimenzijske promjene drva u uvjetima uporabe i ograničava opasnost od biološke razgradnje.

Metoda određivanja paropropusnosti premaza bazirana je na metodi FTM MT048 koju upotrebljava tvrtka FIRA (Furniture Industry Research Association) za ispitivanje kupaoničkog namještaja na okolišne uvjete. U FIRA testu na okolišne uvjete (FIRA environmental test) površine masivnog drva izlažu se uvjetima visoke vlažnosti zraka u trajanju 28 dana pri temperaturi 25 °C i 85 % relativne vlažnosti ili uvjetima niske relativne vlage u trajanju 28 dana pri 25°C i 35 % relativne vlažnosti. Test izlaganja visokoj relativnoj vlažnosti simulira izlaganje vlažnim uvjetima, uključujući učinak povremene izloženosti vlazi, što se može pojaviti u kupaonicama.

Za ispitivanje su se koristili uzorci ariša i jasena, dimenzija 150x75x20 mm. Daščice su obrađene ispitnim sustavima premaza samo na licu, dok su bočne, čelne i leđna strana zaštićene s dva sloja epoksidnog premaza Hempel Light Primer 45551. Epoksidnim premazom isto tako je zaštićena ploha uzoraka premazana ispitivanim sustavom premaza u širini od 2 mm od ruba uzorka.

Nakon kondicioniranja pri 23±2°C i 50±5 % rvz uzorci su izvagani i stavljeni u zatvorene plastične posude čiji su rubovi bili prekriveni filter papirom kako bi vlažnost zraka u posudi bila oko 98 %. Uzorci su u posudi bili postavljeni najmanje 30 mm od deionizirane vode okrenuti s licem koje je bilo premazano ispitivanim

sustavom prema gore (od vode) (slika 19). Prvi tjedan uzorci su vagani jednom dnevno, a nakon toga jednom svakih sedam dana, kroz dva tjedna. Prije vaganja uzorci su prebrisani kako bi se uklonila voda zaostala na površini. Povećanje mase u odnosu na prvo vaganje je mjera prolaska vode iz okoline u drvnu podlogu (Miller i Turkulin, 2001).



Slika 19: Uzlaganje uzoraka vodenoj pari.

Na jednom uzorku sa svakom vrstom premaza vlagomjerom je mjereno upijanje vodene pare svakih 5 minuta tijekom 21 dana.

## 3.4. Metoda ispitivanja propusnosti tekuće vode

Za ispitivanje propusnosti tekuće vode sustava premaza primijenjena je metoda iz norme EN 927-5. Ta je metoda slična metodi određivanja paropropusnosti premaza. Razlika je u tome da se daščice, nakon jednake pripreme i kondicioniranja kao i u prethodnoj metodi, urone licem prema dolje u kupku destilirane vode tijekom 14 dana (slika 20). Prvi tjedan uzorci su vagani jednom dnevno s tim da su prvi dan vagani tri puta u intervalima od jedan sat, a nakon toga jednom dnevno kroz sedam dana. Prvih sedam dana su vagani tako da se prije vaganja prebrišu ako je na njima kondenzirana voda i ponovno izvažu, a slijedećih sedam dana uzorci su sušeni te

vagani jednom dnevno. Nakon vađenja, brisanja i vaganja iz razlike suhe i mokre mase određuje se količina apsorbirane vode pojedinog uzorka. Ova vrijednost se dijeli s nominalnom ispitnom površinom uzorka čime se dobiva propusnost premaza u jedinici $g/m^2$. Na kraju se izračunava prosječna propusnost obrađenih i neobrađenih uzoraka (Miller i Turkulin, 2001).



Slika 20: Izlaganje uzoraka tekućoj vodi.

Na jednom uzorku sa svakom vrstom premaza vlagomjerom je mjereno upijanje tekuće vode svakih 5 minuta tijekom 7 dana, dok je sušenje uzoraka mjereno svakih 30 minuta kroz 7 dana.

## 3.5. Cold-check test

Cold-check test je postupak koji se najprije počeo primjenjivati u Sjedinjenim Državama u svrhu određivanja otpornosti sistema lak - drvo na promjenu temperature. Odabire se vrsta drva od interesa, a uzorci se rade iz cjelovitog drva ili furnirske ploče.

Minimalna površina uzorka je 206 $cm^2$, a nijedna stranica ne smije biti manja od 10 cm. Debljina uzorka mora biti 10 mm. Uzorci se kondicioniraju 6 dana do 2 mjeseca na vlažnost od 6 - 8%.

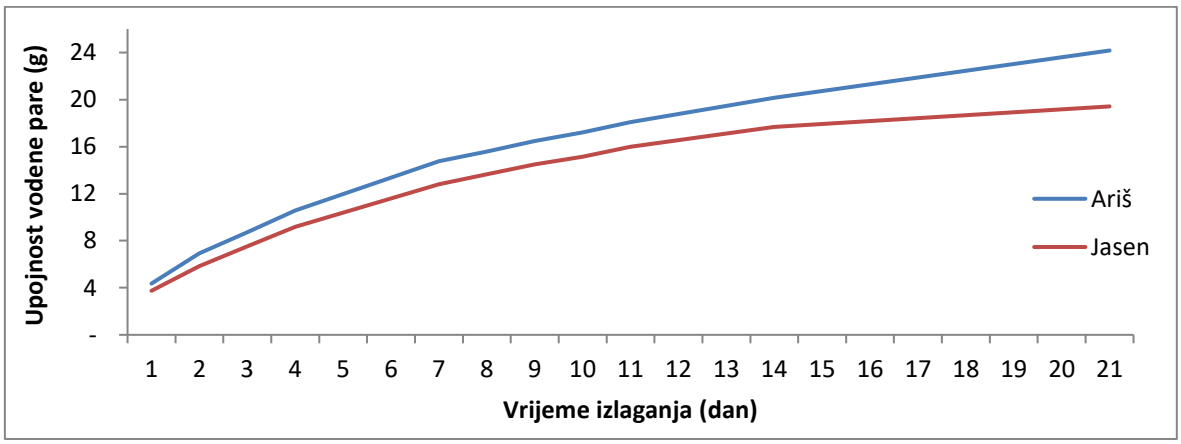
Kod nanošenja laka treba paziti na jednoličnu debljinu jer ona znatno utječe na rezultate. Nakon nanošenja uzorci moraju prirodno stariti 10 - 14 dana na sobnoj temperaturi ili na 50 - 60°C.

Broj uzoraka za isti materijal iznosi 3 - 4 komada. Izmjena temperatura vrši se od toplog prema hladnom i to 1 sat na 50°C, 1 sat na -20°C te 30 min do 1 sat na sobnoj temperaturi. Dobar lak za namještaj izdrži 10-12 takvih ciklusa, a samo ispitivanje vrši se najviše u 15-25 ciklusa (Ljuljka, 1990.).

# 4. Rezultati i diskusija

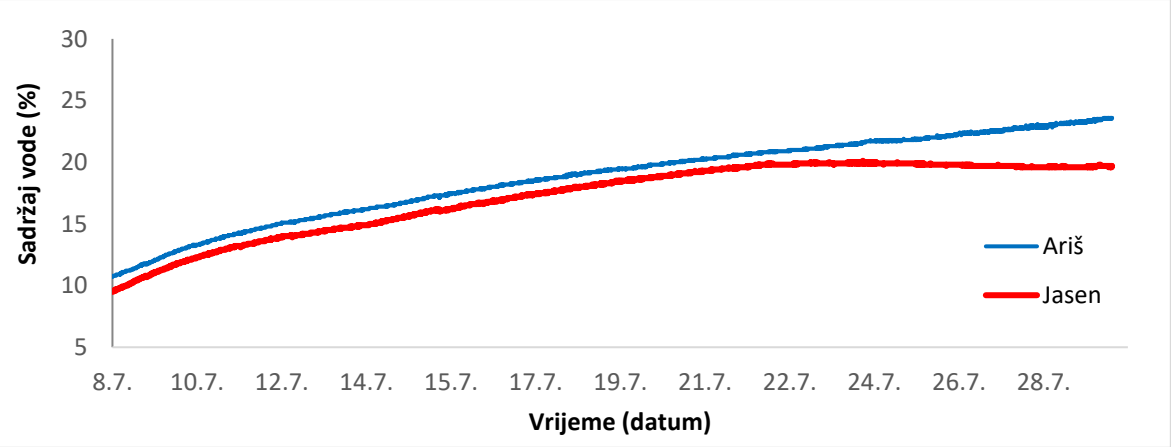
## 4.1. Ispitivanje propusnosti vodene pare

Na slici 21 prikazani su rezultati propusnosti vodene pare površinski neobrađenog uzorka drva ariša i drva jasena. Tijekom prvih 7 dana izlaganja visokoj vlazi zraka uzorci drva su ubrzano upijali vodenu paru, a preostalih 14 dana izlaganja upijanje vodene pare je bilo gotovo linearno. Nakon 14 dana izlaganja vidljivo je usporavanje upijanja vodene pare na uzorcima drva jasena, dok je na uzorcima drva ariša nastavljen trend linearnog upijanja vodene pare. Sukladno tome, na kraju izlaganja uzorci drva ariša su upili dosta više vodene pare od uzoraka drva jasena. Nadalje, na slici 20 vidljivo je da su uzorci drva ariša tijekom cijelog izlaganja više upijali vodenu paru nego uzorci drva jasena. Uzorci drva ariša su tijekom 21 dana upili 24,17 g vodene pare, a uzorci drva jasena 19,42 g. Od toga su uzorci drva ariša u prvih sedam dana upili 14,76 g, a uzorci drva jasena 12,82 g vodene pare što je više od pola ukupno upijene vodene pare.




Slika 21: Propusnost vodene pare površinski neobrađenih uzoraka drva ariša i drva jasena

Rezultati promjene sadržaja vode prikazani na slici 22 pokazuju isti trend povećanja sadržaja vode u uzorcima kao i trend povećanja upojnosti vodene pare prikazan na slici 21. Početni sadržaj vode uzoraka drva ariša bio je 10,7 %, a nakon 21 dana izlaganja porastao je na 23,6 %. Također je vidljivo da su uzorci drva ariša tijekom cijelog izlaganja imali veći sadržaj vode od uzoraka drva jasena. Početni sadržaj vode uzoraka drva jasena bio je 9,5 %, a nakon 21 dana porastao je na 19,9 %. Nadalje, uzorci drva jasena od trećeg do četrnaestog dana jednoliko su upijali vodu, a zadnjih 6 dana sadržaj vode se nije mijenjao.



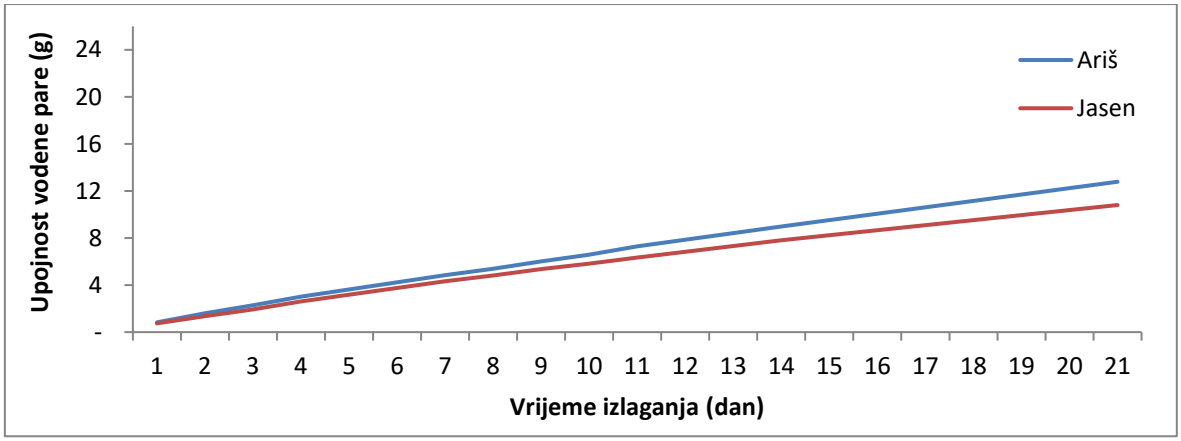

Slika 22. Promjena sadržaja vode površinski neobrađenih uzoraka drva ariša i drva jasena 21 dana tijekom izlaganja visokoj vlazi zraka

Zanimljivo je primijetiti da je nakon 14 dana izlaganja na uzorcima drva jasena uočena plijesan (slika 23) i tada je sadržaj vode u uzorcima drva jasena bio 19,7 %. Na uzorcima drva ariša nije uočena plijesan niti nakon 21 dana, iako je sadržaj vode bio veći nego u uzorcima drva jasena.



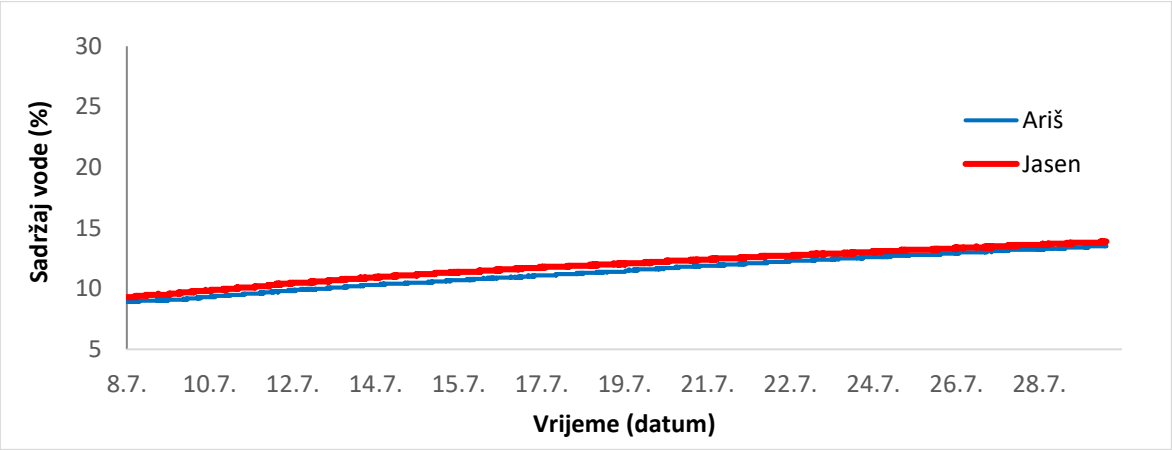
Slika 23: Pojava pljesni na površinski neobrađenom uzorku jasena.

Na slici 24 prikazani su rezultati propusnosti vodene pare uzoraka drva ariša i jasena obrađenih alkidnim lakom. Uzorci su tijekom 21 dana izlaganja visokoj vlazi zraka gotovo linearno upijali vodenu paru. Nakon 10 dana izlaganja vidljivo je usporavanje upijanja vodene pare na uzorcima drva jasena, dok je na uzorcima drva ariša nastavljen trend linearnog upijanja vodene pare. Sukladno tome, na kraju izlaganja uzorci drva ariša su upili 2 g više vodene pare od uzoraka drva jasena. Uzorci drva ariša su tijekom 21 dana upili 12,78 g vodene pare, a uzorci drva jasena 10,80 g.



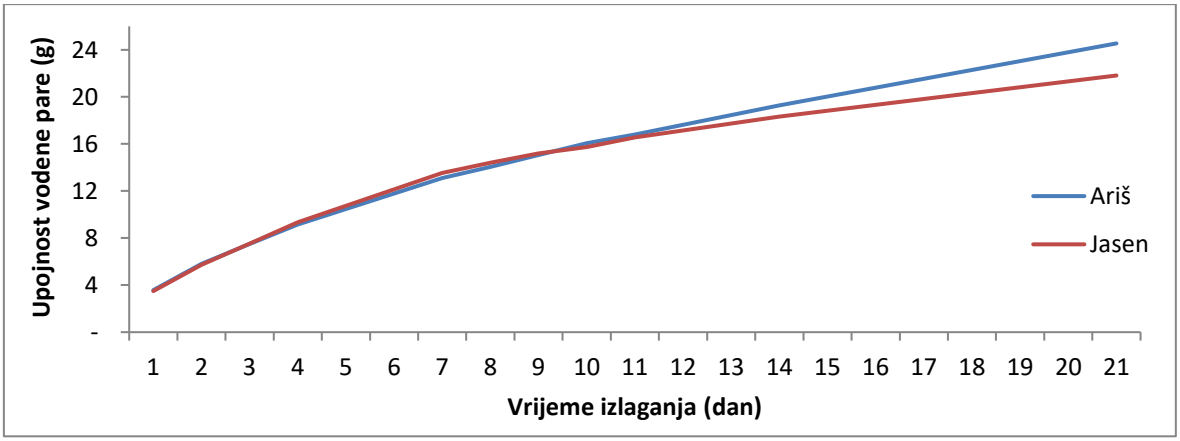

Slika 24: Propusnost vodene pare uzoraka drva ariša i drva jasena obrađenih alkidnom lakom

Rezultati promjene sadržaja vode prikazani na slici 25 pokazuju isti trend povećanja sadržaja vode u uzorcima kao i trend povećanja upojnosti vodene pare prikazan na slici 24. Početni sadržaj vode drva ariša bio je 8,9 %, a nakon 21 dana izlaganja porastao je na 13,5 %. Također je vidljivo da su uzorci drva jasena tijekom cijelog izlaganja imali veći sadržaj vode od uzoraka drva ariša. Početni sadržaj vode drva jasena bio je 9,3 %, a nakon 21 dana porastao je na 13,9 %.



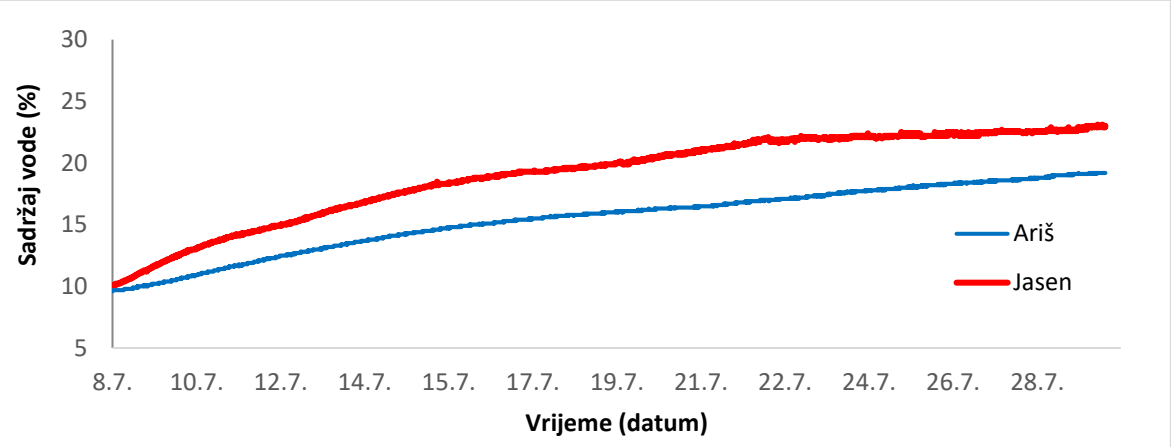

Slika 25: Promjena sadržaja vode uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih alkidnom lakom tijekom izlaganja visokoj vlazi zraka kroz 21 dan

Na slici 26 prikazani su rezultati propusnosti vodene pare uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih tungovim uljem. Tijekom prvih 7 dana izlaganja visokoj vlazi zraka uzorci drva su ubrzano upijali vodenu paru, a preostalih 14 dana izlaganja upijanje vodene pare je bilo gotovo linearno. Nakon prvih 7 dana izlaganja uzorci drva jasena su upijali vodenu paru sporije od uzoraka ariša. Sukladno tome, na kraju izlaganja uzorci drva ariša su upili više vodene pare od uzoraka drva jasena. Uzorci drva ariša su tijekom 21 dana upili 24,55 g vodene pare, a uzorci drva jasena 21,82 g. Od toga su uzorci drva ariša u prvih sedam dana upili 13,11 g, a drva jasena 13,54 g vodene pare što je više od pola ukupno upijene vodene pare.



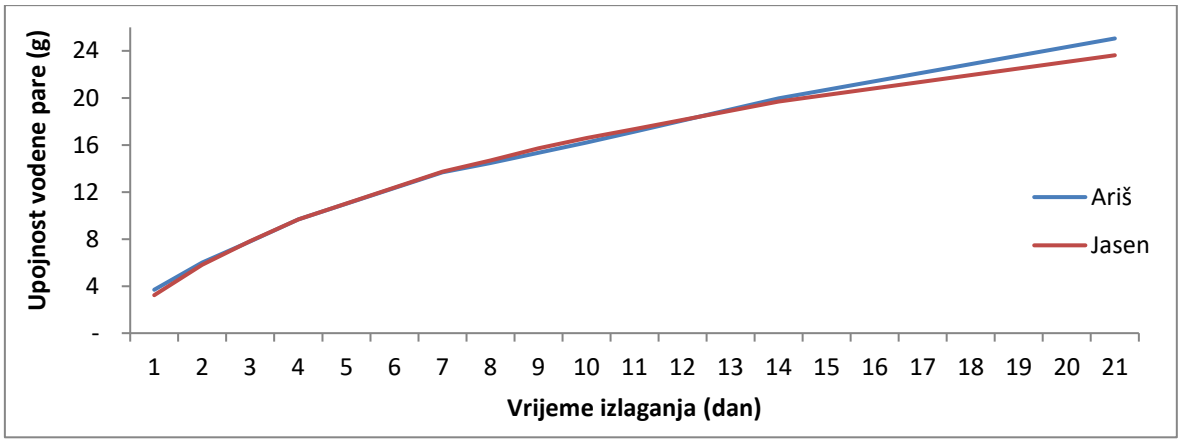

Slika 26: Propusnost vodene pare uzoraka drva ariša i drva jasena obrađenih tungovim uljem.

Rezultati promjene sadržaja vode uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih tungovim uljem prikazani na slici 27 pokazuju isti trend povećanja sadržaja vode u uzorcima kao i trend povećanja upojnosti vodene pare prikazan na slici 26. Početni sadržaj vode drva ariša bio je 9,6 %, a nakon 21 dana izlaganja porastao je na 19,2 %. Također je vidljivo da su uzorci jasena tijekom cijelog izlaganja imali veći sadržaj vode od uzoraka drva ariša. Početni sadržaj vode drva jasena bio je 10,1 %, a nakon 21 dana porastao je na 23 %.



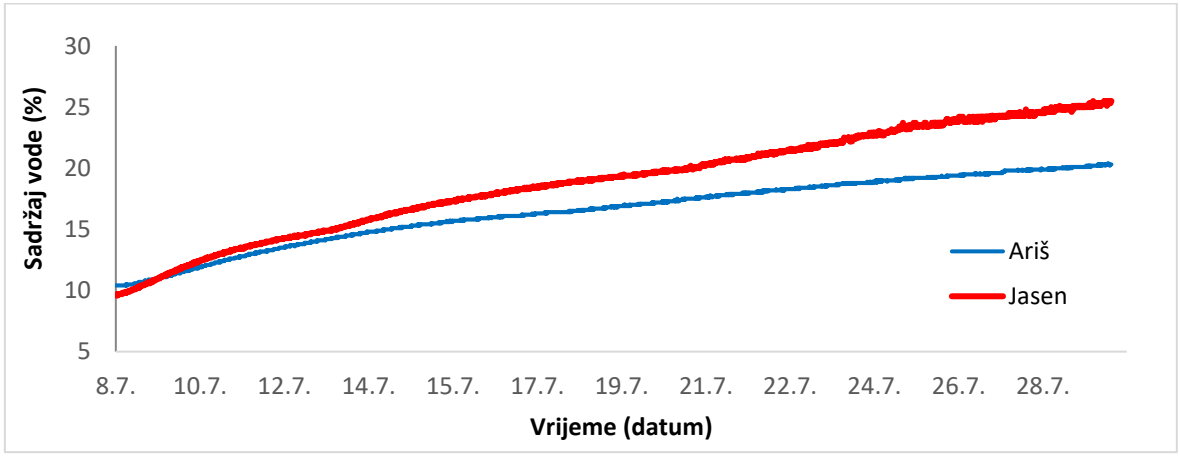

Slika 27: Promjena sadržaja vode uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih tungovim uljem tijekom izlaganja visokoj vlazi zraka kroz 21 dan

Na slici 28 prikazani su rezultati propusnosti vodene pare uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih uljem za njegu Remmers. Tijekom prvih 7 dana izlaganja visokoj vlazi zraka uzorci drva ariša i jasena su ubrzano upijali vodenu paru, a preostalih 14 dana izlaganja upijanje vodene pare je bilo gotovo linearno. Tijekom prvih 14 dana uzorci gotovo jednako upijaju vodenu paru da bi zadnjih 7 dana uzorci drva jasena sporije upijali vodenu paru. Sukladno tome, na kraju izlaganja uzorci drva ariša su upili više vodene pare od uzoraka drva jasena. Uzorci drva ariša su tijekom 21 dana upili 25,06 g vodene pare, a uzorci drva jasena 23,63 g. Od toga je ariš u prvih sedam dana upio 13,72 g, a jasen 13,54 g vodene pare što je više od pola ukupno upijene vodene pare.



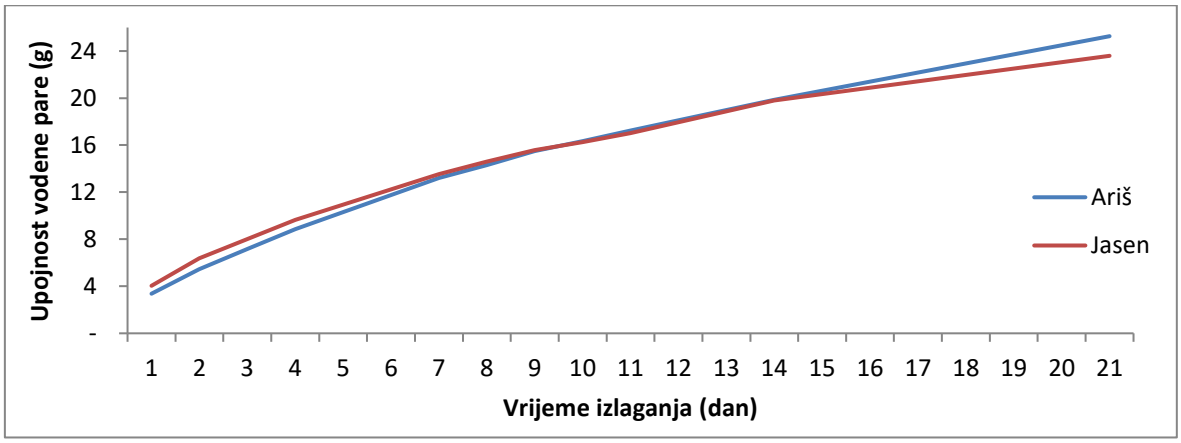

Slika 28: Propusnost vodene pare uzoraka drva ariša i drva jasena obrađenih uljem Remmers.

Rezultati promjene sadržaja vode prikazani na slici 29 pokazuju isti trend povećanja sadržaja vode u uzorcima kao i trend povećanja upojnosti vodene pare prikazan na slici 28. Početni sadržaj vode drva ariša bio je 10,4 %, a nakon 21 dana izlaganja porastao je na 20,3 %. Također je vidljivo da su uzorci jasena tijekom cijelog izlaganja imali veći sadržaj vode od uzoraka drva ariša. Početni sadržaj vode drva jasena bio je 9,6 %, a nakon 21 dana porastao je na 25,5 %.




Slika 29: Promjena sadržaja vode uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih uljem Remmers tijekom izlaganja visokoj vlazi zraka kroz 21 dan

Na slici 30 prikazani su rezultati propusnosti vodene pare uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih sustavom CPES. Tijekom prvih 7 dana izlaganja visokoj vlazi zraka uzorci drva su ubrzano upijali vodenu paru, a preostalih 14 dana izlaganja upijanje vodene pare je bilo gotovo linearno. Uzorci drva jasena u sedmom i četrnaestom danu blago usporavaju upijanje vodene pare, dok je na uzorcima drva ariša nastavljen trend linearnog upijanja vodene pare. Sukladno tome, na kraju izlaganja uzorci drva ariša su upili više vodene pare od uzoraka drva jasena. Uzorci drva ariša su tijekom 21 dana upili 25,26 g vodene pare, a uzorci drva jasena 23,59 g. Od toga je ariš u prvih sedam dana upio 13,22 g, a jasen 13,53 g vodene pare što je gotovo pola ukupne upijene vodene pare.



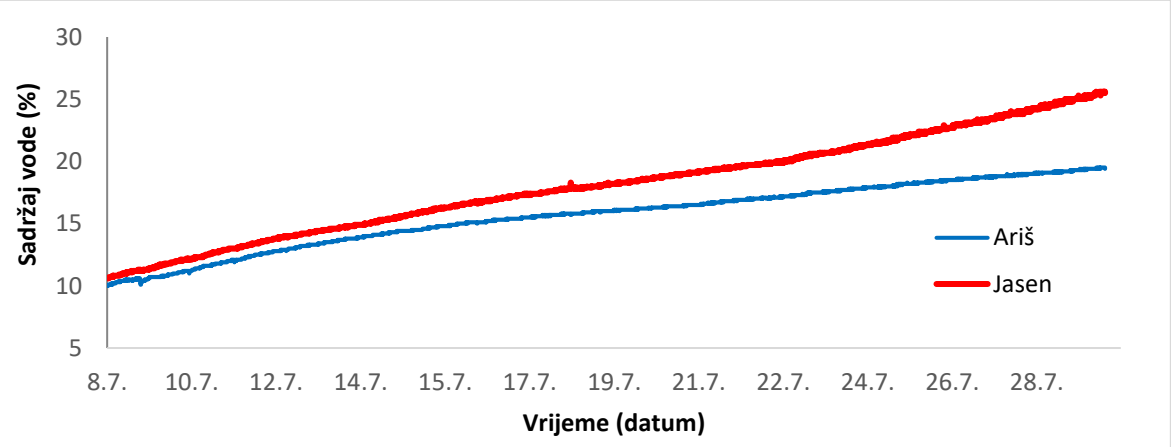

Slika 30: Propusnost vodene pare uzoraka drva ariša i drva jasena obrađenih sustavom CPES.

Nakon 14 dana izlaganja na uzorcima drva ariša uočena je plijesan na bjeljici (slika 31) pri izmjerenom sadržaju vode od 19,7 %. Na uzorcima drva jasena nije uočena plijesan niti nakon 21 dan izlaganja.



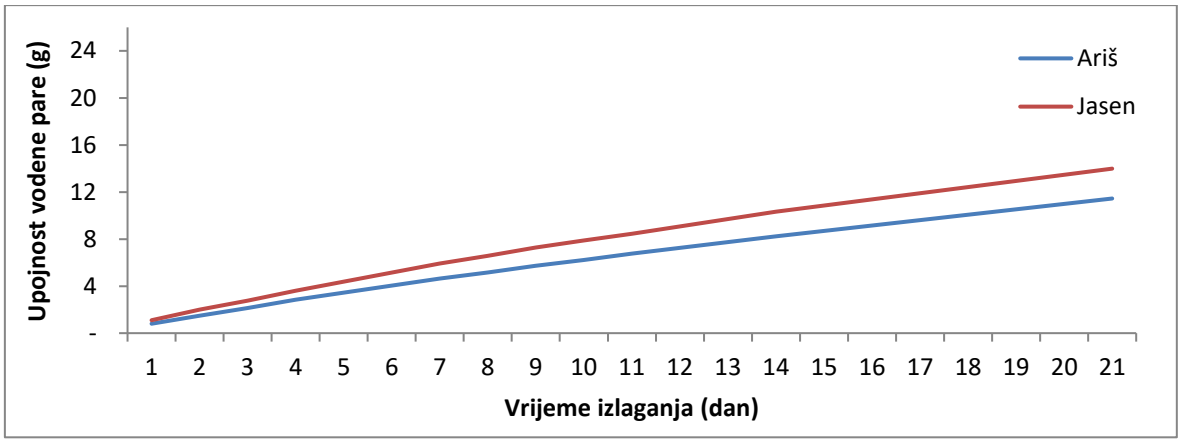
Slika 31: Pojava pljesni na uzorku ariša tretiranom sustavom CPES.

Rezultati promjene sadržaja vode prikazani na slici 32 ne pokazuju isti trend povećanja sadržaja vode u uzorcima kao i trend povećanja upojnosti vodene pare prikazan na slici 30. Naime, uzorci drva jasena nakon 14 dana pokazuju povećanje sadržaja vode. Početni sadržaj vode drva ariša bio je 10 %, a nakon 21 dana izlaganja porastao je na 19,5 %. Također je vidljivo da su uzorci jasena tijekom cijelog izlaganja imali veći sadržaj vode od uzoraka drva ariša. Početni sadržaj vode drva jasena bio je 10,6 %, a nakon 21 dana porastao je na 25,5 %.



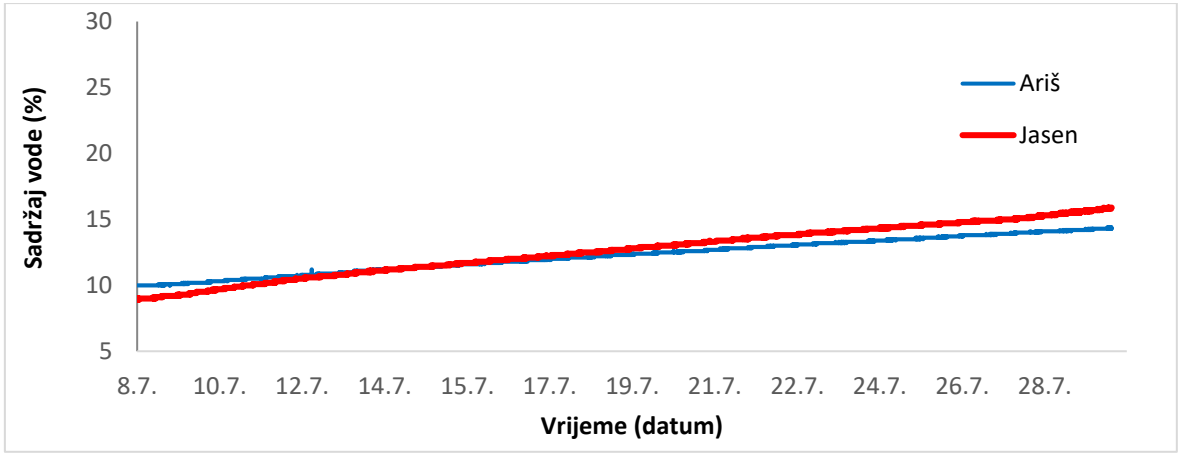

Slika 32: Promjena sadržaja vode uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih sustavom CPES tijekom izlaganja visokoj vlazi zraka kroz 21 dan

Na slici 33 prikazani su rezultati propusnosti vodene pare uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih sustavom CPES i alkidnim lakom. Tijekom prvih 4 dana izlaganja visokoj vlazi zraka uzorci drva su ubrzano upijali vodenu paru, a preostalih 17 dana izlaganja upijanje vodene pare je bilo gotovo linearno. Uzorci drva ariša nakon četvrtog dana blago usporavaju upijanje vodene pare, dok je na uzorcima drva jasena nastavljen trend linearnog upijanja vodene pare. Sukladno tome, na kraju izlaganja uzorci drva jasena su upili više vodene pare od uzoraka drva ariša. Uzorci drva ariša su tijekom 21 dana upili 11,45 g vodene pare, a uzorci drva jasena 13,99 g.




Slika 33: Propusnost vodene pare uzoraka drva ariša i drva jasena obrađenih sustavom CPES + alkidni lak

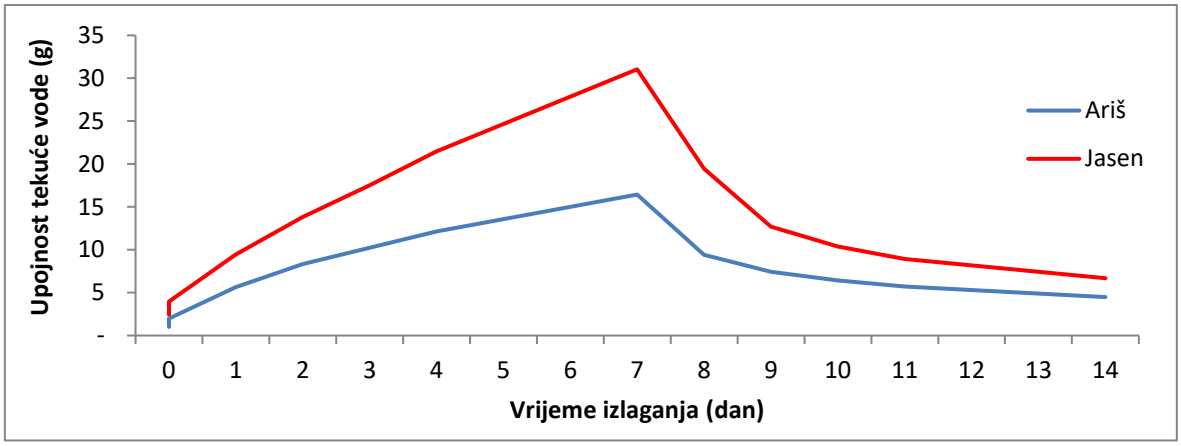
Rezultati promjene sadržaja vode prikazani na slici 34 pokazuju isti trend povećanja sadržaja vode u uzorcima kao i trend povećanja upojnosti vodene pare prikazan na slici 33. Početni sadržaj vode drva ariša bio je 10 %, a nakon 21 dana izlaganja porastao je na 11,3 %. Također je vidljivo da su uzorci drva jasena na početku izlaganja imali manji sadržaj vode od uzoraka drva ariša, da bi na kraju izlaganja njihov sadržaj vode bio veći od uzoraka drva ariša. Početni sadržaj vode drva jasena bio je 9 %, a nakon 21 dana porastao je na 15,8 %.




Slika 34: Promjena sadržaja vode uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih sustavom CPES + alkidni lak tijekom izlaganja visokoj vlazi zraka kroz 21 dan

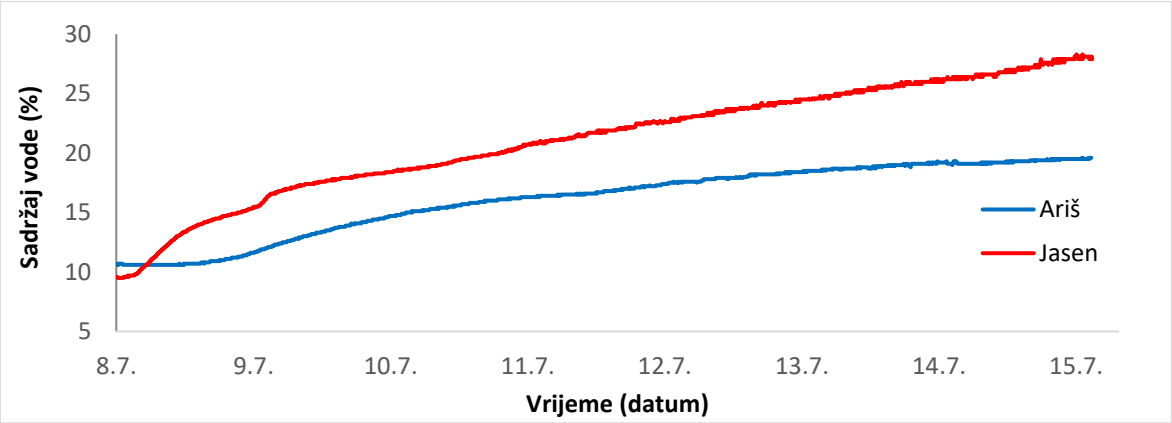
## 4.2. Ispitivanje propusnosti tekuće vode

Slika 35 prikazuje površinski neobrađene uzorke drva ariša i drva jasena. Uzorci su potapani tijekom 7 dana u destiliranoj vodi.. Uzorci drva ariša za to vrijeme su upili 16,44 g vode. Tijekom prvog dana ariš je upio 5,62 g vode, što je gotovo trećina ukupno upijene vode. Nakon toga uzorci su 7 dana kondicionirani na sobnim uvjetima tijekom čega su uzorci drva ariša izgubili 11,96 g vode, od toga su 7 g izgubili nakon prvog dana kondicioniranja. Uzorci drva jasena su za 7 dana upili 31,04 g vode. Tijekom prvog dana uzorci drva jasena upili su 9,45 g vode, što je gotovo trećina ukupno upijene vode. Nakon kondicioniranja uzorci drva jasena izgubili su 24,36 g vode, od toga 11,58 g nakon prvog dana kondicioniranja.



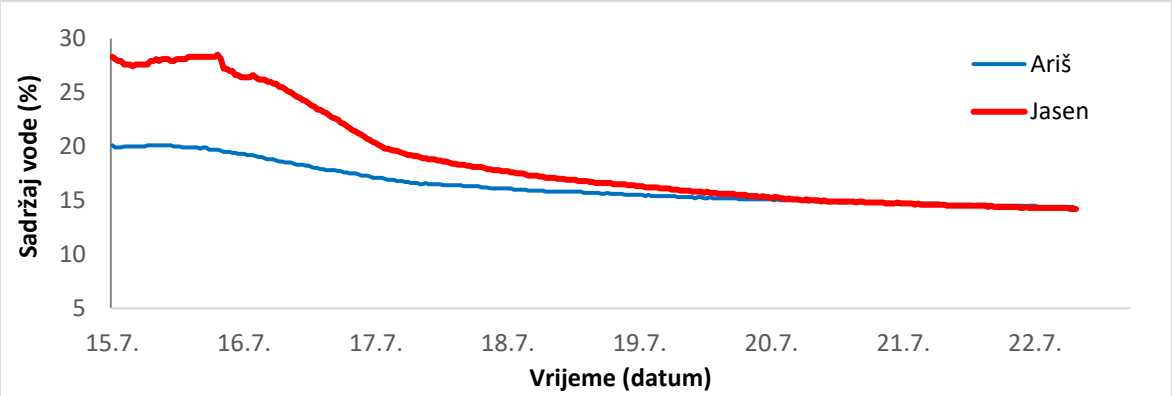

Slika 35: Propusnost za tekuću vodu površinski neobrađenih uzoraka drva ariša i drva jasena tijekom sedam dana potapanja u vodi i sedam dana kondicioniranja

Slika 36 prikazuje rezultate mjerenja sadržaja vode površinski neobrađenih uzorke drva ariša i drva jasena tijekom potapanja u destiliranoj vodi. Početni sadržaj vode u uzorku drva ariša bio je 10,7 %. Sadržaj vode se prva dva dana nije mijenjao, a nakon toga je linearno porastao na 19,5 %. Početni sadržaj vode u uzorku jasena je bio 9,6 %. Sadržaj vode se prva dva dana nije mijenjao, a nakon toga je porastao na 28,1 %.




Slika 36: Promjena sadržaja vode površinski neobrađenih uzoraka drva ariša i drva jasena tijekom sedam dana potapanja u vodi

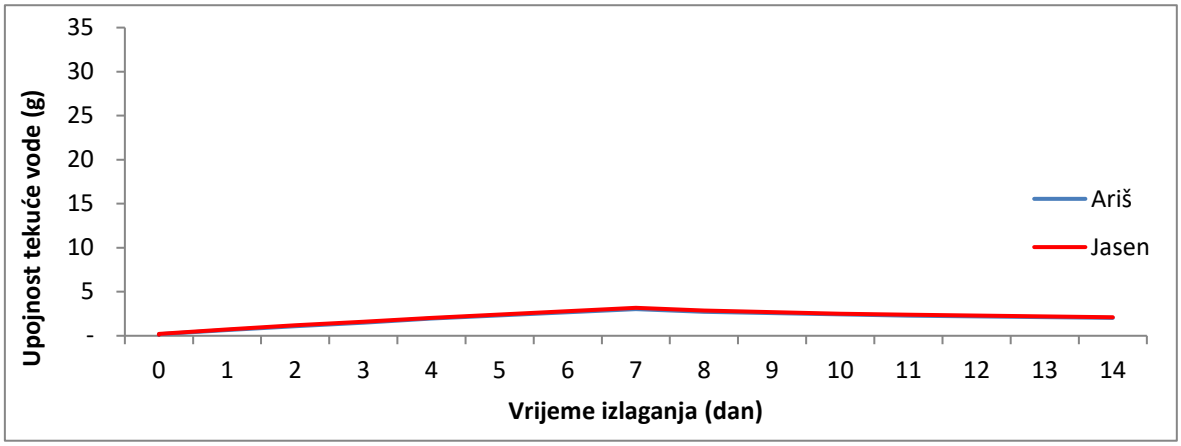
Slika 37 prikazuje rezultate mjerenja sadržaja vode neobrađenih uzorke drva ariša i drva jasena tijekom kondicioniranja. Sadržaj vode u uzorku ariša se prva dva dana nije mijenjao, a nakon toga je slijedeća dva dana naglo pao na 17 % te je preostale dane kondicioniranja linearno padao do 14,4 %. Sadržaj vode u uzorku drva jasena se prvi dan nije mijenjao, a nakon toga je u slijedeća dva dana naglo pao na 19 % te je preostale dane kondicioniranja linearno padao do 14,3 %.




Slika 37: Promjena sadržaja vode površinski neobrađenih uzoraka drva ariša i drva jasena tijekom sedam dana kondicioniranja na sobnim uvjetima

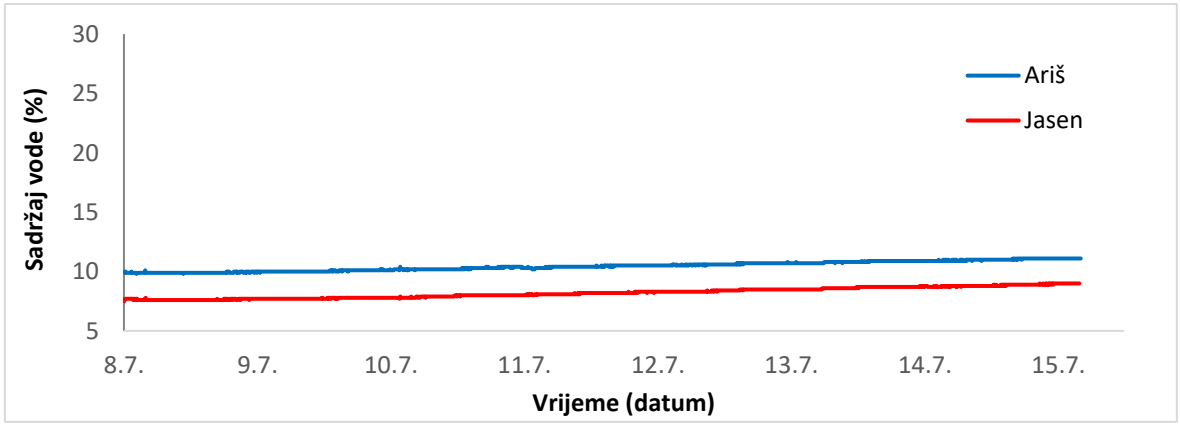
Slika 38 prikazuje promjenu mase drva ariša i drva jasena površinski obrađene alkidnim lakom 7 dana potapanja u vodi. Uzorci drva ariša za to vrijeme su upili 3,03 g vode. Tijekom prvog dana ariš je upio 0,67 g vode, što je gotovo trećina ukupno upijene vode. Nakon toga uzorci su 7 dana kondicionirani na sobnim uvjetima. Uzorci drva ariša izgubili 1,01 g vode, od toga su 0,3 g izgubili nakon prvog

dana kondicioniranja. Uzorci drva jasena su za 7 dana upili 3,18 g vode. Tijekom prvog dana uzorci drva jasena upili su 0,71 g vode, što je gotovo trećina ukupno upijene vode. Nakon kondicioniranja uzorci drva jasena izgubili su 1,08 g vode, od toga 0,32 g nakon prvog dana kondicioniranja.



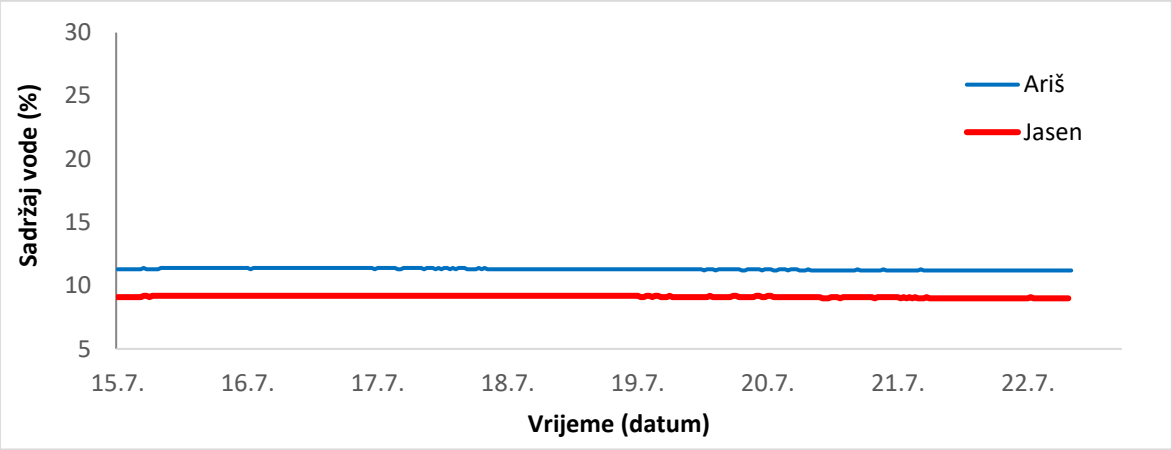

Slika 38: Propusnost za tekuću vodu uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih alkidnim lakom tijekom sedam dana potapanja u vodi i sedam dana kondicioniranja

Početni sadržaj vode u uzorku drva ariša obrađenim alkidnim lakom prije potapanja u vodi bio je 9,9 %. Sadržaj vode se prva dva dana nije mijenjao, a nakon toga je linearno porastao nakon sedam dana na 11,1 % (slika 39). Početni sadržaj vode u uzorku jasena je bio 7,7 %. Sadržaj vode se prva dva dana nije mijenjao, a nakon toga je porastao na 9 %.



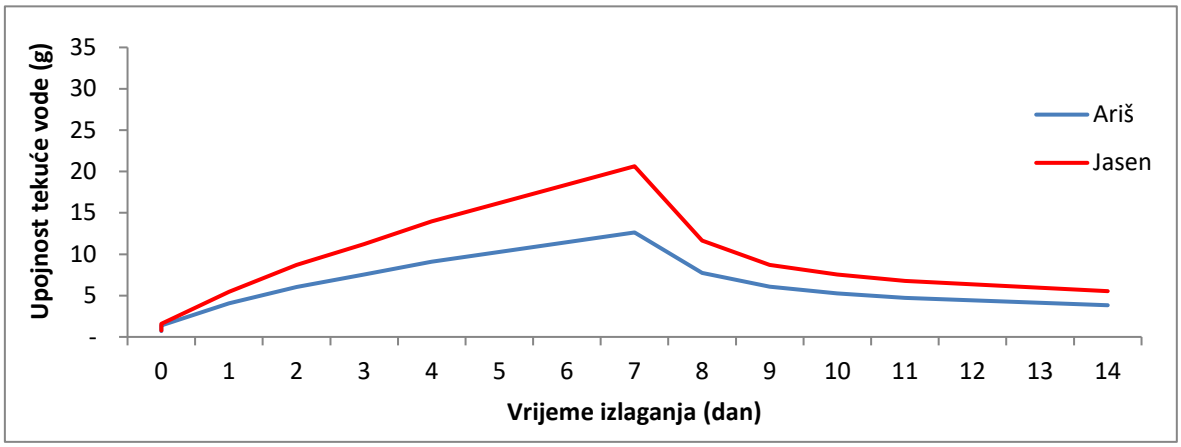

Slika 39: Promjena sadržaja vode uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih alkidnim lakom tijekom sedam dana potapanja u vodi

Sadržaj vode u uzorcima drva ariša i drva jasena se tijekom kondicioniranja nije značajno mijenjao (slika 40)



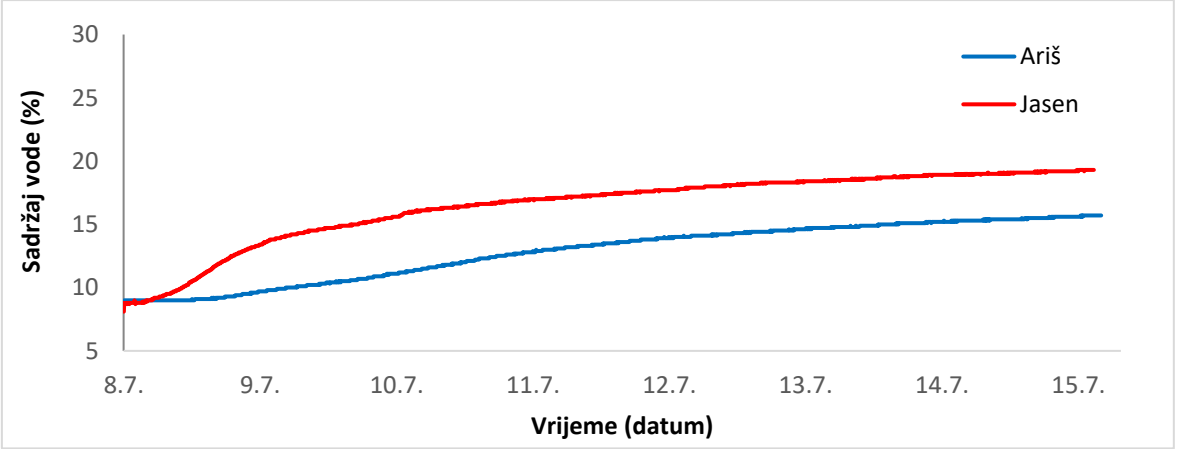

Slika 40: Promjena sadržaja vode uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih alkidnim lakom tijekom sedam dana kondicioniranja na sobnim uvjetima

Uzorci drva ariša obrađeni tungovim uljem su nakon sedam dana potapanja u vodi upili 12,63 g vode (slika 41). Tijekom prvog dana ariš je upio 4,07 g vode, što je gotovo trećina ukupno upijene vode. Nakon toga uzorci su 7 dana kondicionirani na sobnim uvjetima tijekom tog razdoblja izgubili su 8,78 g vode, od toga su 4,88 g izgubili nakon prvog dana kondicioniranja. Uzorci drva jasena su za 7 dana potapanja upili 20,63 g vode. Tijekom prvog dana uzorci drva jasena upili su 5,44 g vode, što je gotovo trećina ukupno upijene vode. Nakon kondicioniranja uzorci drva jasena izgubili su 15,12 g vode, od toga 9 g nakon prvog dana kondicioniranja.



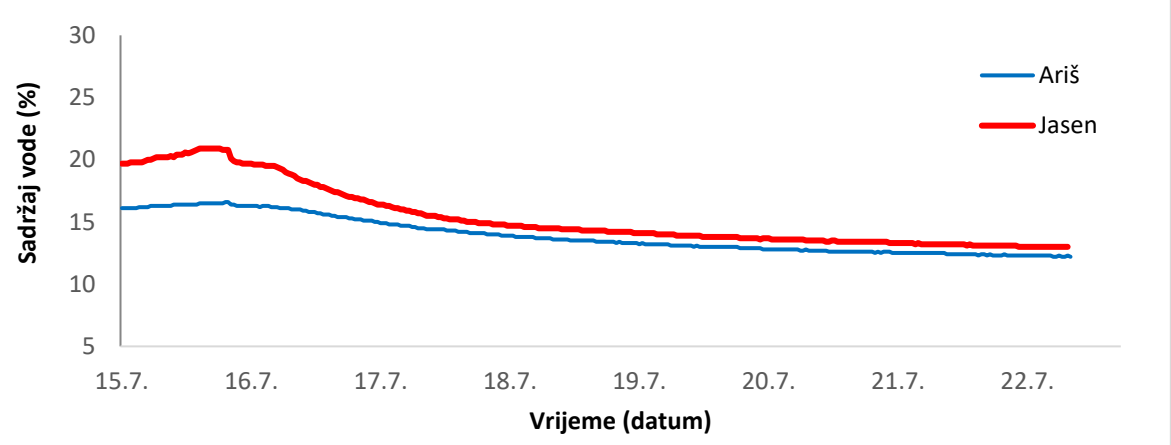

Slika 41: Propusnost za tekuću vodu uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih tungovim uljem tijekom sedam dana potapanja u vodi i sedam dana kondicioniranja

Slika 42 prikazuje promjenu sadržaja vode uzorka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih tungovim uljem tijekom potapanja u vodi. Početni sadržaj vode u uzorku ariša bio je 9 %. Sadržaj vode se prva dva dana nije mijenjao, a nakon toga je linearno porastao na 15,7 %. Početni sadržaj vode u uzorku jasena je bio 8,8 %. Sadržaj vode se prva dva dana nije mijenjao, a nakon toga je porastao na 19,3 %.



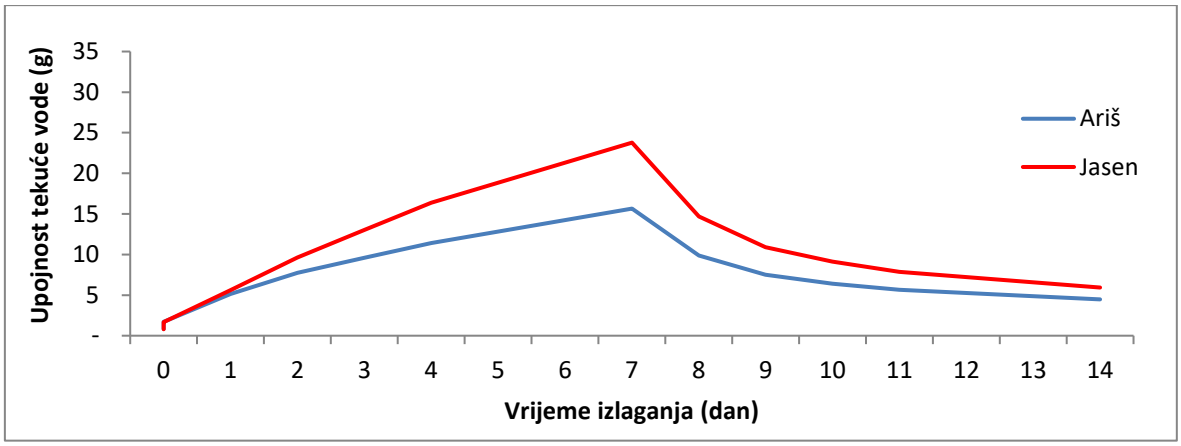

Slika 42: Promjena sadržaja vode uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih tungovim uljem tijekom sedam dana potapanja u vodi

Slika 43 prikazuje uzorke ariša i jasena površinski obrađene tungovim uljem spojene na vlagomjer tijekom kondicioniranja. Sadržaj vode u uzorku ariša se prva dva dana nije mijenjao, a nakon toga je linearno padao na 12,3 %. Sadržaj vode u uzorku jasena se prvi dan nije mijenjao, a nakon toga je u slijedeća dva dana naglo pao na 15 % te je preostale dane kondicioniranja linearno padao do 13 %.



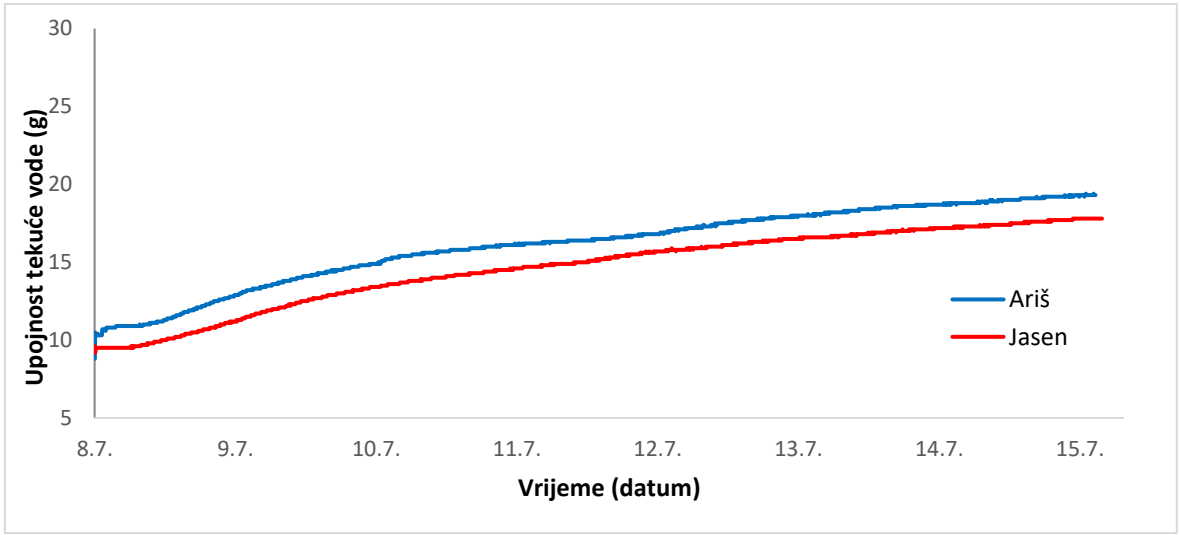

Slika 43: Promjena sadržaja vode uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih tungovim uljem tijekom sedam dana kondicioniranja na sobnim uvjetima

Slika 44 prikazuje uzorke drva ariša i drva jasena površinski obrađene uljem Remmers. Uzorci drva ariša su tijekom sedam dana potapanja u vodi upili 15,65 g vode. Tijekom prvog dana ariš je upio 5,15 g vode, što je gotovo trećina ukupno upijene vode. Nakon sedam dana kondicionirani na sobnim uvjetima uzorci drva ariša izgubili su 11,18 g vode, od toga su 5,8 g izgubili nakon prvog dana kondicioniranja. Uzorci drva jasena su za 7 dana upili 23,78 g vode. Tijekom prvog dana uzorci drva jasena upili su 5,63 g vode, što je gotovo trećina ukupno upijene vode. Nakon kondicioniranja uzorci drva jasena izgubili su 17,85 g vode, od toga 9,09 g nakon prvog dana kondicioniranja.



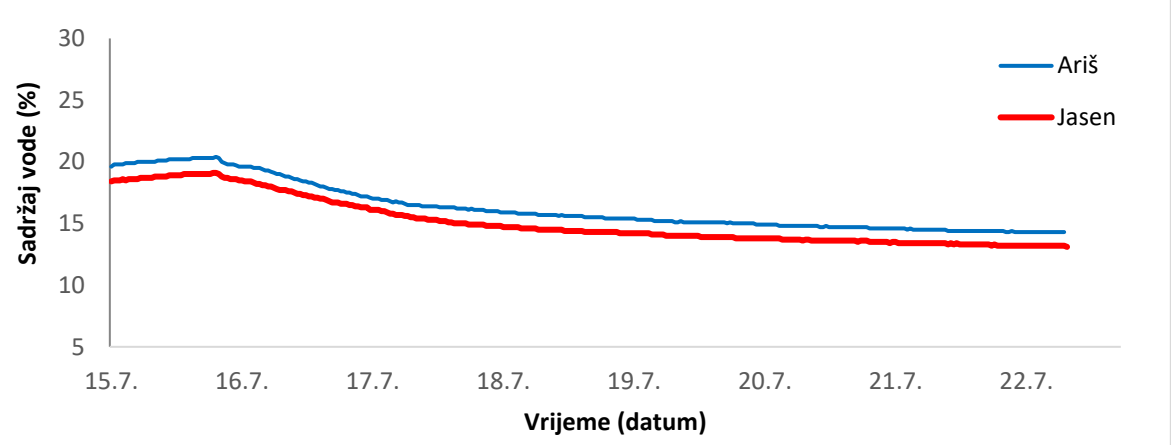

Slika 44: Propusnost za tekuću vodu uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih uljem Remmers tijekom sedam dana potapanja u vodi i sedam dana kondicioniranja

Slika 45 prikazuje uzorke ariša i jasena tretirane uljem Remmers spojene na vlagomjer tijekom potapanja. Početni sadržaj vode u uzorku ariša je bio 10,3 %. Sadržaj vode se prva dva dana nije mijenjao, a nakon toga je linearno porastao na 19,3 %. Početni sadržaj vode u uzorku jasena je bio 9,5 %. Sadržaj vode se prva dva dana nije mijenjao, a nakon toga je porastao na 17,8 %.



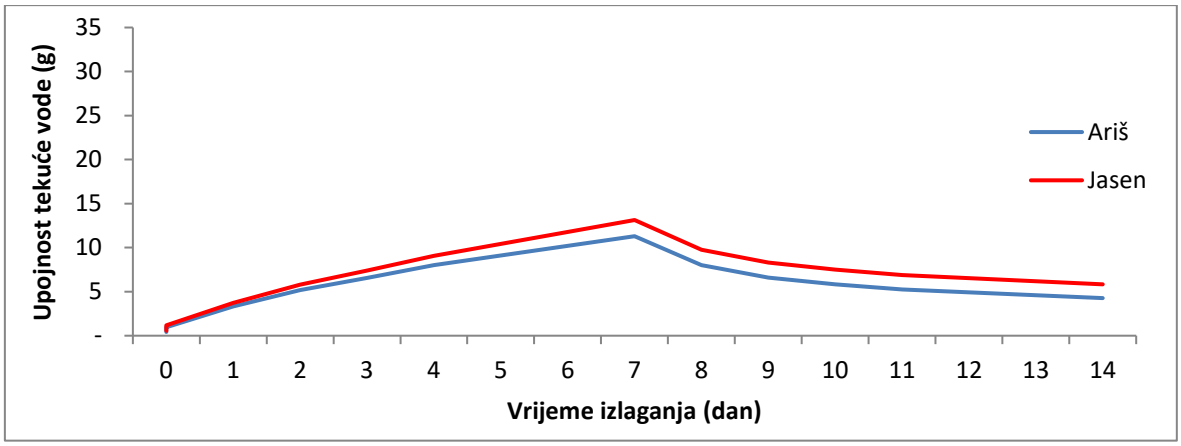

Slika 45: Promjena sadržaja vode uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih uljem Remmers tijekom sedam dana potapanja u vodi

Slika 46 prikazuje uzorke ariša i jasena tretirane uljem Remmers spojene na vlagomjer tijekom sušenja. Sadržaj vode u uzorku ariša se prvi dan nije značajno mijenjao, a nakon toga je naglo pao na 16,3 % te je preostale dane sušenja padao do 14,3 %. Sadržaj vode u uzorku jasena se prvi dan nije značajno mijenjao, a nakon toga je u slijedeća dva dana naglo pao na 15 % te je preostale dane sušenja linearno padao do 13,2 %.



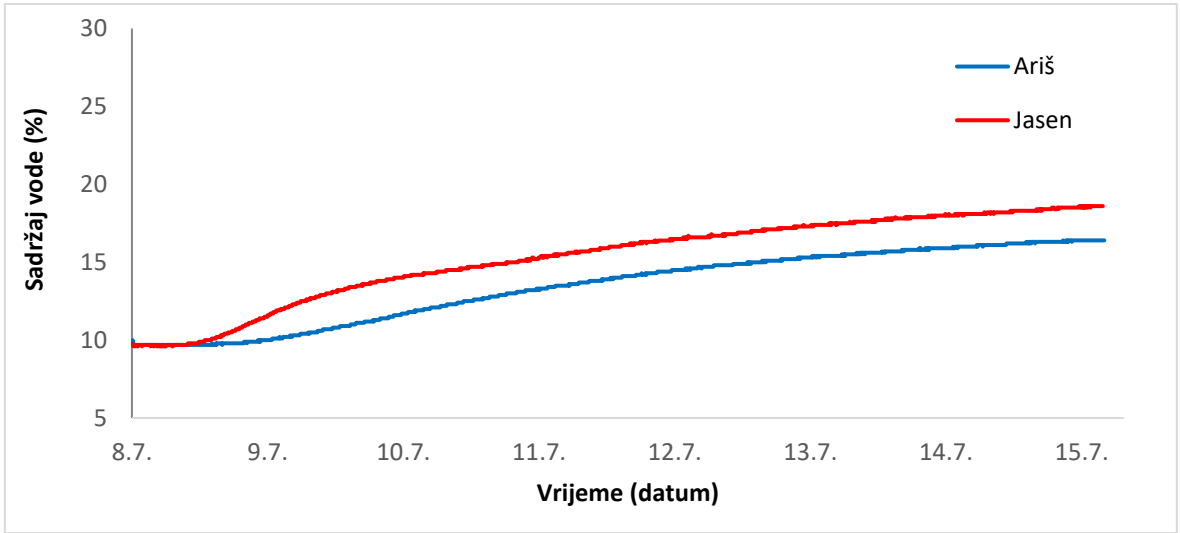

Slika 46: Promjena sadržaja vode uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih uljem Remmers tijekom sedam dana kondicioniranja na sobnim uvjetima

Uzorci drva ariša obrađenima CPES sustavom su tijekom sedam dana potapanja upili 11,30 g vode (slika 47). Tijekom prvog dana uzorci drva ariša su upili 3,32 g vode, što je gotovo trećina ukupno upijene vode. Nakon 7 dana kondicionirani na sobnim uvjetima uzorci drva ariša izgubili su 7,02 g vode, od toga su 3,29 g izgubili nakon prvog dana kondicioniranja. Uzorci drva jasena su za 7 dana upili 13,14 g vode. Tijekom prvog dana uzorci drva jasena upili su 3,72 g vode, što je gotovo trećina ukupno upijene vode. Nakon kondicioniranja uzorci drva jasena izgubili su 7,30 g vode, od toga 3,38 g nakon prvog dana kondicioniranja.




Slika 47: Propusnost za tekuću vodu uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih sustavom CPES tijekom sedam dana potapanja u vodi i sedam dana kondicioniranja

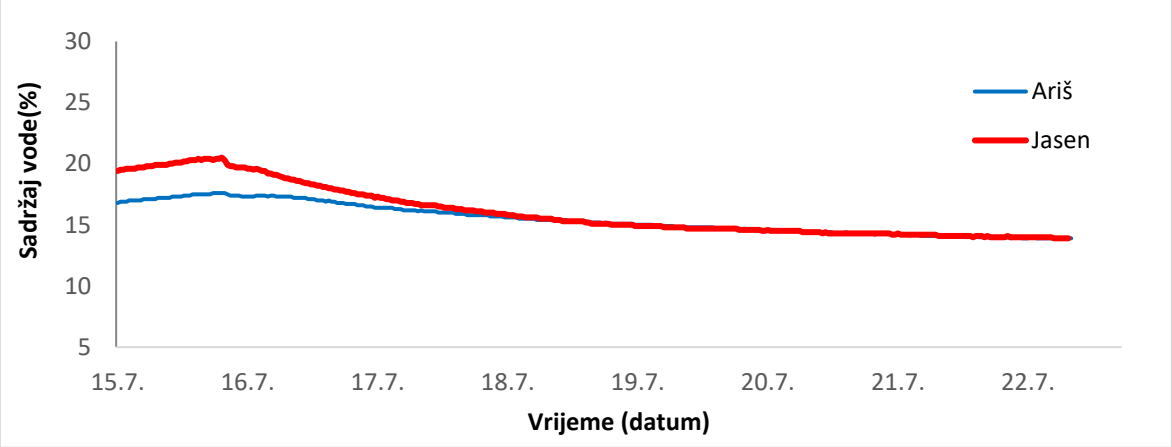
Početni sadržaj vode u uzorku ariša obrađenima CPES sustavom bio je 9,7 % (slika 48). Sadržaj vode se prva dva dana potapanja u vodi nije mijenjao, a nakon toga je linearno porastao na 16,4 % nakon sedam dana potapanja. Početni sadržaj vode u uzorku jasena je bio 9,7 %. Sadržaj vode se prva dva dana nije mijenjao, a nakon toga je porastao na 18,6 %.




Slika 48: Promjena sadržaja vode uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih sustavom CPES tijekom sedam dana potapanja u vodi

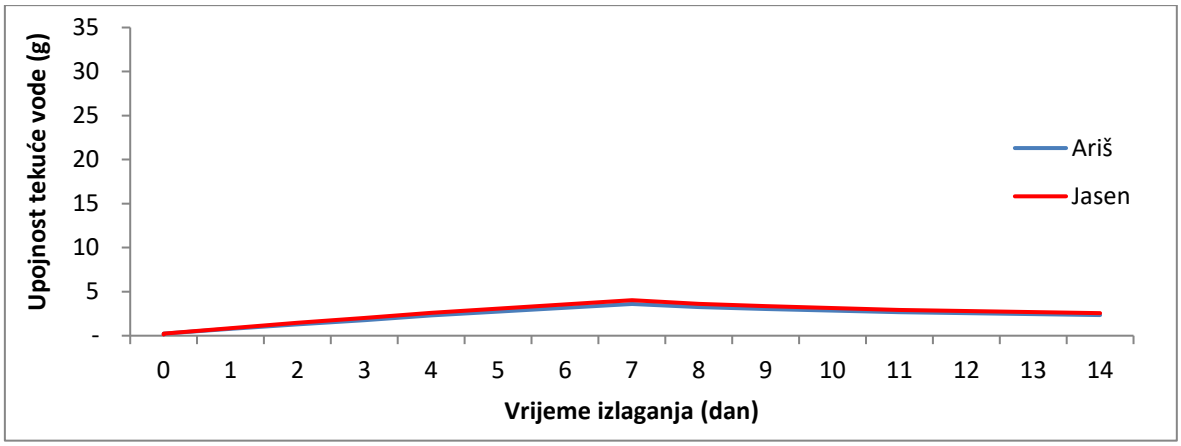
Sadržaj vode uzoraka ariše obrađenima CPES sustavom nije se mijenjao prvi dan kondicioniranja, a nakon toga je gotovo linearno pao na 13,9 % nakon

sedam dana kondicioniranja. Sadržaj vode u uzorku jasena se prva dva dana nije mijenjao, a nakon toga je u slijedeća dva dana naglo pao na 16% te je preostale dane kondicioniranja linearno padao do 13,9 %.



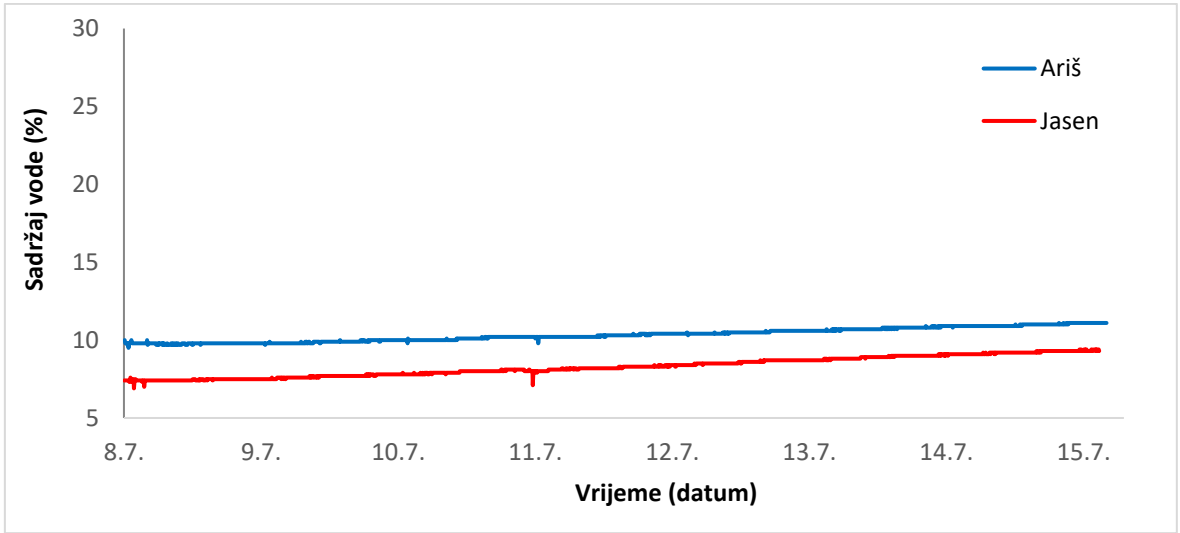

Slika 49: Promjena sadržaja vode uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih sustavom CPES tijekom sedam dana kondicioniranja na sobnim uvjetima

Slika 50 prikazuje uzorke drva ariša i drva jasena površinski obrađene sustavom CPES i alkidnim lakom. Uzorci drva ariša su nakon sedam dana potapanja upili 3,60 g vode. Tijekom prvog dana ariš je upio 0,77 g vode, što je gotovo trećina ukupno upijene vode. Nakon toga uzorci su sedam dana kondicionirani na sobnim uvjetima tijekom čega su uzorci drva ariša izgubili 1,26 g vode, od toga su 0,36 g izgubili nakon prvog dana kondicioniranja. Uzorci drva jasena su za 7 dana upili 4,03 g vode. Tijekom prvog dana uzorci drva jasena upili su 0,84 g vode, što je gotovo četvrtina ukupno upijene vode. Nakon kondicioniranja uzorci drva jasena izgubili su 1,48 g vode, od toga 0,44 g nakon prvog dana kondicioniranja.




Slika 50: Propusnost za tekuću vodu uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih sustavom CPES i alkidnim lakom tijekom sedam dana potapanja u vodi i sedam dana kondicioniranja

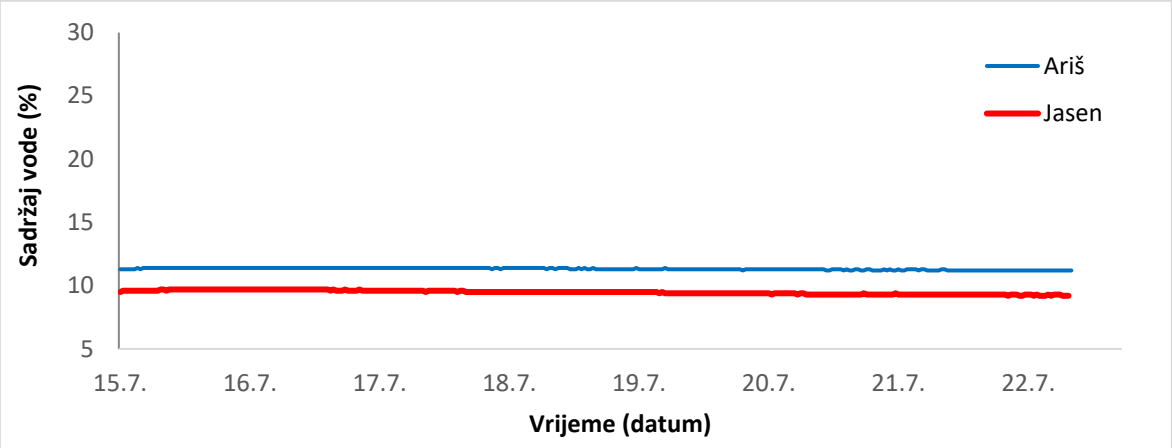
Slika 51 prikazuje uzorke ariša i jasena tretirane sustavom CPES i alkidnim lakom spojene na vlagomjer tijekom potapanja. Početni sadržaj vode u uzorku ariša je bio 9,8 %. Sadržaj vode se prva dva dana nije mijenjao, a nakon toga je linearno porastao na 11,1 %. Početni sadržaj vode u uzorku jasena je bio 7,4 %. Sadržaj vode se prva dva dana nije mijenjao, a nakon toga je porastao na 9,4 %.




Slika 51: Promjena sadržaja vode uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih sustavom CPES i alkidnim lakom tijekom sedam dana potapanja u vodi

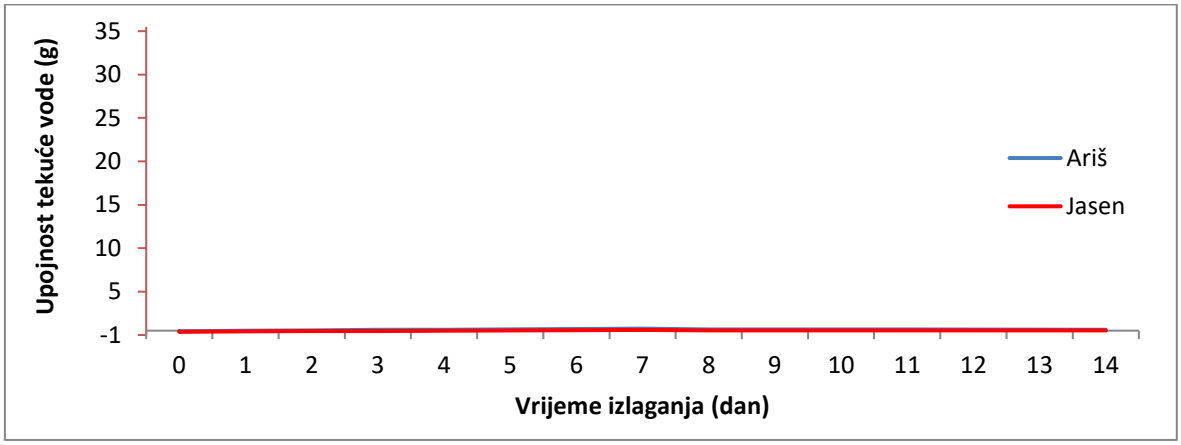
Slika 52 prikazuje uzorke ariša i jasena sustavom CPES i alkidnim lakom spojene na vlagomjer tijekom kondicioniranja. Sadržaj vode u uzorku ariša tijekom

sušenja se nije bitno mijenjao. Sadržaj vode u uzorku jasena je tijekom 7 dana pao na 9,2 %.



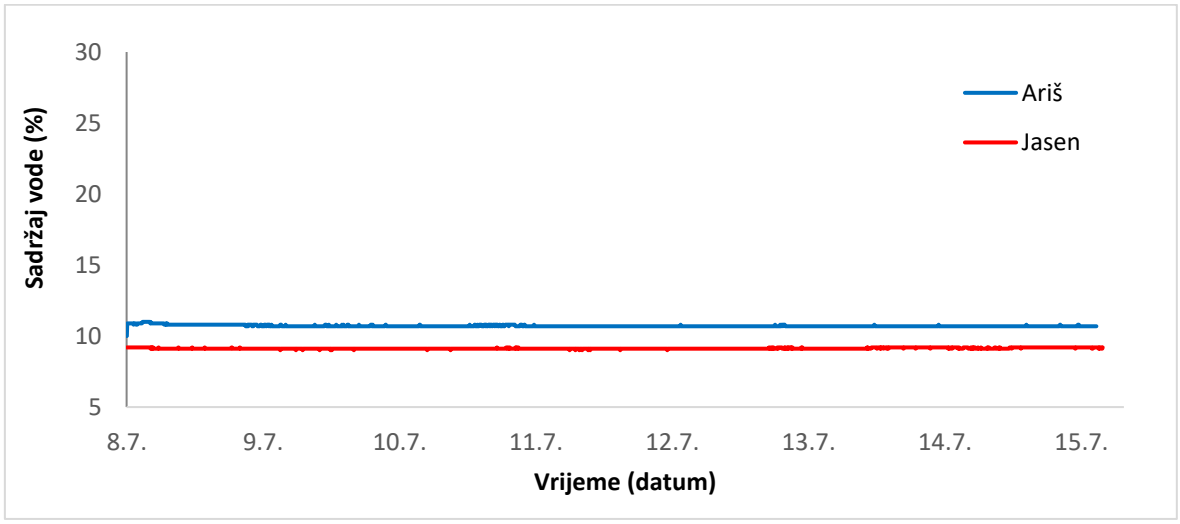

Slika 52: Promjena sadržaja vode uzoraka drva ariša i drva jasena površinski obrađenih sustavom CPES i alkidnim lakom tijekom sedam dana kondicioniranja na sobnim uvjetima

Slika 53 prikazuje uzorke drva ariša i drva jasena površinski obrađene epoksidnim premazom Hempel's Light Primer. Uzorci su potapani tijekom 7 dana te nakon toga 7 dana kondicionirani na sobnim uvjetima. Količina vlage u uzorcima se nije promijenila tijekom 14 dana, a sve promijene mase uzorka mogu se pripisati nedovoljno preciznom mjerenju.



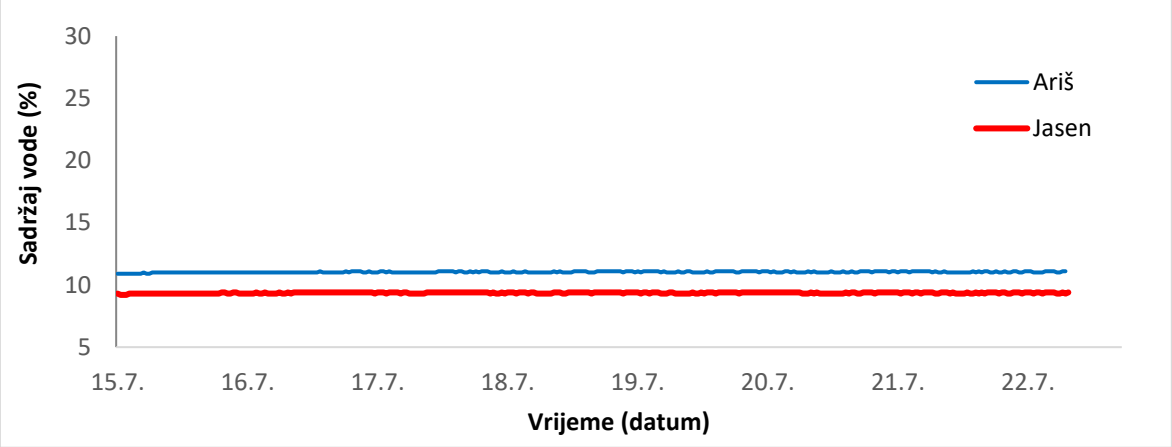

Slika 53: Propusnost za tekuću vodu uzoraka drva arišai drva jasena površinski obrađenih epoksidnim premazom Hempel's Light Primer

Slika 54 prikazuje uzorke ariša i jasena tretirane s Hempel's Light Primer 45551 spojene na vlagomjer tijekom potapanja. Početni sadržaj vode u uzorku ariša je bio 10,9 %, a tijekom potapanja se nije bitno mijenjao. Početni sadržaj vode u uzorku jasena je bio 9,2 %, a tijekom potapanja se nije bitno mijenjao.




Slika 54: Promjena sadržaja vode u uzorcima drva ariša i drva jasena površinski obrađenih Hempel's Light Primer 45551 tijekom potapanja.

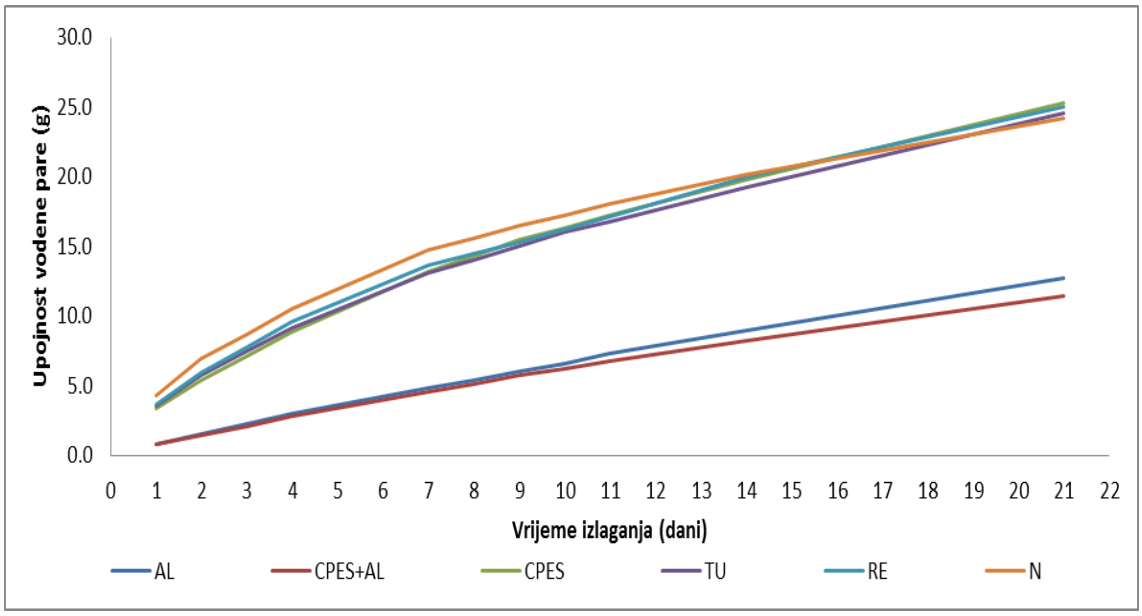
Slika 55 prikazuje uzorke ariša i jasena tretirane s Hempel's Light Primer 45551 spojene na vlagomjer tijekom sušenja. Sadržaj vode u uzorku ariša tijekom kondicioniranja se nije bitno mijenjao. Sadržaj vode u uzorku jasena je tijekom 7 dana pao na 9,2 %.




Slika 55: Promjena sadržaja vode u uzorcima drva ariša i drva jasena površinski obrađenih Hempel's Light Primer 45551 tijekom sušenja.

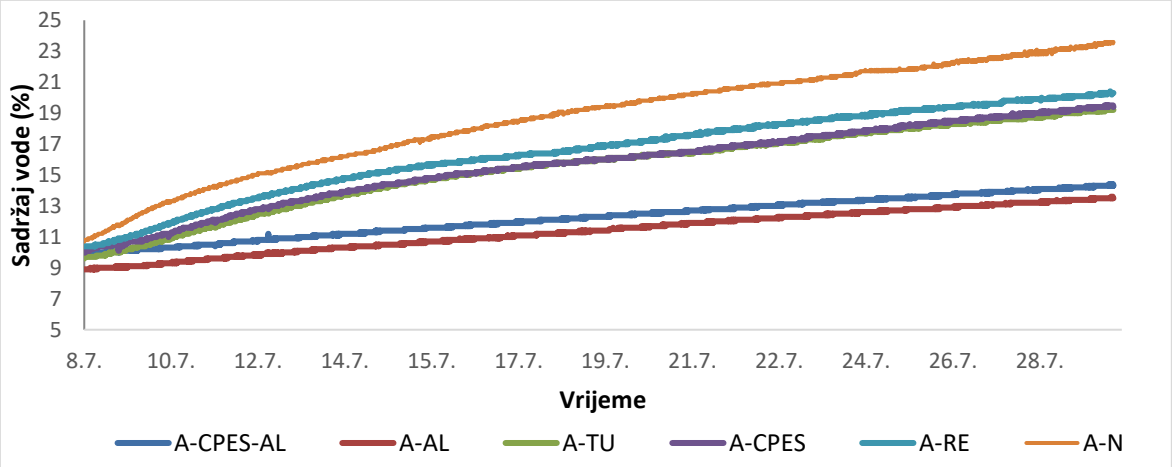
## Zbirni rezultati

Na slici 56 prikazani su zbirni rezultati upojnosti vodene pare uzoraka drva ariša koji su bili površinski neobrađeni i obrađeni različitim sustavima premaza. Može se vidjeti da uzorci drva ariša premazani alkidnim lakom tijekom 21 dana ispitivanja upijaju daleko najmanje vodene pare, u usporedbi sa svim ostalim premazima koji se ne razlikuju previše od površinski neobrađenih uzoraka. Uzorci drva ariša premazani alkidnim lakom upili su oko 10 g vodene pare a ostali uzorci drva ariša su upili oko 20 g vodene pare.



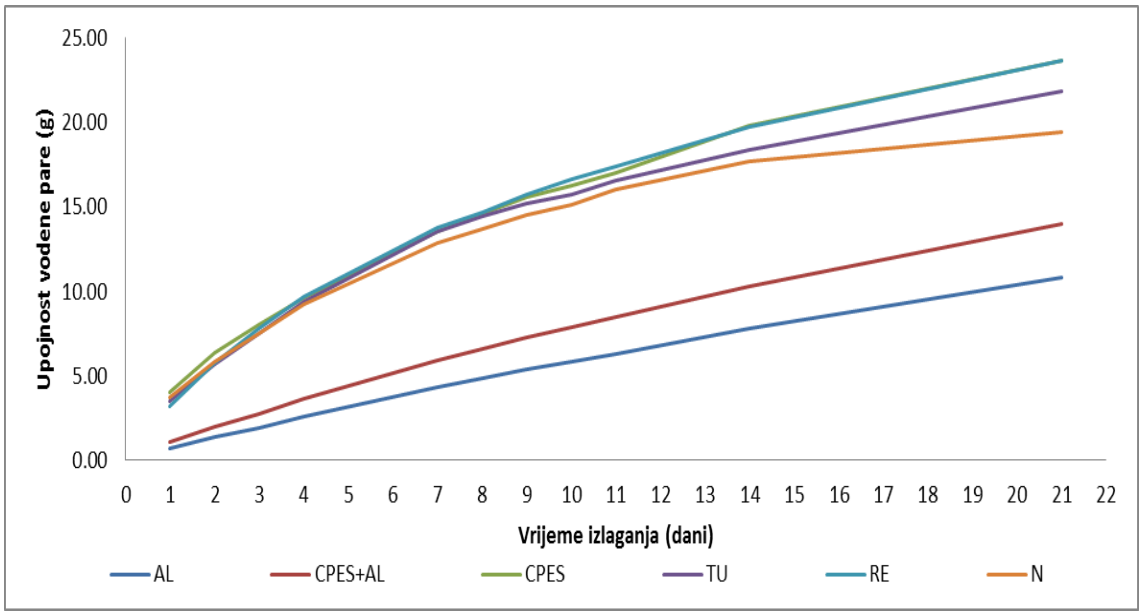

Slika 56: Zbirni rezultati upojnosti vodene pare uzoraka drva ariša tijekom 21 dana izlaganja povišenoj vlazi zraka. AL – alkidni lak; CPES+AL – CPES i alkidni lak; CPES – Clear Penetrating Epoxy Sealer; TU – tungovo ulje; RE – Remmers ulje za njegu; N – površinski neobrađen uzorak

Na slici 57 prikazani su rezultati promjene sadržaja vode uzoraka drva ariša tijekom 21 dana izlaganja povišenoj vlazi zraka. Uzorci premazani alkidnim lakom pokazuju najbolju zaštitu od upijanja vodene pare, dok ostala tri premaza pokazuju jednaku zaštitu od upijanja vodene pare. Površinski neobrađeni uzorci ariša nakon 21 dana izlaganja povišenoj vlazi zraka imali su 13 % veći sadržaj vode nego na početku izlaganja, a uzorci drva ariša površinski obrađeni alkidnim lakom i tungovim uljem imali su 3 %, odnosno 9 % veći sadržaj vode nego na početku izlaganja.



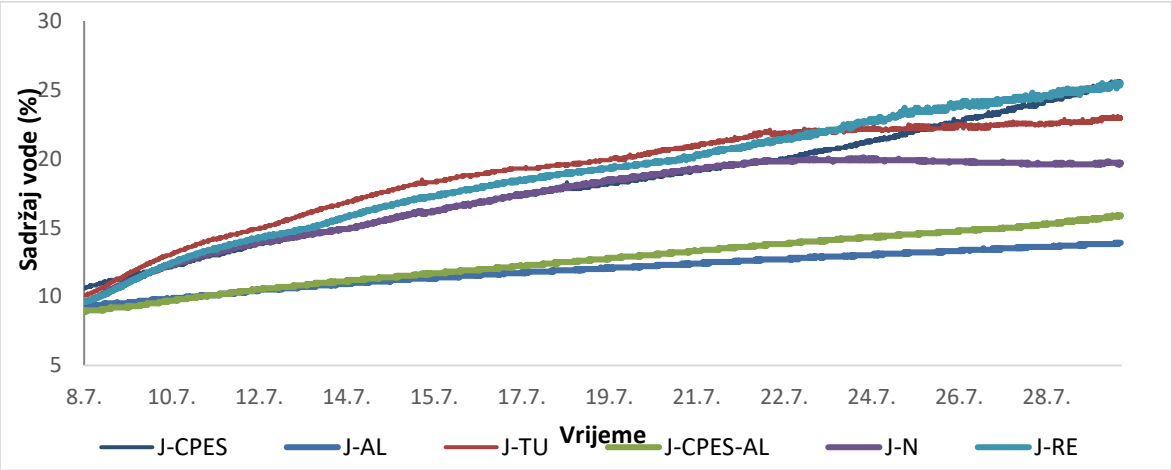

Slika 57: Zbirni rezultati ispitivanja sadržaja vode u uzorcima drva ariša tijekom 21 dan izlaganja povišenoj vlazi zraka. AL – alkidni lak; CPES+AL – CPES i alkidni lak; CPES – Clear Penetrating Epoxy Sealer; TU – tungovo ulje; RE – Remmers ulje za njegu; N – površinski neobrađen uzorak

Na slici 58 prikazani su zbirni rezultati za ispitivanje upojnosti vodene pare drva jasena koji su bili površinski neobrađeni i obrađeni različitim sustavima premaza. Može se vidjeti da uzorci premazani alkidnim lakom upijaju daleko najmanje vodene pare u usporedbi sa svim ostalim premazima koji se ne razlikuju previše od površinski neobrađenih uzoraka. Uzorci drva jasena površinski obrađeni alkidnim lakom nakon 21 dana izlaganja povišenoj vlazi zraka imali su oko 10 g vodene pare više nego na početku izlaganja, dok su uzorci drva jasena površinski obrađeni uljem Remmers imali su oko 20 g vodene pare više nego na početku izlaganja povišenoj vlagi zraka. Površinski neobrađeni uzorci drva jasena upili su oko 15 g vodene pare, odnosno oko 5 g manje nego uzorci drva jasena površinski obrađeni uljem Remmers.



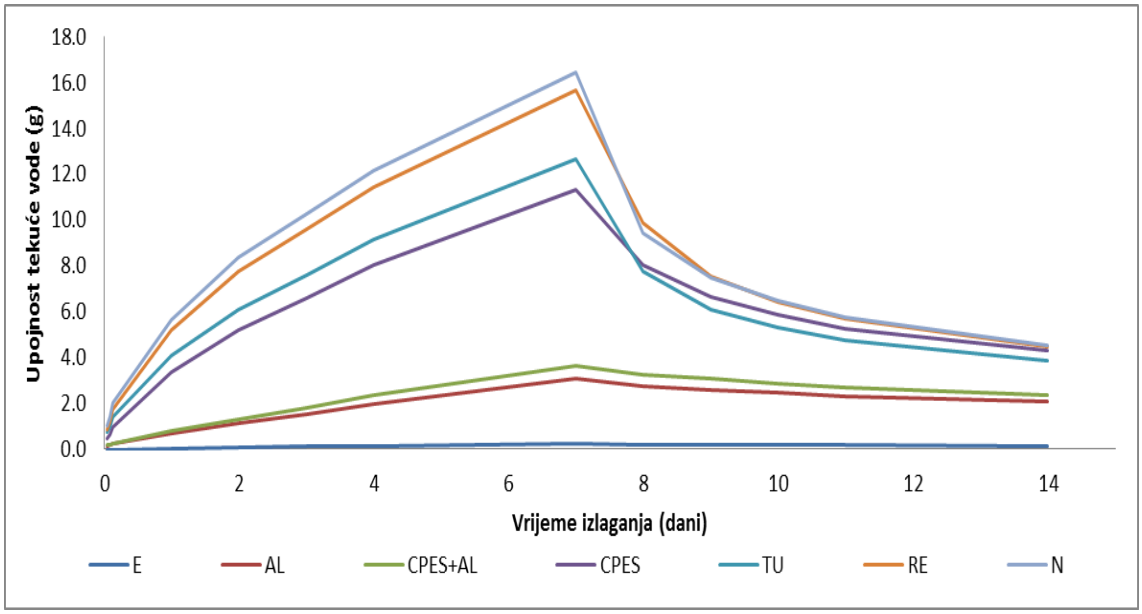

Slika 58: Zbirni rezultati upojnosti vodene pare uzoraka drva jasena tijekom 21 dana izlaganja povišenoj vlazi zraka. AL – alkidni lak; CPES+AL – CPES i alkidni lak; CPES – Clear Penetrating Epoxy Sealer; TU – tungovo ulje; RE – Remmers ulje za njegu; N – površinski neobrađen uzorak

Na slici 59 prikazani su rezultati promjene sadržaja vode uzoraka drva jasena tijekom 21 dana izlaganja povišenoj vlazi zraka. Uzorci premazani alkidnim lakom pokazuju najbolju zaštitu od upijanja vodene pare, dok ostala tri premaza pokazuju jednaku zaštitu od upijanja vodene pare. Površinski neobrađenim uzorcima sadržaj vode je rastao do oko 18 %, dok je uzorcima drva jasena površinski obrađenim uljem Remmers i sustavom CPES sadržaj vode rastao do 25 %.



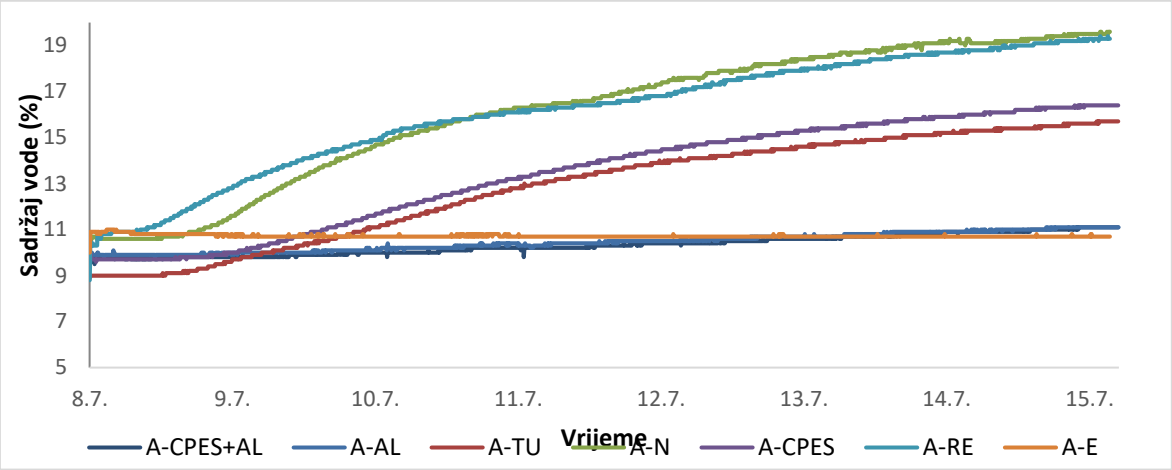

Slika 59: Zbirni rezultati ispitivanja sadržaja vode u uzorcima drva jasena tijekom 21 dan izlaganja povišenoj vlazi zraka. AL – alkidni lak; CPES+AL – CPES i alkidni lak; CPES – Clear Penetrating Epoxy Sealer; TU – tungovo ulje; RE – Remmers ulje za njegu; N – površinski neobrađen uzorak

Na slici 60 prikazani su zbirni rezultati upojnosti tekuće vode i kondicioniranja na sobnim uvjetima uzoraka drva ariša koji su bili površinski neobrađeni i obrađeni različitim sustavima premaza. Može se vidjeti da uzorci premazani epoksidnim premazom upijaju daleko najmanje vodene pare u usporedbi sa svim ostalim premazima koji se osim uzoraka premazanih alkidnim lakom ne razlikuju previše od površinski neobrađenih uzoraka. Uzorcima drva ariša površinski obrađenim alkidnim lakom su nakon kondicioniranja upili oko 2 g tekuće vode dok su uzorci drva ariša površinski obrađeni ostalim premazima upili oko 5 g tekuće vode. Uzorci ariša površinski obrađeni epoksidnim premazom gotovo i da nisu upijali tekuću vodu za vrijeme ispitivanja.



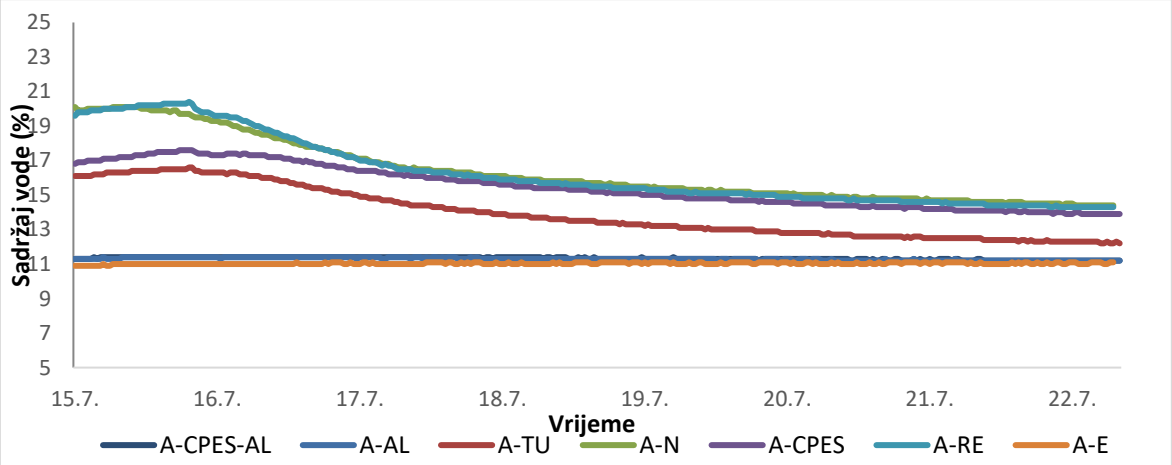

Slika 60: Zbirni rezultati upojnosti tekuće vode uzoraka drva ariša tijekom 7 dana potapljanja u tekućoj vodi i 7 dana kondicioniranja na sobnim uvjetima. AL – alkidni lak; CPES+AL – CPES i alkidni lak; CPES – Clear Penetrating Epoxy Sealer; TU – tungovo ulje; RE – Remmers ulje za njegu; E – epoksidni premaz; N – površinski neobrađen uzorak

Na slici 61 je prikazana upojnost tekuće vode uzoraka ariša premazanih različitim sustavima premaza izmjerena vlagomjerom tijekom 7 dana potapanja u vodi. Uzorci premazani epoksidnim premazom nisu upili značajnu količinu vode, a uzorci premazani alkidnim lakom su upili vrlo malu količinu vode. Remmers ulje za njegu ne pruža značajnu zaštitu od tekuće vode. U usporedbi s ostalim premazima, uzorci premazani tungovim uljem i sustavom CPES pokazali su srednju razinu zaštite od upijanja tekuće vode. Površinski neobrađeni uzorci ariša, te oni površinski obrađeni uljem Remmers na kraju sedmodnevnog izlaganja tekućoj vodi imali su oko 9 % veći sadržaj vode nego na početku ispitivanja dok uzorci drva ariša površinski obrađeni alkidnim lakom i epoksidnim premazom nisu pokazivali značajnu promjenu sadržaja vode.



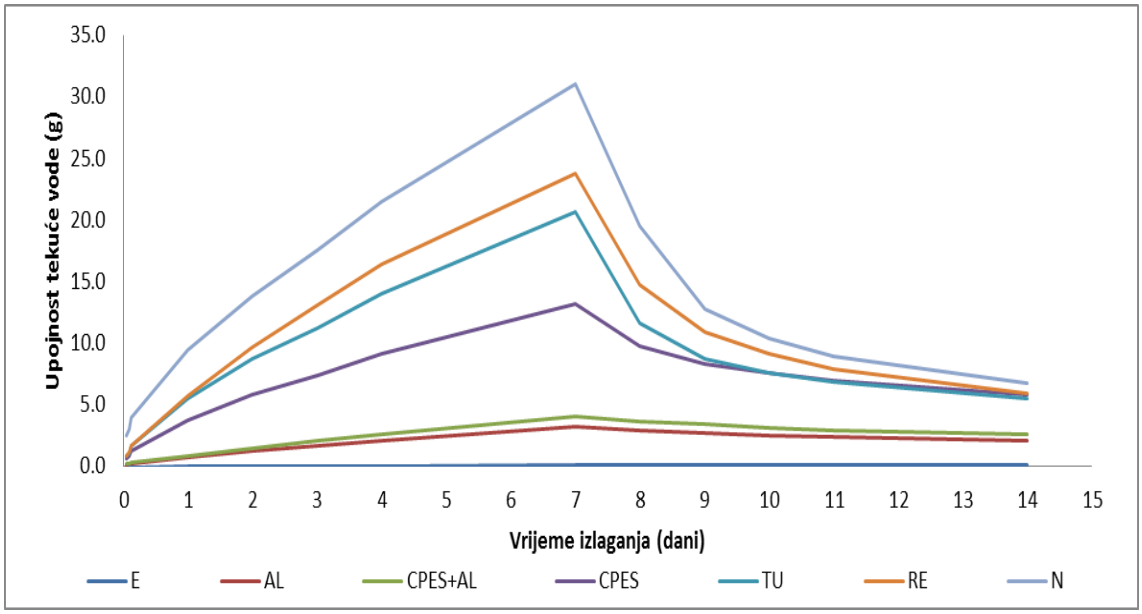

Slika 61: Zbirni rezultati ispitivanja sadržaja vode u uzorcima drva ariša tijekom 7 dan izlaganja tekućoj vodi. AL – alkidni lak; CPES+AL – CPES i alkidni lak; CPES – Clear Penetrating Epoxy Sealer; TU – tungovo ulje; RE – Remmers ulje za njegu; E – epoksidni premaz; N – površinski neobrađen

Na slici 62 je prikazano otpuštanje vode uzoraka ariša premazanih različitim sustavima premaza izmjerena vlagomjerom tijekom 7 dana. Uzorci premazani epoksidnim premazom i alkidnim lakom ne pokazuju značajnu promjenu u sadržaju vode. Uzorak premazan Remmers uljem za njegu po otpuštanju vode ne razlikuje se od netretiranog uzorka. Drvo tretirano tungovim uljem otpušta više vode od uzorka premazanog sustavom CPES. Na početku kondicioniranja u sobnim uvjetima, neobrađeni uzorci drva ariša, te oni površinski obrađeni uljem Remmers imali su najveći sadržaj vode. Nakon sedmodnevnog kondicioniranja u sobnim uvjetima, uzorci drva ariša površinski obrađeni uljem Remmers i sustavom CPES, te površinski neobrađeni uzorci imali su gotovo jednak sadržaj vode, oko 15 %, dok su uzorci površinski obrađeni tungovim uljem imali sadržaj vode oko 10%. Uzorcima drva površinski obrađenim alkidnim lakom i epoksidnim premazom sadržaj vode tokom kondicioniranja nije se bitno mijenjao.



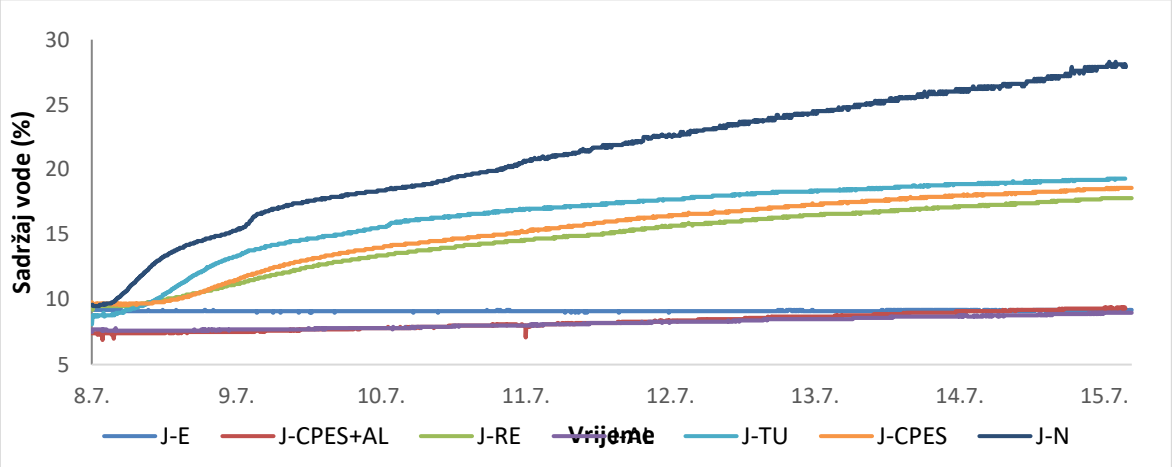

Slika 62: Zbirni rezultati ispitivanja sadržaja vode u uzorcima drva ariša tijekom 7 dana kondicioniranja u sobnim uvjetima. AL – alkidni lak; CPES+AL – CPES i alkidni lak; CPES – Clear Penetrating Epoxy Sealer; TU – tungovo ulje; RE – Remmers ulje za njegu; E – epoksidni premaz; N – površinski neobrađen uzorak

Na slici 63 prikazani su zbirni rezultati upojnosti tekuće vode i kondicioniranja na sobnim uvjetima uzoraka drva jasena koji su bili površinski neobrađeni i obrađeni različitim sustavima premaza. Može se vidjeti da uzorci premazani epoksidnim premazom upijaju daleko najmanje vodene pare u usporedbi sa svim ostalim premazima koji se osim uzoraka premazanih alkidnim lakom ne razlikuju previše od površinski neobrađenih uzoraka.Sustav CPES i tungovo ulje pružaju srednju razinu zaštite uzoraka drva jasena od upojnosti tekuće vode.



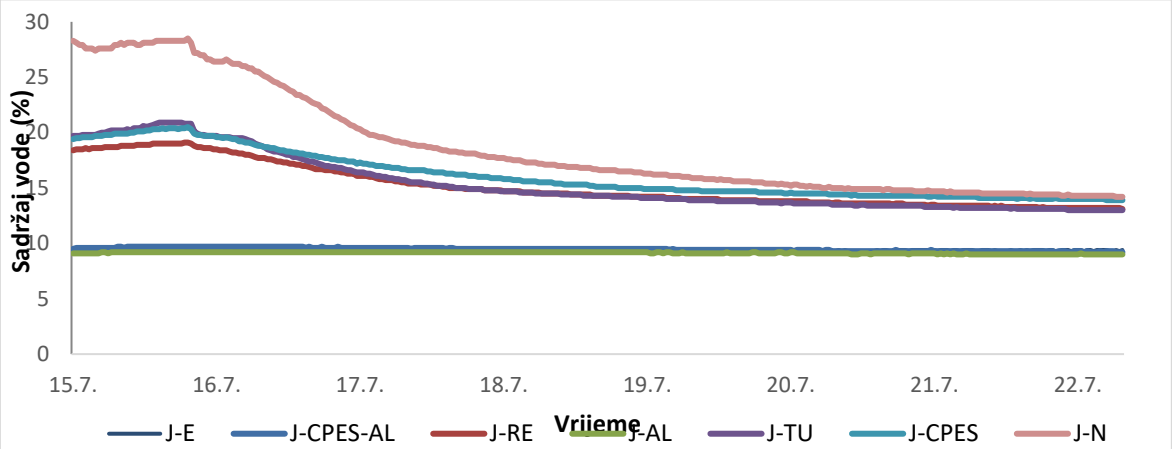

Slika 63: Zbirni rezultati upojnosti tekuće vode uzoraka drva jasena tijekom 7 dana potapanja u tekućoj vodi i 7 dana kondicioniranja na sobnim uvjetima. AL – alkidni lak; CPES+AL – CPES i alkidni lak; CPES – Clear Penetrating Epoxy Sealer; TU – tungovo ulje; RE – Remmers ulje za njegu; E – epoksidni premaz; N – površinski neobrađen uzorak

Na slici 64 prikazana je upojnost tekuće vode uzoraka jasena premazanih različitim sustavima premaza izmjerena vlagomjerom tijekom 7 dana. Uzorci premazani epoksidnim premazom nisu upili značajnu količinu vode, a uzorci premazani alkidnim lakom su upili vrlo malu količinu vode. Ostala tri premaza pokazuju gotovo jednako zaštitu od upojnosti tekuće vode.



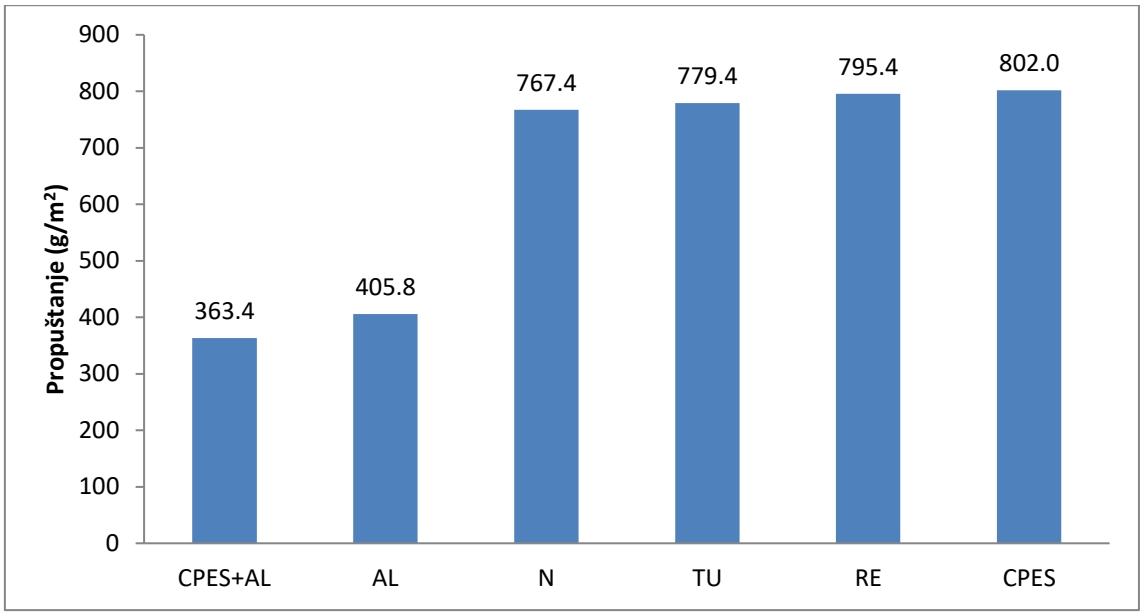

Slika 64: Zbirni rezultati ispitivanja sadržaja vode u uzorcima drva jasena tijekom 7 dan izlaganja tekućoj vodi. AL – alkidni lak; CPES+AL – CPES i alkidni lak; CPES – Clear Penetrating Epoxy Sealer; TU – tungovo ulje; RE – Remmers ulje za njegu; E – epoksidni premaz; N – površinski neobrađen uzorak

Na slici 65 je prikazana otpuštanje vode uzoraka jasena premazanih različitim sustavima premaza izmjerena vlagomjerom tijekom 7 dana. Uzorci premazani epoksidnim premazom i alkidnim lakom nisu pokazali značajnu promjenu u sadržaju vode. Nakon sedam dana sušenja ostali uzorci su imali jednak sadržaj vode, iako je površinski neobrađeni uzorak na početku kondicioniranja imao najveći sadržaj vode.



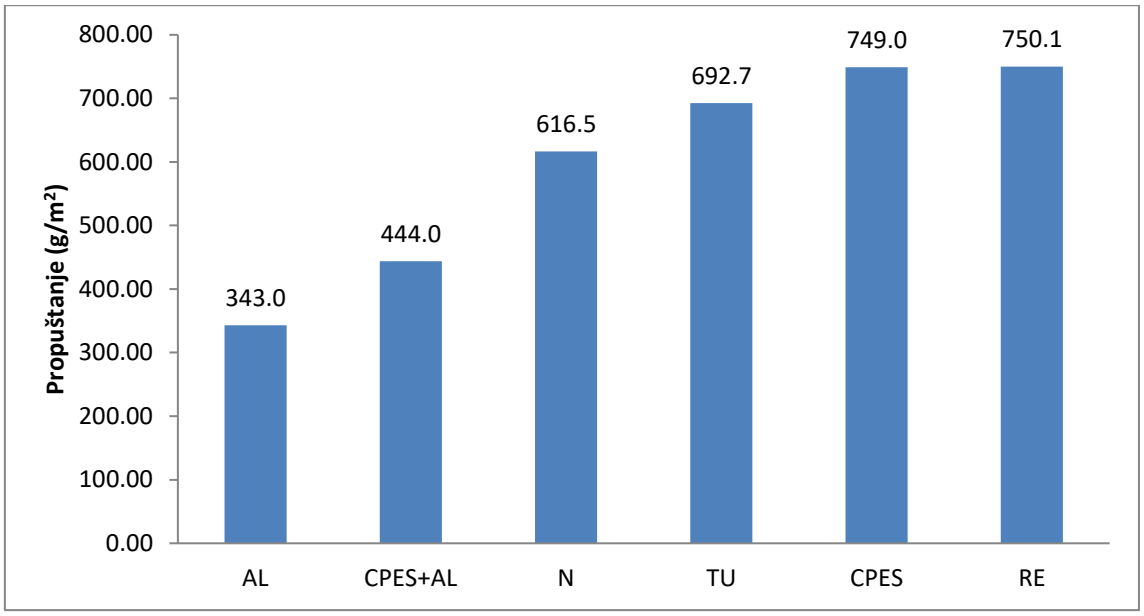

Slika 65: Zbirni rezultati ispitivanja sadržaja vode u uzorcima drva jasena tijekom 7 dana kondicioniranja u sobnim uvjetima. AL – alkidni lak; CPES+AL – CPES i alkidni lak; CPES – Clear Penetrating Epoxy Sealer; TU – tungovo ulje; RE – Remmers ulje za njegu; E – epoksidni premaz; N – površinski neobrađen uzorak

Na slici 66 je prikazana prosječna propusnost vodene pare premazanih i nepramazanih uzoraka drva ariša. Najmanja prosječna propustnost vodene pare zabilježena je na uzorcima premazanim alkidnim lakom, dok kod ostalih uzoraka nema značajne razlike u prosječnoj propusnosti vodene pare



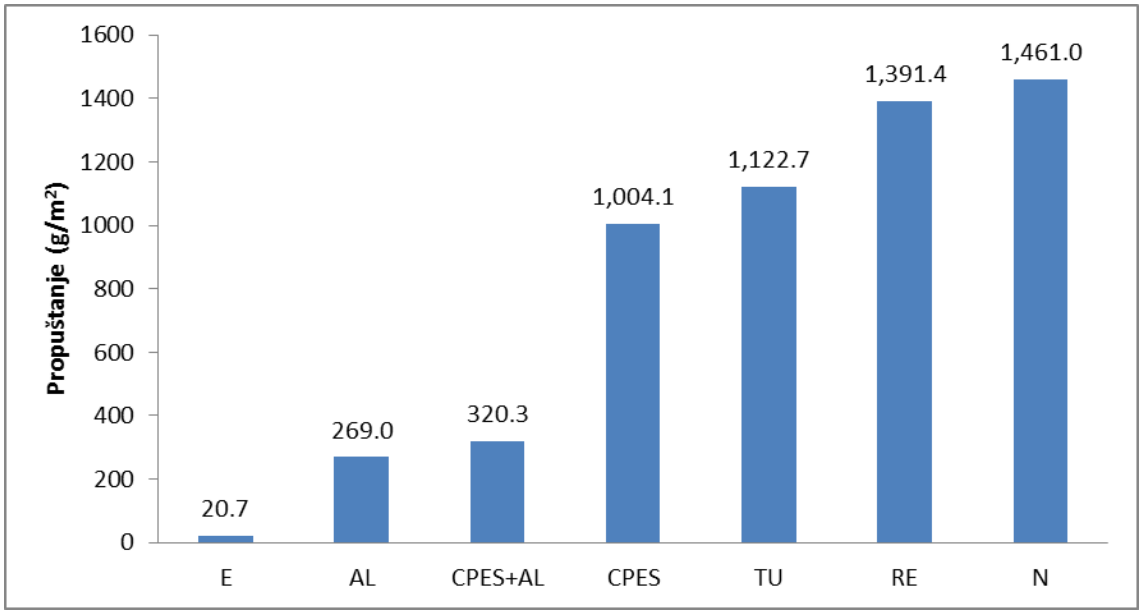

Slika 66: Zbirni rezultati za ispitivanje propusnosti vodene pare drva ariša. AL – alkidni lak; CPES+AL – CPES i alkidni lak; CPES – Clear Penetrating Epoxy Sealer; TU – tungovo ulje; RE – Remmers ulje za njegu; N – površinski neobrađen uzorak

Na slici 67 je prikazana prosječna propusnost vodene pare premazanih i nepramazanih uzoraka drva jasena. Najmanja prosječna propustnost vodene pare zabilježena je na uzorcima premazanim alkidnim lakom, dok ostali premazani uzorci prosječno propuštaju više vodene pare od površinski neobrađenih uzoraka.



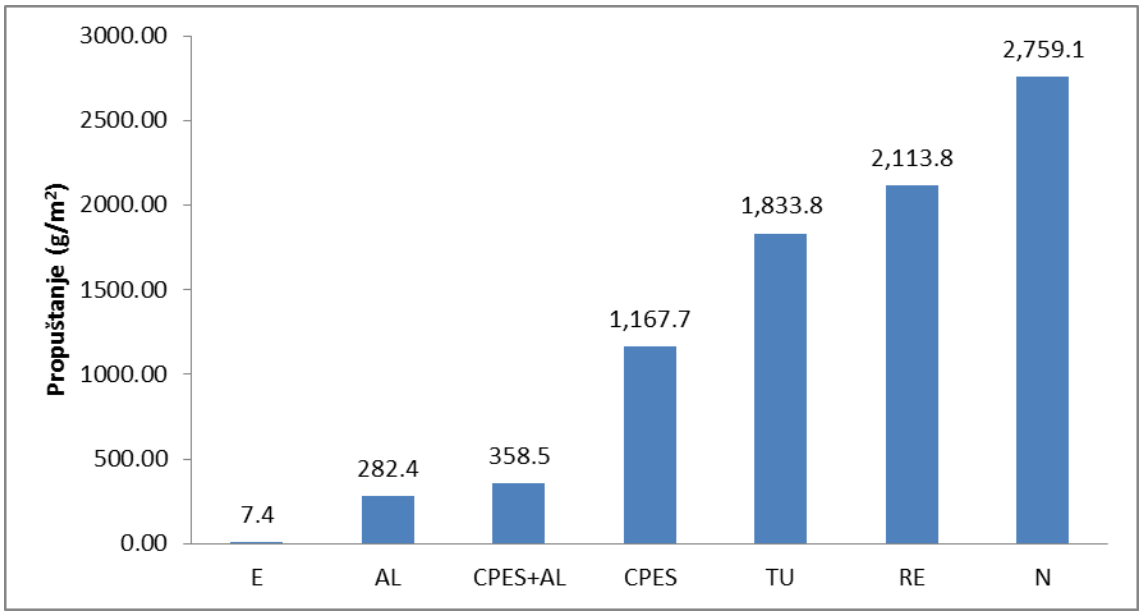

Slika 67: Zbirni rezultati za ispitivanje propusnosti vodene pare drva jasena. AL – alkidni lak; CPES+AL – CPES i alkidni lak; CPES – Clear Penetrating Epoxy Sealer; TU – tungovo ulje; RE – Remmers ulje za njegu; N – površinski neobrađen uzorak

Na slici 68 je prikazana prosječna propusnost tekuće vode premazanih i nepramazanih uzoraka drva ariša. Daleko najmanja prosječna propusnost tekuće vode zabilježena je na uzorcima premazanim epoksidnim premazom, slijede uzorci premazani alkidnim lakom dok kod ostalih uzoraka nema značajne razlike u prosječnoj propusnosti tekuće vode




Slika 68: Zbirni rezultati za ispitivanje propusnosti tekuće vode drva ariša. AL – alkidni lak; CPES+AL – CPES i alkidni lak; CPES – Clear Penetrating Epoxy Sealer; TU – tungovo ulje; RE – Remmers ulje za njegu; E – epoksidni premaz; N – površinski neobrađen uzorak

Na slici 69 je prikazana prosječna propusnost tekuće vode premazanih i nepremazanih uzoraka drva jasena. Daleko najmanja prosječna propusnost tekuće vode zabilježena je na uzorcima premazanim epoksidnim premazom, slijede uzorci premazani alkidnim lakom. Uzorci površinski obrađeni sustavom CPES pokazuju bolju zaštitu od propusnosti tekuće vode od uzoraka drva površinski obrađenih uljima.




Slika 69: Zbirni rezultati za ispitivanje propusnosti tekuće vode drva jasena. AL – alkidni lak; CPES+AL – CPES i alkidni lak; CPES – Clear Penetrating Epoxy Sealer; TU – tungovo ulje; RE – Remmers ulje za njegu; E – epoksidni premaz; N – površinski neobrađen uzorak

### 4.2.1. Cold-check test

Na uzorcima drva ariša i drva jasena cold-check testom, koji je u periodu od 3 dana ponovljen u 7 ciklusa (2 cilusa prvi dan, 3 ciklusa drugi dan i 2 ciklusa treći dan), nisu primijećene vidljive promjene na površini premaza. Radi preciznijih rezultata ispitivanje bi trebalo provesti u više ciklusa tijekom više dana.

# 5. Zaključak

Drvo je potrebno zaštitit od utjecaja vode kako bi zadržalo svoju trajnost, mehanička i estetska svojstva. Istraživanja su provedena na uzorcima drva ariša i drva jasena koji su tretirani s različitim premaznim materijalima te je promatran njihov utjecaj na upojnost i otpuštanje vodene pare i tekuće vode. U sklopu ovog istraživanja također je proveden i cold-check test kako bi se utvrdio utjecaj temperature na premaze.

Na svim uzorcima koji su ispitivani na upojnost tekuće vode, osim onih premazanih alkidnim lakom i epoksidnim premazom, nakon 3 dana je došlo do vidljivih promjena oblika uslijed promjena dimenzija pri čemu je došlo do bubrenja strane koja nije bila zaštićena epoksidnim premazom. Bubrenje je bilo izraženije na uzorcima drva jasena.

Rezultati pokazuju da *Hempel's Light Primer* epoksidni premaz pruža najbolju zaštitu od vodene pare i tekuće vode, što je i očekivan rezultat jer proizvođač u specifikaciji navodi da je taj proizvod temeljna boja za plovila. Alkidni lak Hempel's također pruža izuzetnu zaštitu od utjecaja vodene pare i tekuće vode na drvo. Također, navedeni premazi pokazuju jednaku zaštitu kod obje vrste ispitivanog drva.

Sustav CPES i tungovo ulje pokazuju slična svojstva u zaštiti drva od vodene pare i tekuće vode, što bi se moglo objasniti time da su oba premaza penetrirajući sustavi zaštite.

Kombinacija sustava CPES i alkidnog laka Hempel's ne pokazuje bitnu razliku u zaštiti drva od vodene pare i tekuće vode od samog alkidnog laka.

Ulje za njegu Remmers nije se pokazalo kao kvalitetno sredstvo u zaštiti drva od vodene pare i tekuće vode.

# 6. Literatura


1. Anonimus (2015): Industry Guide to Bathroom Furniture 4(11). Bathroom Manufacturers Association.

2. Dietsch P., Franke S., Franke B., Gamper A., Winter S. (2014) Methods to determine wood moisture content and their applicability in monitoring concepts. J. Civil. Struct. Health Monit. 5(2)

3. Franjić J., Škvorc Ž., Trinajstić I. (2008) Anatomija bilja (interna skripta). Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, str: 54.

4. Horvat I., Krpan J. (1967) Drvno industrijski priručnik str 482 – 502; Tehnička knjiga – Zagreb

5. Jirouš-Rajković, V. (2007): Površinska obrada prozora. Časopis Graditelj, Br.1, ISSN13303945.

6. Jirouš-Rajković, V.; Turkulin, H. (2002): Svojstva drva i prevlake koja utječu na trajnost izloženog drva. Drvna industrija 53(1). Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 9-19. Feist i Peterson, 1987.).

7. Jirouš-Rajković, V., Turkulin,H., Sell, J. (2002): Postojanost drva na pročeljima (1. i 2. dio) Drvna industrija 53(1), 53(3). Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 33-48, 141-151.

8. Meijer, M. de (1999): Interactions between wood and coatings with low organic solvent content (doktorska disertacija) Agricultural University Wageningen

9. Miller, E. R., Turkulin, H. (2001): Standardi za razvrstavanje i ispitivanje vanjskih premaza za drvo - EN927. 1. dio: Standardi za razvrstavanje i procjenjivanje premaza EN 927-1 i DD ENV 927-2. Drvna industrija 52(3). Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 117-123.

10. Miller, E. R., Turkulin, H. (2001): Standardi za razvrstavanje i ispitivanje vanjskih premaza za drvo - EN927. 2. dio: Standardi za ispitivanje kakvoće i postojanosti premaza EN 927-3, 4 i 5. Drvna industrija 52(3). Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 125-129.

11. Nussbaum, R.M. (1996): The criticaltime to avoid natural inactivation of spruce surfaces (Picea Abies) intended for painting or gluing, Holz als Roh- und Werkstoff 54:26

12. Jirouš-Rajković, V. (2017): Površinska obrada proizvoda od drva, (interna skripta). Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet

13. Schniewind, A.P., Arganbright D.G. (1984): Coatings ad their effects on dimensional stability of wood, WAAC Newsletter 6(2)

14. Trajković, J., Despot, R. (1997): Drvo europskog ariša (Larix decidua Mill.) Drvna industrija 3. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

15. Petrić, B., Trajković, J. (1996): Drvo običnog jasena (Fraxinus excelsior L.) Drvna industrija 2. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

16. Nilsson, E. and C. M. Hansen. 1981. Evaporation and Vapor Diffusion Resistance in Permeation Measurements by the Cup Method; J.Coatings Techn. 53(680):61 – 64

17. http://www.woodlux.de/de/content/16-holzbadewannen-so-werden-sie-gebaut

18. Frgić, V. (2004): Materijali: udžbenika za drvodjelske škole, 71 85

19. https://www.blumenberg-gmbh.de

20. http://www.gradimo.hr/lakovi

21. J.L.Massingilljr, J.L,Bauer, R.S. (2000). Applied Polymer Science: 21st Century, 393-424

## 6.1. Mrežne reference

22. http://lcofinishes.com/products/coloroil/

23. http://photonshouse.com/photos-water-damaged-furniture.html

24. http://www.smithandcompany.org/CPES/

25. http://www.woodmenders.com/repair-versus-replace

26. https://cambridgetraditionalproducts.co.uk/blog/furniture-restoration-damaged-oak-table-with-beeswax-polish

27. https://forestrypedia.com/wood-defects/

28. https://gharpedia.com/precautions-to-avoid-paint-blistering-defect-and-tips-to-repair/

29. https://tintandgraphics.com/what-causes-furniture-fading/

30. https://www.amazon.com/Smiths-Original-Clear-Penetrating-Sealer/dp/B071XB5RT3

31. https://www.britannica.com/science/wood-plant-tissue/Wood-as-a-material#ref393261

32. https://www.gradnja.org/vijesti/materijali/780-prirodna-zatita-drveta.html

33. https://www.hempel.hr/hr-HR/products/hempels-barniz-exterior-021e0

34. https://www.hempelyacht.hr/hr-HR/products/hempels-light-primer-45551

35. https://www.intechopen.com/books/wood-in-civil-engineering/exterior-wood-coatings

36. https://www.intouch-quality.com/blog/wood-warping-and-how-to-prevent-it

37. https://www.kremer-pigmente.com/en/mediums-binders-und-glues/oils/natural-oils/2284/tung-oil

38. https://www.remmers.com/de/holzfarben-lacke/holzanstriche/lasuren-farben-und-andere-holzanstriche/schutz-pflege-fuer-gartenholz/pflege-ol/p/000000000000264501

39. https://www.sciencephoto.com/media/506160/view/growth-rings-of-larch-tree-sem-

40. https://www.sofasale.com.hk/wp/wp-content/uploads/2017/03/Ash-Wood-Sample.jpg

41. https://www.woodlux.de/de/holzbadewanne/40-exclusivera.html