

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Iztok ŠKRINJAR

**VPLIV STARANJA NA BARIERNE PREMAZE ZA
NAKNADNO ZAŠČITO LESA**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Iztok ŠKRINJAR

**VPLIV STARANJA NA BARIERNE PREMAZE ZA NAKNADNO
ZAŠČITO LESA**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**IMPACT OF AGEING ON BARRIER COATINGS FOR POSTPONED
PROTECTION OF WOOD**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Izvedeno je bilo v Laboratoriju za obdelavo površin na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in površinsko obdelavo, Oddelek za lesarstvo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani.

Senat za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Marka Petriča in za recenzenta prof. dr. Franca Pohlevna.

Mentor: prof. dr. Marko Petrič

Recenzent: prof. dr. Franc Pohleven

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomska naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Iztok Škrinjar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)

ŠD	Vs
DK	UDK 630*829.1
KG	barierni površinski premaz/umetno pospešeno staranje/vodna para/permeabilnost/ barva/sijaj
AV	ŠKRINJAR, Iztok
SA	PETRIČ, Marko (mentor)/POHLEVEN, Franc (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, C.VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2016
IN	VPLIV STARANJA NA BARIERNE PREMAZE ZA NAKNADNO ZAŠČITO LESA
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	XI, 63 str., 11 pregl., 22 sl., 6 pril., 48 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Raziskovali smo lastnosti premazov, ki so pomembne za naknadno zaščito lesa, v katerem predhodno uničimo lesne škodljivce z okolju prijaznim nebiocidnim anoksi postopkom. Površinsko bariero bi lahko uporabili za naknadno zaščito površin na lesenih predmetih kulturno-zgodovinske dediščine. Zato nas je za oceno trajnosti premazov zanimalo, kako vpliva staranje na premaz. Ugotavljali smo, kako umetno pospešeno staranje vpliva na prepustnost premazov za vodno paro, njihovo barvo in sijaj. Deset različnih premazov smo nanесли na podlage iz smrekovine, starane smrekovine, lipovega in staranega lipovega lesa. Za kontrolo smo uporabili nepremazane vzorce. Najprej smo na vzorcih izmerili debelino filma, nato pa določili navzem in oddajanje vodne pare, barvo in sijaj. Drugo skupino preizkušancev smo izpostavili umetnemu pospešenemu staranju in po staranju ponovno določili navzem in oddajanje vodne pare, barvo in sijaj. Tako kontrolni kot premazani vzorci so po umetnem pospešenem staranju spremenili sorpcijske lastnosti, sijaj in barvo. S prostim očesom na premazih, ki so bili izpostavljeni staranju, nismo zaznali nastanka površinskih razpok. Med vsemi preizkušenimi premazi se je za najbolj primeren barierni premaz izkazal Stipol-AF. Uporabimo ga lahko tako na lesenih plastikah za uporabo v notranjih prostorih, kot za predmete, ki so izpostavljeni vremenskim vplivom.

KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)

DN	Vs
DC	UDC 630*829.1
C×	barrier surface coating/artificial accelerated ageing/water vapour/ permeability/colour/gloss
AU	ŠKRINJAR, Iztok
AA	PETRIČ, Marko (supervisor)/POHLEVEN, Franc (reviewer)
PP	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, C.VIII/34
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY	2016
TI	IMPACT OF AGEING ON THE BARRIER COATINGS FOR POSTPONED PROTECTION OF WOOD
DT	Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO	XI, 63 p., 11 tab., 22 fig., 6 ann., 48 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	We investigated the properties of surface wood coatings which are relevant for the subsequent (postponed) protection of wood, which has been pre-treated for destroying of wood pests with environmentally friendly non-biocidal anoxic treatment. Surface barrier can be used for the postponed protection of surfaces of wooden artefacts of cultural and historical heritage. To assess the durability of the coatings, we wanted to investigate how does the ageing influence on a surface wood coating. We explored how artificial accelerated ageing influences the water vapour permeability of selected wood coatings, their colour and gloss. Ten different wood coatings were applied to spruce wood, aged spruce wood, lime-treewood and aged lime-treewood substrates. For control purposes, we used uncoated spruce wood and lime-treewood samples. At first, we measured the thickness of the film on the samples. Then we determined the uptake and release of water vapour, and colour and gloss on the selected samples. The second group of samples was exposed to artificial accelerated ageing after which we re-determined the uptake and release of water vapour, colour and gloss on the selected samples. Following the accelerated aging, both the control and coated samples changed their sorption properties, their colour and gloss. With the naked eye, we did not see any surface cracks on the coatings exposed to artificial accelerated ageing. Stipol-AF proved to be the most appropriate barrier coating from amongst the coatings tested. It can be used on wooden statuary used in interior, as well as for items which are exposed to the weather.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)	III
KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PREGLEDNIC	IX
KAZALO PRILOG	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XI
UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	2
1.2 CILJI NALOGE	2
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	3
2 SPLOŠNI DEL	4
2.1 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA POŠKODBE LESA	5
2.1.1 Vremenski vplivi	5
2.1.1.1 Vlaga	5
2.1.1.2 Svetloba	6
2.1.2 Biološki škodljivci	6
2.1.3 Toplotni vplivi	7
2.1.4 Kemični vplivi	8
2.2 PREVENTIVNA ZAŠČITA LESA	8
2.2.1 Konstrukcijska zaščita lesa	9
2.2.2 Kemična zaščita lesa	9
2.2.3 Površinska zaščita lesa	10
2.2.3.1 Lak emajli	11
2.2.3.2 Laki	11
2.2.3.3 Lazure	12
2.3 KURATIVNA ZAŠČITA LESA	13
2.3.1 Sanacija okuženega lesa z glivami in napadu insektov z nekemičnimi sredstvi	13

2.3.2 Sanacija lesa, okuženega z glivami in napadenega z lesnimi insekti, s kemičnimi sredstvi.....	15
2.4 LASTNOSTI LESA IN PREMAZOV, KI VPLIVAJO NA TRAJNOST IZPOSTAVLJENEGA LESA	15
2.4.1 Lastnosti lesa, ki vplivajo na trajnost premaznega sredstva	16
2.4.2 Lastnosti premaznega sredstva, ki vplivajo na njegovo trajnost	18
2.5 UMETNO POSPEŠENO STARANJE LESA IN PREMAZNIH SREDSTEV	20
2.6 NAPRAVE ZA UPS.....	20
2.6.1 Naprava za UPS Madison	21
2.6.2 Naprava za UPS Atlas Weather-Ometer.....	22
2.6.3 Naprava za UPS Gardner-Rad.....	23
2.6.4 Naprava za UPS na oddelku za lesarstvo (BF Ljubljana)	23
2.7 BARVA	24
2.7.1. Določanje barvne spremembe	25
2.8 SIJAJ.....	26
3 MATERIALI IN METODE	27
3.1 MATERIALI	27
3.1.1. Opis in priprava vzorcev.....	27
3.1.2 Uporabljeni premazi.....	31
3.1.2.1 Opis dvokomponentnega epoksidnega premaza	31
3.1.2.2 Opis premaza Stipol-AF	32
3.1.2.3 Opis premaznih sredstev na osnovi organskih topil	32
3.1.2.4 Opis vodnih premaznih sredstev	33
3.2 METODE	35
3.2.1 Umetno pospešeno staranje (UPS)	35
3.2.2 Določevanje prepustnosti za vodno paro.....	36
3.2.3 Določitev povprečne debeline nanosa premaznega sredstva	37
3.2.4 Merjenje sijaja pred umetnim pospešenim staranjem in po njem	38
3.2.5 Merjenje barve pred UPS in po njem.....	38
4 REZULTATI IN RAZPRAVA.....	40
4.1 DEBELINA FILMA.....	40

4.2 ABSORPCIJA IN DESORPCIJA VODNE PARE PRI PREMAZANIH VZORCIH PRED UMETNIM POSPEŠENIM STARANJEM IN PO NJEM	43
4.2.1 Absorpcija in desorpcija pri vzorcih s premazom ICP in pri kontrolnem vzorcu.....	43
4.2.2 Absorpcija in desorpcija pri vzorcih s topilnimi premaznimi sredstvi in pri kontrolnem vzorcu, pred staranjem in po njem	45
4.2.3 Absorpcija in desorpcija vodne pare pri nestaranih in starnih vzorcih z vodnimi premaznimi sredstvi in pri kontrolnem vzorcu pred UPS in po njem	47
4.2.4 Absorpcija in desorpcija pri vzorcih, premazanih s sredstvom Stipol-AF, pred umetnim pospešenim staranjem in po njem.....	49
4.3 VPLIV UPS NA SIJAJ	51
4.4 BARVA PRED UMETNIM POSPEŠENIM STARANJEM IN PO NJEM	53
5 SKLEP	55
6 POVZETEK.....	57
7 VIRI	60
7.1 CITIRANI VIRI	60
7.2 DRUGI VIRI	62
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO SLIK

Slika 1: Polikromiran oltarni kip	4
Slika 2: Nezaščiten zadnji del kipa, napaden z insekti	4
Slika 3: CIEL*a*b* barvni sistem L* - parameter svetlosti, a* in b* - barvni koordinati.	25
Slika 4: Vzorci, premazani z različnimi premaznimi sredstvi.....	31
Slika 5: Razpored vzorcev v komori za UPS od 0-262 cikla	35
Slika 6: Razpored vzorcev v komori za UPS od 262-500 cikla	35
Slika 7: Premazovanje čel z epoksidnim dvokomponentnim premaznim sredstvom	36
Slika 8: Merjenje debeline filma premaza po standardu SIST EN ISO 2808:1999	37
Slika 9: Merjenje barve premaza po CIE L*a*b* sistemu	39
Slika 10: Seštevek vseh plasti mokrega nanosa premaza v g/m ²	42
Slika 11: Debelina suhega filma – seštevek vseh plasti v μm.....	42
Slika 12: Ročno odstranjevanje premaza z realnih vzorcev (Foto:Potočnik, 2002).....	43
Slika 13: Absorpcija in desorpcija vlage pri vzorcih premazanih na osnovi ICP premazih pred UPS.....	44
Slika 14: Absorpcija in desorpcija ICP premazov in kontrolnima vzorcema po UPS	45
Slika 15: Adsorpcija in desorpcija pri nestaranih vzorcih, premazanih s topilnimi premaznimi sredstvi in pri kontrolnih vzorcih	46
Slika 16: Adsorpcija in desorpcija vodne pare pri staranih vzorcih, premazanih s topilnimi premazi in pri kontrolnem staranem vzorcu	47
Slika 17: Adsorpcija in desorpcija pri nestaranih vzorcih, premazanih z vodnimi premazni sredstvi in pri nestaranem kontrolnem vzorcu.....	48
Slika 18: Adsorpcija in desorpcija vodne pare pri staranih vzorcih, premazanih z vodnimi premazi in pri staranem kontrolnem vzorcu	49
Slika 19: Adsorpcija in desorpcija pri vzorcih, ki so bili premazani s sredstvom Stipolom-AF in pri kontrolnem vzorcu, ki niso bili izpostavljeni UPS	50
Slika 20: Adsorpcija in desorpcija pri vzorcih, premazanih s sredstvom Stipol-AF in pri kontrolnem vzorcu, ki so bili umetno pospešeno starani	51
Slika 21: Povprečna vrednost sijaja pred in po UPS	52
Slika 22: Sprememba barve po UPS na premaznih sistemih in pri kontrolnih vzorcih	54

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Najvišja temperatura s sončno svetlobo obsevane površine pokrivnega emajl laka in prozornega premaza (lazure) na lesu (Pečenko, 1987a)	21
Preglednica 2: Ciklus naprave za UPS Madison (Kričej, 1974).....	22
Preglednica 3: Ciklus naprave za UPS Atlas Weather Ometer (Kričej, 1974).....	22
Preglednica 4: Ciklus naprave za UPS Gardner-Rad (Kričej, 1974).....	23
Preglednica 5: Ciklus naprave za UPS na BF v Ljubljani (Kričej, 1974)	24
Preglednica 6: Spremembe in ocene barv zaradi umetnega pospešenega staranja predpisuje standard EN ISO 4628-1 : 2003	25
Preglednica 7: Predlagano največje dopustno odstopanje sijaja površine od povprečne vrednosti (Kričej in Pavlič, 2007).....	26
Preglednica 8: Oštevilčenje vzorcev.....	28
Preglednica 9: Delitev premazov za les, glede na sijaj (JUS D.E8.224, cit. po Tušar, 1995)	38
Preglednica 10: Vrednosti vseh plasti mokrega nanosa premaza v g/m^2 in debelina suhega filma v μm	41
Preglednica 11: Vrednosti sijaja na različnih premaznih sredstvih.....	52

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Nanos premaza v g/m^2

Priloga 2: Debelina filma (μm)

Priloga 3: Sijaj pred umetnim pospešenim staranjem in po njem

Priloga 4: Rezultati merjenja barve po metodi CIEL*a*b*

Priloga 5: Absorpcija in desorpcija vodne pare (g) pri nestaranih vzorcih

Priloga 6: Absorpcija in desorpcija vodne pare (g) po umetnem pospešenem staranju

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

A (1-9)	Premazi na podlagi iz smrekovega lesa
C1	Premazi na podlagi iz lipovega lesa
AS	Stipol na smrekovini
BS	Stipol na staranem smrekovem lesu
CS	Stipol na lipovini
DS	Stipol na staranem lipovem lesu
A0	Kontrolni vzorec iz smrekovega lesa
C0	Kontrolni vzorec iz lipovega lesa
UPS	Umetno pospešeno staranje
m_0	Začetna masa vzorca
m_a	Masa vzorca po absorpciji
m_d	Masa vzorca po desorpciji
P	Površina
ΔE	Sprememba barve
L^*	Svetlost barve od vrednosti 0 (absolutno bela) do 100 (absolutno črna)
a^*	Lega barve na rdeče-zeleni osi
b^*	Lega barve na rumeno-modri osi

UVOD

V Evropi in po svetu se je dvignila okoljska osveščenost ljudi. K temu lahko svoj del pripomore tudi lesarska stroka, med drugim tudi s površinsko zaščito lesa. Namreč, uspešneje kot les zaščitimo, bolj bo obstojen, s tem pa se zmanjša potreba po večkratni zamenjavi lesa. To velja predvsem za lesene izdelke, izpostavljene vremenskim vplivom. Pri njihovi zaščiti moramo biti pozorni, da so zaščitna sredstva, čim bolj okolju prijazna. Prav posebno pozornost moramo nameniti izdelkom, ki imajo velik pomen za ohranjanje kulturno-zgodovinske dediščine. Take so tudi nabožne lesene plastike (kipci), ki jih srečamo po naših cerkvah.

Rezbarjeni ornamenti in figure baročnega stila so narejeni pretežno iz lipovine. Le-ta je enostavna za obdelavo. Večja raznolikost izbire lesa se pokaže v gotiki, kjer se uporabljata tudi smrekovina ali jelovina.

Nezaščiten les je ogrožen pred raznimi škodljivci, kot so glive in insekti. Zračno suh les ogrožajo predvsem terciarni insekti, katerega napadejo, še zlasti v predmetih, kjer ni površinskih bariernih premazov.

Lesenim izdelkom lahko podaljšamo življenjsko dobo na več načinov. Najpogostejša načina sta ustrezna konstrukcijska izdelava lesenih izdelkov, lahko tudi zaščita z biocidnimi pripravki, dodatno pa včasih še zaščita s premaznimi sredstvi. Pri izdelkih, ki so izpostavljeni na prostem, je pomembna tudi trajnost površinskega premaza, ki jo ugotavljamo z izpostavitvijo naravnim vremenskim vplivom. To je razmeroma dolgotrajen postopek, ki lahko traja več let. Zato so se v svetu pojavile komore za umetno pospešeno staranje. Le-te se med seboj razlikujejo, vse pa imajo isti cilj, in sicer simulirati in pospešiti naravno staranje in s tem čim stvarnejše in čim hitreje testirati premazna sredstva na vzorcih lesa.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Škodljivce v lesenih predmetih kulturno zgodovinske dediščine lahko uničimo brez biocidov, z anoksi postopkom. Površine teh predmetov, ki po izvedenem anoksi postopku ostanejo izpostavljene ponovnemu napadu lesnih insektov, pa premažemo s tako imenovanimi bariernimi premazi. Med mnogimi površinskimi premazi, ki so na voljo na tržišču, bi lahko marsikateri delovali kot zaščitna bariera, vendar je potrebno ugotoviti, kateri bi bil najbolj primeren. Vsak premaz po določenem času zaradi staranja izgubi svoje prvotne lastnosti in s tem zaščitno funkcijo. Zato je potrebno ovrednotiti, kako staranje vpliva na premaze, da bi lahko vedeli, po kolikšnem času je potrebno zaščitne barierne premaze obnoviti, da bi še naprej opravljali svojo funkcijo. Postopki naravnega staranja so predolgi, kar je vzrok da namesto naravnemu staranju premaze izpostavljammo umetnemu pospešenemu staranju. Večina bariernih premazov je na nabožnih predmetih v uporabi v interieru, pogosto v cerkvenih objektih in za umetno pospešeno staranje bi zato lahko uporabili postopke, ki simulirajo izpostavitvene pogoje v notranjih prostorih. S simulacijo pogojev izpostavitve na prostem je premazan izdelek izpostavljen ostrejšim pogojem, in se razlike med odpornostjo različnih premazov proti staranju bolj izrazito pokažejo. Potrebno pa je tudi upoštevati, da so nekateri zaščiteni leseni objekti izpostavljeni vremenskim vplivom.

1.2 CILJI NALOGE

Izvedli bomo umetno pospešeno staranje različnih površinskih sistemov, ki bi bili lahko uporabni kot barierni premazi in ugotavljali njihov navzem in oddajanje vodne pare, barvo in sijaj pred izpostavitvijo postopku umetnega pospešenega staranja (UPS) in po njem. Zaradi staranja se spremenijo tudi podlage, zato bomo dodatno preverili, kako umetno pospešeno staranje vpliva na površino smrekovine in lipovine. Ugotavljali bomo tudi pojav različnih napak na premazanih površinah, zaradi umetnega pospešenega staranja. Cilj naloge je primerjava odpornosti izbranih premazov proti staranju in izbira najprimernejšega sistema, ki bi bil uporaben kot zaščitni barierni premaz za naknadno zaščito lesa.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Pričakujemo, da bodo premazani vzorci po postopku UPS spremenili barvo in sijaj. Možen je pojav razpok na premaznih sredstvih, predvsem zaradi delovanja UV svetlobe in dimenzijskih sprememb podlage zaradi navlaževanja. Zaradi različne sestave premaznih sredstev, bodo spremembe na vzorcih zaradi staranja različne. Rezultati bodo omogočili izbiro najprimernejšega bariernega zaščitnega premaza za naknadno zaščito lesa v objektih kulturno zgodovinske dediščine, ki so bili pred tem obdelani z anoksi postopkom za uničenje lesnih škodljivcev.

2 SPLOŠNI DEL

Že od nekdaj je bil les zelo priljubljen in primeren material za izdelovanje kipcev, podob in ostalih umetniških del. Les so navadno rezbarili in ga nato poslikavali – polikromirali. S tem so izdelku dodali estetski in simbolni pomen. V Evropi in Sloveniji je pretežni del lesene plastike (kot jo poimenujejo restavratorji) sestavni del kompleksnih oltarnih nastavkov (slika 1). Za izdelavo kipov je bilo potrebnih več različnih profilov strokovnjakov. Tako so bili vključeni rezbarji-kiparji, polikromatorji in pozlatarji, celotno oltarno arhitekturo pa so izdelali posebej za to izučeni mojstri. Nekateri kipci niso bili pobarvani iz zadnje, nevidne strani. Ta del je bil nezaščiten in zato podvržen hitrejšemu napadu škodljivcev (slika 2).



Slika 1: Polikromiran oltarni kip (foto: Grosser, 1985)



Slika 2: Nezaščiten zadnji del kipa, napaden z insekti (Foto: Grosser, 1985)

2.1 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA POŠKODBE LESA

Poškodbe lesa povzročajo številni zunanji dejavniki. Nekateri povzročijo površinske poškodbe, katere so samo estetske, spet drugi popoln razkroj lesa (globinske poškodbe). Pečenko (1987a) navaja štiri poglavitne vzroke poškodb:

- Vremenski vplivi
- Biološki škodljivci
- Toplotni vplivi
- Kemični vplivi

2.1.1 Vremenski vplivi

Kadar je les neposredno izpostavljen vremenskim vplivom, kot so sonce, dež, veter, sneg, onesnažen zrak in podobnim dejavnikom, začne hitro propadati. Hitrost propadanja lesa je odvisna od klimatskih razmer lokacije in intenzivnosti izpostavitve le tega. Tako les, ki je direktno izpostavljen vremenskim vplivom (npr. ograje, opaži, vrtno pohištvo...) hitreje propada, kot les, ki je nekoliko zaščiten (npr. les pod napuščem). Poškodbe se najprej pojavijo na površini. Spremeni se barva lesa, površina s časom postaja čedalje bolj reliefna, pojavijo se številne razpoke in distorzije (izkrivljenost) (Pavlič in Mihevc, 2001).

Da se tem poškodbam izognemo ali jih vsaj zaščitimo, les premazujemo z različnimi zaščitnimi sredstvi. S tem lesu podaljšamo trajnost in ga hkrati estetsko oplemenitimo. Glede na način izpostavitve lesa vremenskim vplivom, izberemo ustrezno zaščitno sredstvo in konstrukcijsko rešitev, ki pripomorejo k daljši trajnosti izdelka.

2.1.1.1 Vlaga

Les je higroskopen material, zato sprejema in oddaja vlago glede na klimatske razmere. To se kaže v njegovi dimenzijski nestabilnosti. Les nabreka in se krči glede na sprejemanje in oddajanje vezane ali higroskopske vode. Les je dimenzijsko nestabilen, kadar je v higroskopskem območju, to je od absolutne suhosti do točke nasičenosti celičnih sten. Le ta je odvisna od vrste lesa in se giblje med 28 % in 35 % vlažnosti lesa. Zaradi vlažnostnega gradienta in anizotropne narave lesa prihaja pri procesu sušenja in

navlaževanja lesa do napetosti, ki ob prekoračitvi trdnosti lesa povzročajo razpoke in distorzije (Gorišek in sod., 1994).

Delež vlage v lesu je izjemno pomemben pri nanašanju premaznega sredstva na izdelek. Najugodnejša vsebnost vlage pri nanašanju premazov je tista, ki se jo pričakuje v uporabi. Premazi, ki so naneseni na zelo suh les, so manj trajni. Če pa je vsebnost vlage v lesu v času premazovanja preko 25 %, obstaja velika možnost pojava mehurjenja in luščenja premaza. Pri določenih vrstah lesa, kot je čuga (*Thuja plicata*) in obalna sekvoja (*Sequoia sempervirens*), ki vsebujejo vodotopne ekstraktivne snovi, lahko le-te povzročijo obarvanje premaza, če premaz nanašamo na moker les. Zaradi vlažnosti lesa prihaja do dimenzijskih sprememb v lesu, kar povzroča pojav napetosti v premazu, in se lahko zato zmanjšanja njegove oprijemne trdnosti. To še posebej velja za starane premaze, po daljši izpostavitvi na prostem.

2.1.1.2 Svetloba

Največji vpliv na razkroj lesa imata UV in IR svetloba. Les odlično absorbira sončno svetlobo. IR svetloba se absorbira v les in se pretvori v toplotno energijo, s tem se zviša temperatura lesa. Svetloba z valovno dolžino pod 600 nm prodre v les 200 µm (Feist in Hon, 1984), kar povzroči fotodegradacijo lesa. Še večji vpliv pri razkroju lesa ima UV – svetloba, ki v les prodre do globine 75 µm (Hon, 1991). Na UV-svetlobo so občutljive vse glavne sestavine lesa (lignin, celuloza, hemiceluloza, ekstraktivi). Najbolj občutljiv je lignin, ki absorbira 80 % - 95 % UV-svetlobe (Hon, 1991).

Na površini lesa pride do kemijskih sprememb, sprememb barve, fizikalnih in strukturnih sprememb. Razgradnja lesa, zaradi vpliva svetlobe, vodi do diskoloracij in kemične razgradnje.

2.1.2 Biološki škodljivci

Les kot organski material je izpostavljen biološkemu razkroju, ki ga povzročajo ksilofagni insekti in različne vrste gliv. Ksilofagni insekti živijo v lesu, ki zadovoljuje vse njihove življenjske potrebe. Les je zanje hrana in prebivališče, ki jih varuje pred zunanjimi vplivi

(Pavlič in Mihevc, 2001). Beljava lesa je v primerjavi z jedrovino veliko bolj privlačna za insekte, saj vsebuje bistveno večji delež hranilnih snovi, kot so beljakovine, škrob in sladkorji (Kervina-Hamović, 1989). Vlažnost lesa, izpostavljenega vremenskim vplivom, je večkrat nad 20 %, kar pomeni veliko nevarnost pred okužbo z glivami, ki lahko les popolnoma razkrojijo in uničijo, plesni in glive modrivke pa povzročijo predvsem barvne spremembe lesa (Pohleven, 1998).

Pri bioloških škodljivcih Pečenko (1987a) navaja lesne glive, lesne insekte in morske škodljivce. Odvisno od posameznega lesnega škodljivca, razgrajujejo le določene sestavine lesa. Le-ti les poškodujejo tudi posredno, saj odprejo pot abiotičnim razgradnim vplivom. Za učinkovito razgradnjo lesa mora biti v lesu ustrezna vlaga, temperatura (predvsem za epiksilne glive), les pa mora vsebovati tudi hranilne snovi.

2.1.3 Toplotni vplivi

Vplivi toplote: pri kratkotrajnem segrevanju do 100 °C les samo hitreje oddaja vodo. Pri časovno daljšem segrevanju lesa do 100 °C se celuloza kemično spremeni, zato les spremeni barvo, lahko se tudi prelomi. Plamenišče lesa je med 225 °C in 260 °C. Les gori, če pristavimo plamen. Vnetišče lesa je med 260 °C in 290 °C. Ko odstavimo plamen, les samostojno gori. Samovžig se pojavi pri temperaturi 330 °C do 470 °C, les zagori brez vžigalnega plamena.

Seveda je vnetljivost lesa odvisna od več lastnosti lesa. Pečenko (1987a) je podal naslednje:

- vlažnost lesa,
- gostota lesa,
- atomska zgradba lesa,
- razmerje površine proti volumnu,
- vsebnost smole.

2.1.4 Kemični vplivi

Les je v splošnem relativno dobro odporen proti kemičnim vplivom. Uporabimo ga lahko tam, kjer bi npr. beton ali železo korodiralo, posebno v kislem območju.

Baze (lugi) in njihove raztopine, posebej pri povišani temperaturi, razgrajujejo les hitreje kot kisline ali raztopine soli. Les je obstojen pri $\text{pH} = 2$ do 10. Obstojnost proti kislinam in lugom je pri različnih vrstah lesa različna, odvisna tudi od temperature in časa stika s kemikalijo.

Nekatere sestavine lesa reagirajo s kemikalijami in tvorijo barvila. Les se na primer temno rjavo oz. črno obarva, če reagirajo strojilne snovi v lesu (čreslovina, tanini) z železom (hrast, kostanj) (Pečenko, 1987a).

2.2 PREVENTIVNA ZAŠČITA LESA

Les lahko pred vremenskimi vplivi in pred biotskimi dejavniki razkroja zaščitimo na različne načine. Odvisno od namena uporabe izdelka, lahko uporabimo samo en način ali pa jih medsebojno dopolnjujemo. Mihevc (1999) opredeljuje zaščito lesa na tri načine:

- konstrukcijska zaščita
- kemična zaščita
- površinska zaščita

Pri tem pa ne smemo zanemariti lastnosti lesa, ki tudi vplivajo na premaz. Lastnosti lesa kot so tekstura, gostota, vlažnost, vsebnost ekstraktivnih snovi, vplivajo na trajnost celotnega premaznega sistema. Pomembna je tudi pripravljenost površine lesa pred nanosom premaza, in dolžina izpostavljenosti nezaščenega lesa vremenskimi vplivom pred nanosom zaščitnih sredstev. Kadar ima premaz za les dobro adhezijo, elastičnost, kadar dobro ščiti les pred tekočo vodo, ima dobro paropropustnost in les ščiti pred škodljivci in UV-žarki, lahko rečemo da je premaz dober (Jirouš-Rajković in Turkulin, 2002).

2.2.1 Konstrukcijska zaščita lesa

Oblika zgradbe in njenih delov ima velik vpliv na trajnost tako lesa kot premaza. Najpomembnejše pravilo konstrukcijske zaščite lesa je zagotoviti vodi prost odtok. Poskrbeti moramo za ustrezno nagnjenost vodoravnih profilov, spoji morajo biti pravilno oblikovani (profili za odtekanje vode), robovi morajo biti ustrezno zaobljeni (zagotavljanje enakomernosti nanosa premaznega sistema), površina naj bo kvalitetno mehansko obdelana (skobljanje, brušenje). Zagotoviti moramo zračenje hrbtnih delov, celotna konstrukcija izdelkov pa naj bo taka, da ne morejo nastajati mehanske poškodbe pri vgrajevanju kakor tudi ne pri kasnejši uporabi (Mihevc, 1999). Absorpcija vode skozi prečne prereze je še posebej izrazita in nevarna. Zaradi tega uporabljamo, kjer je to mogoče, poševno prirezovanje, še najbolje pa je, da prečne prereze z ustreznim premazom zatesnimo (Pečenko, 1987a).

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

2.2.2 Kemična zaščita lesa

Les kemično zaščitimo, da ga zavarujemo pred napadi lesnih škodljivcev. Kadar je les že napaden, pa s kemičnimi sredstvi škodljivce zastrupimo.

Kemično sredstvo se na trgu pojavlja predvsem kot raztopina, sestavljena iz aktivne komponente in topila. Po nanosu kemičnega sredstva na les, aktivna komponenta ostane v lesu, topilo pa izhlapi. Za aktivno komponento se uporablja anorganska ali organska snov, topilo pa je organsko ali voda. Voda dobiva v zadnjem času vse večji pomen, saj je za okolje bolj sprejemljiva. Kemično sredstvo vnesemo v les s premazovanjem, potapljanjem, oblivanjem...

Zaščitna sredstva za les lahko razdelimo na podlagi več kriterijev. Najbolj pogosta je razdelitev po Findlayu (1985), ki razvršča zaščitna sredstva za les v tri skupine:

- zaščitna olja – derivati premogovega in lesnega katrana ter surove nafte,
- kemikalije, topljive v vodi,

- zaščitna sredstva, ki so topna samo v organskih topilih.

Kemično zaščito zadnje čase vse bolj nadzorujejo okoljevarstveniki, saj predstavlja nevarnost za okolje skozi celotno obdobje, od izdelave do končnega uničenja. Nevarnost za okolje predstavlja že v proizvodnji, transportu, distribuciji, pri postopkih zaščite lesa in pri odlaganju odpadnega zaščenega lesa. Zaradi novih pogledov les zaščitimo s kemičnimi sredstvi le tam, kjer je to nujno potrebno (Pohleven in Petrič, 1992; Bravery in Carey, 1995).

Škodljivce v lesnih predmetih lahko uničimo tudi brez biocidov, z anoksi postopkom. Postopek je razmeroma nov in poteka v zaprti komori, kjer se ustvarijo pogoji brez kisika. Anoksi postopek je postal priljubljen pri zatiranju insektov umetniških del, ker za razliko od kemikalij ne poškoduje le teh. Raziskave pri zatiranju gliv z anoksi postopkom še potekajo.

2.2.3 Površinska zaščita lesa

Površinska zaščita lesa ima poleg zaščitne tudi dekorativno vlogo. Lahko sledi predhodnima dvema zaščitama ali pa nastopa popolnoma samostojno. V obeh primerih lahko površinski premaz zaradi delovanja zunanjih sil razpoka. V prvem primeru je tako les še vedno zaščiten, v drugem pa je odprta prosta pot do nezaščenega lesa, ki je tako izpostavljen možnemu napadu škodljivcev (Mihevc, 1999).

Trajnost premaza, ki les ščiti pred vremenskimi vplivi, je odvisna od lastnosti in priprave lesa, od ustrezne izbire premaznega sredstva glede na namen uporabe izdelka, od načina in kvalitete nanašanja, od uporabe konstrukcijske zaščite in pa od vplivov okolja. Takoj ko se na premazu pojavijo prve poškodbe, ga moramo obnoviti, saj le tako lahko zagotovimo dolgotrajno zaščito lesa (Pavlič in Mihevc, 2001).

Premazna sredstva

V literaturi različni avtorji različno razvrščajo sredstva za zaščito lesa pred vremenskimi vplivi. Pri nas je najbolj uveljavljena razvrstitev, ki razdeli sredstva z vidika materialov, primernih za zaščito lesa pred vremenskimi vplivi, na naslednje štiri tipe (Pečenko, 1987b):

- sredstva za kemično zaščito lesa.
- lak emajli,
- lazure,
- laki.

2.2.3.1 Lak emajli

Lak emajli (opleski) so debeloslojna premazna zaščitna sredstva, ki tvorijo film, s katerimi popolnoma prekrijemo lesno teksturo in tako tudi možne napake lesa. Vsebujejo veliko količino pigmentov, zaradi česar jih je na trgu možno dobiti v raznih barvnih odtenkih (Feist, 1997). Njihova poglobljena prednost je dobra odbojnost za vodo in nizka propustnost za paro, ki je hkrati tudi njihova največja pomanjkljivost. Ob izpostavitvi izdelkov vremenskim vplivom nastaja erozija premaza in difuzija vlage skozi film v les. Delovanje lesa povzroča mikrorazpoke v filmu premaza. Absorbirana vlaga v lesu tako akumulira, kar povzroča mehurjenje in odstopanje (luščenje) premaznega filma (Miller, 1980; Pečenko, 1987b; Feist, 1997).

Barvanje lesa na prostem z lak emajli je dobro vpeljan in že znan postopek. Pri nanašanju pa se je treba izogibati debelim premaznim filmom, ker se ti nagibajo k luščenju. Filmi, sestavljeni iz več slojev premazov, se debelijo prehitro predvsem, kadar prenavljamo premazne sisteme pred potekom predvidene obnavljalne dobe. To pomeni, da moramo pri ponovnem premazovanju odstraniti celoten predhodni premaz z mehničnim odstranjevanjem s struganjem z lopatico, pri čemer je treba lak predhodno omehčati s plamenom, vročim zrakom ali kemičnim odstranjevalcem (lavo) (Pečenko, 1987b; Mihevc, 1999).

2.2.3.2 Laki

Laki so v bistvu lak emajli brez pigmentov in so jih tradicionalno uporabljali pri lesu na prostem, kadar so želeli obdržati čim bolj naraven videz lesa. Pri uporabi lakov nastajajo podobne težave kot pri lak emajlih. S kvalitetnim lakom, nanesenim na korektno pripravljeno površino, je možno doseči dobre rezultate, vendar ne smemo pozabiti na

dejstvo, da je les mogoče zaščititi pred delovanjem sončne svetlobe le s pigmenti (Pečenko, 1987b).

2.2.3.3 Lazure

Lazure se uporabljajo v industriji stavbnega pohištva, predvsem v proizvodnji oken in vrat, za površinsko obdelavo lesenih konstrukcij, lesenih ograj, opažev ter vseh drugih izdelkov, ki so izpostavljeni vremenskim vplivom (Kričej, 1976).

Različno od lak emajlov so lazure manj pigmentirani premazi, ki na lesu tvorijo tanek film in površino lesa obarvajo transparentno tako, da je vidna njegova tekstura. Količina ustreznih pigmentov močno vpliva na obstojnost lazur. Splošno velja, da z večjo količino pigmentov v lazuri dosegamo daljše vzdrževalne intervale. Osnovna lastnost lazur je odbijanje tekoče vode, saj imajo izrazito površino, ki odbija vodo. Zaradi svoje velike permeabilnosti omogočajo lesu »dihanje«, kar pa ima tudi svojo slabo stran. Lazure pod vremenskimi vplivi počasi erodirajo, debelina filma se tanjša, debelejši sloji, kot so filmi lak emajlov in lakov, pa postanejo krhki, pokajo in se luščijo. Nedvomna prednost lazur je preprostost njihovega obnavljanja, saj površine pred ponovnim nanosom običajno samo skrtamo in obrišemo, z enim ali dvema nanosoma pa že osvežimo površino (Pečenko, 1987b).

V preteklosti so bile najbolj poznane alkidne in akrilne lazure na osnovi organskih topil. Danes jih imenujemo konvencionalne lazure. Njihova uporaba se zaradi ekoloških zahtev močno zmanjšuje, saj vsebujejo velik delež reaktivnih topil oz. hlapnih organskih komponent (VOC – Volatile Organic Compounds). Vse bolj pa se uveljavljajo premazi z visoko vsebnostjo suhe snovi (high solids stains) in lazure, ki uporabljajo vodo kot topilo (water-based stains) (Dongen in sod. 1998). Z uporabo lazur z visoko vsebnostjo suhe snovi lahko v primerjavi s konvencionalnimi zmanjšamo emisijo hlapnih organskih komponent (VOC) za 60 %, z vodnimi lazurami pa še za 10 % (Martin, 1996, cit. po Pavlič in Mihevc, 2001).

Lazure se med sabo razlikujejo po več lastnostih. Najbolj tipična je debelina suhega filma. Nekatere tvorijo na lesu zaprt, lepo definiran sloj, druge pa v les penetrirajo. Tako Miller (1980) deli lazurne premaze na:

- Impregnacijske lazure: v les prodirajo globlje in tako tudi po več zaporednih nanosih ne tvorijo popolnoma zaprtega filma. Trajnost teh premazov je majhna, prepustnost za paro pa zelo velika, saj kljub večkratnemu nanosu tvorijo le do 10 μm debel film.
- Tankoslojne lazure: imajo manjšo prepustnost za paro kot impregnacijske lazure. Dosežemo od 30 μm do 40 μm debeline suhega filma pri trikratnem nanosu. Ta premazna sredstva imajo trajnost v povprečju od 2 do 4 let.
- Debeloslojne lazure: po trikratnem nanosu dosežemo debelino filma od 60 μm do 75 μm . Trajnost teh premazov je od 4 do 6 let in je odvisna od izpostavitve vremenu. Pri teh premazih, ki imajo zelo majhno prepustnost za paro, lahko pri povišani vlažnosti izdelka nastane mehurjenje in luščenje premaza.
- Prekrivne lazure: to je posebna vrsta debeloslojnih lazur, s katerimi lahko prav tako že z enkratnim nanosom dosežemo končno debelino suhega filma. Od debeloslojnih lazur se razlikuje predvsem po boljšem svilnatim videzu premazane površine in po popolni prekritosti teksture lesa. Hkrati pa so, prav tako kot druge lazure, bolj prožne in prepustne za paro od drugih prekrivnih premazov in jih je tako lažje vzdrževati.

2.3 KURATIVNA ZAŠČITA LESA

Lesene dele kulturne dediščine, ki so že okuženi z lesnimi glivami ali napadeni z insekti, moramo kurativno zaščititi. Tako lahko les zaščitimo z nekemičnimi ali s kemičnimi zaščitnimi sredstvi ali ukrepi.

2.3.1 Sanacija okuženega lesa z glivami in napadu insektov z nekemičnimi sredstvi

GLIVE

Glive najlažje opazimo, če lesno tkivo pogledamo pod mikroskopom. Ko je okužba gliv vidna s prostim očesom, je treba takoj ukrepati. Lahko pa je takrat že prepozno.

Naravna zaščita lesa, okuženega s plesnimi in glivami modrivkami:

Pri okužbi z glivami je treba najprej ugotoviti vzrok okužbe, nato pa odstraniti vir vlage. Modrivke in plesni lahko uspešno zaustavimo z ureditvijo ustrezne klime v prostoru. Plesni se ne pojavijo na površini lesa z vlago pod 25 %, glive modrivke pa pod 23 %. Pogoje, ki preprečujejo okužbo, lahko dosežemo s povišanjem temperature in z znižanjem relativne zračne vlažnosti.

Naravna zaščita lesa, okuženega z glivami pravimi razkrojevalkami:

Težja je sanacija ob okužbi z eno od hišnih gob. Najprej moramo odstraniti močno strohnél les, deloma strohnelega pa temperaturno obdelati. Hišne gobe so zelo občutljive na sušenje in povišano temperaturo. Pri 58°C propadejo v 30 do 60 minutah.

Razvoj kletne in bele hišne gobe preprečimo, če vgradimo suh, zdrav in impregniran les ter ne pustimo, da bi se les navlažil. Goba je zelo občutljiva na sušenje lesa. Uničimo in preprečimo njen nadaljnji razvoj tako, da osušimo les, ki ga razkraja. Siva hišna goba je zelo občutljiva na dnevno svetlobo, preprih in redno zračenje prostora ter na zvišano temperaturo. Pri 38°C odmre goba v treh urah, pri 40°C pa v petnajstih minutah, uniči pa jo tudi hud mraz (Benko in sod., 1987; Pohleven, 2000).

INSEKTI

V razstavnih vitrinah lahko opazimo prisotnost lesnih insektov po larvini, ki se sipa v okolici predmeta. Vrsto škodljivcev lahko prepoznamo po aktivnih izletnih odprtinah, po živih in mrtvih insektih okoli vrtin, ter na osnovi zvokov iz predmeta. Na podlagi samo tega pa ne moremo določiti intenzivnosti napada. Trdoglavci so lahko v lesu prisotni več generacij, ne da bi izleteli.

Okolju prijazna zaščita lesa, napadenega z insekti:

Tako kot les, okužen z glivami pravimi razkrojevalkami, lahko z izpostavitvijo povišani temperaturi kurativno zaščitimo les tudi pred insekti - le-ti poginejo. Larve trdoglavca in

parketarja propadejo pri temperaturi 58 °C že po 20 minutah, larve hišnega kozlička pa po eni uri. Povišano temperaturo lahko dosežemo s konvencionalnim gretjem ali pa z mikrovalovi oziroma s segrevanjem z visoko frekvenco (Pohleven, 2009).

2.3.2 Sanacija lesa, okuženega z glivami in napadenega z lesnimi insekti, s kemičnimi sredstvi

Zaplinjanje:

V nekaterih primerih pa so predmeti na visoko temperaturo občutljivi in moramo zato lesne škodljivce zatreti na drugačen način. Za to so namenjene posebne komore, v katere postavimo temperaturno občutljive predmete, napadene z insekti - in tudi z glivami - in jih zaplinimo (fumigiramo). Zaplinimo jih s hlapnimi strupi, kot so metilbromid, etilenoksid, fosfin ipd. Večina omenjenih strupenih plinov je prepovedanih, zato se v zadnjem času za uničenje škodljivcev uveljavlja metoda zaduševanja (anoksi postopek) (Pohleven, 2009).

Anoksi postopek:

Napadene predmete postavimo v neprodušno zaprto komoro, iz katere z ogljikovim dioksidom, dušikom ali pa argonom odstranimo kisik (zrak), škodljivci pa se zadušijo. Pri zadužitvi je najbolj učinkovit argon, ki je popolnoma inerten in na predmetu ne povzroča nikakršnih poškodb. Zelo pomembno je tudi dejstvo, da je od vseh represivnih postopkov zaduševanje popolnoma nenevarno za okolje in človeka. Ker pa so predmeti po zadužitvi dovzetni za škodljivce, jih te treba namestiti v prostore, v katerih bodo take razmere, ki bodo onemogočale ponovni napad (Pohleven, 2009).

2.4 LASTNOSTI LESA IN PREMAZOV, KI VPLIVAJO NA TRAJNOST IZPOSTAVLJENEGA LESA

Lastnosti lesa kot so tekstura, gostota, vlažnost, vsebnost ekstraktivnih snovi, hrapavost lesa in dolžina izpostavljenosti nezaščitenega lesa vremenskim vplivom vplivajo na trajnost premaznega sredstva. Za dobro premazno sredstvo, ki je izpostavljeno vremenskim vplivom, se zahteva dobro adhezijo, elastičnost, da les dobro ščiti pred tekočo vodo, ima dobro paropropustnost in da les dobro ščiti pred mikroorganizmi in UV sevanjem.

Pri površinski obdelavi lesa, kateri je izpostavljen vremenskim vplivom, je cilj doseči čim trajnejše premazno sredstvo. Trajnost premaznega sredstva je odvisno od kvalitete lesa, sestavi in kvaliteti premaznega sredstva, od tehnike nanašanja premaznega sredstva in obnavljanja le-tega, od obdelave lesa pred nanosom premaznega sredstva, od stopnje zaščitenosti pred vremenskimi vplivi (konstrukcijska zaščita) ter od mikro in makro klime v času izpostavljenosti lesa (Jirouš-Rajković in Turkulin, 2002).

2.4.1 Lastnosti lesa, ki vplivajo na trajnost premaznega sredstva

Browne (1962) poroča, da ima les zelo malo vpliva na lastnosti premaznega sredstva, dokler je le-to v dobrem stanju in ne kaže znake staranja. Pri staranem lesu pa postanejo lastnosti lesa, kot so gostota, tekstura, vsebnost smol in olj, vsebnost vlage v lesu in napake lesa (grče), pomembne.

Na trajnost zunanjih premazov pa vplivata tudi vlažnost lesa in vsebnost ekstraktivnih snovi. Razen tega imata pomembne vplive še način obdelave lesa pred nanosom zaščitnega sredstva in izpostavljenost lesa vremenskim vplivom pred površinsko obdelavo.

1. **Struktura lesa:** Za površinsko obdelavo iglavcev je pomemben delež kasnega lesa. Novo premazno sredstvo se dobro prime na rani in kasni les. Toda staro premazno sredstvo, ki zaradi staranja postane krhko, izgubi oprijemnost na kasnem lesu prej kot na ranem. Zaradi tega je les z ozkimi conami kasnega lesa boljši za površinsko obdelavo.

Za površinsko obdelavo listavcev sta pomembna velikost in razpored por, ki otežujejo premazovanje, če so zelo velike, kot npr. pri hrastovini. Če teh por ne zapolnimo, na teh mestih sredstva nastanejo nevidne luknjice in vdolbinice, ki so vzrok za hitrejši pojav napak na površini premaza. Za površinsko obdelavo lesa listavcev je torej primernejši tisti z majhno do srednjo gostoto, s porami, ki niso večje od por bukve.
2. **Ekstraktivne snovi:** Če je les suh, smole in olja nimajo tako velikega učinka na površinsko obdelavo, kot je splošno mnenje (Browne, 1962). Najpogostejši rezultat negativnega delovanja ekstraktivnih snovi je diskoloracija premaznega sredstva. Vodotopne ekstraktivne snovi lahko skupaj z vlago pridejo na površino lesa in povzročijo diskoloracijo premaznega sredstva (Black in Mraz, 1974 cit. po Jirouš-

Rajković in Turkulin, 2002). Vodotopne snovi, olja in tanin zavirajo strjevanje premaznega sredstva.

3. Vsebnost vode v lesu: Možnost nastanka razpok v premaznem sredstvu in njegovega odstopanja smo že opisali v poglavju 2.1.1.1
4. Hrapavost površine lesa: Poleg vrste lesa lahko na trajnost premaznega sredstva vpliva tudi način obdelave lesa pred nanosom premaznega sredstva.

Richter in sod., (1994, cit. po Jirouš-Rajković in Turkulin, 2002) so preizkušali vpliv hrapavosti površine lesa na trajnost premaznega sredstva in ugotovili, da je brušenje površine najboljša priprava za kasnejši nanos premaznega sredstva. Hrapave površine premazane z lazurami kažejo dobro trajnost za dolgotrajno izpostavljenost vremenskim vplivom, predvsem zaradi količine nanosa, ki je potrebna za prekrivanje površine. Če primerjamo enak nanos premaznega sredstva na gladke površine, se dokaj hitro pojavijo napake.

5. Čas izpostavljenosti lesa vremenskim vplivom, pred nanosom premaznega sredstva: Izpostavljenost lesa vremenskim vplivom pred nanosom premaznega sredstva, pripomore h kemijskim in fizikalnim spremembam na lesni površini, katere zmanjšujejo oprijem premaznega sredstva na les. Tako je Bo×all (1977, cit. po Jirouš-Rajković in Turkulin, 2002) po preizkusu ugotovil, da ima premazno sredstvo veliko manjšo oprijemno trdnost na lesu, ki je bil predhodno izpostavljen vremenskim vplivom, kot pri vremensko neizpostavljenem lesu. Williams in sod. (1991) cit. po Jirouš-Rajković in Turkulin, 2002) so ugotovili, da izpostavljenost lesa pred površinsko obdelavo zmanjšuje trajnost premaznega sredstva in priporočajo, da les pred površinsko obdelavo ni izpostavljen vremenskim vplivom dlje od dveh tednov.
6. Grče in ostale napake lesa: Grče velikokrat povzročajo madeže na premaznem sredstvu. Prav tako grče pogosto absorbirajo olje, kar vodi k zmanjšanju sijaja na tem delu površine. Velike grče pogosto pokajo tudi po premazovanju, razpok pa ne moremo skriti tudi po ponovnem premazovanju. Zato je grčav les bolje premazovati z lazurami kot s premazi, ki na površini tvorijo debelejšje filme.

Smolni kanali v lesu negativno vplivajo na premazno sredstvo in povzročajo pokanje ali luščenje filma.

Pomoderlost beljave lesa lahko prikrijemo s pigmentiranim premazom, dokler je les suh. Ko les postane vlažen, se glive modrivke aktivirajo in povzročijo tudi diskoloracijo premaznega sredstva.

2.4.2 Lastnosti premaznega sredstva, ki vplivajo na njegovo trajnost

Po Colinsu in Schmidu (1987, cit. po Jirouš-Rajković in Turkulin, 2002) morajo imeti premazna sredstva, ki so izpostavljena vremenskim vplivom, naslednje lastnosti:

- vodo(paro) propustnost,
- dobro oprijemnost,
- elastičnost,
- odpornost proti mikroorganizmom,
- odpornost proti svetlobi.

1. Vodo(paro) propustnost: Visoka vsebnost vlage v lesu deluje negativno tako na les, kot tudi na premazno sredstvo.

Ena od najpomembnejših funkcij premaznega sredstva je zmanjševanje sprememb vsebnosti vlage v lesu, kadar je les izpostavljen spremembam vlažnosti. Les v vlažni atmosferi absorbira vodno paro, v suhi atmosferi pa jo skozi premazno sredstvo desorbira. Vsa premazna sredstva zmanjšujejo spremembe vsebnosti vlage v lesu, nekatere bolj, nekatere manj uspešno. Glavni dejavniki, ki preprečujejo navlaževanje lesa so:

- debelina filma,
- vrsta premaznega sredstva in
- dolžina izpostavljenosti premaznega sredstva vremenskim vplivom

V osnovi pa bi premazna sredstva morala preprečevati, da les absorbira tekočo vodo in omogočiti prepuščanje vodne pare, kadar je les prevlažen.

2. Adhezija: Adhezija je ključna lastnost premaznega sredstva. Premazno sredstvo mora imeti dobro oprijemno trdnost tako na les, kot tudi na staro podlago pri obnavljanju. Adhezijske sile so odvisne od kemijske sestave (vezivo, pigment, aditivi, raztopine),

vpliva adsorpcije vode in permeabilnosti premaznega sredstva, hrapavosti in čistoče podlage in od njene kemične zgradbe. Adsorpcija vode in permeabilnost organskega filma na adhezijo vplivata negativno. Na adhezijo negativno vpliva tudi dimenzijska nestabilnost lesa. Če je les izpostavljen vremenskim vplivom pred površinsko obdelavo, pride do sprememb oprijemne trdnosti. Williams in sod. (1987, cit. po Jirouš-Rajković in Turkulin, 2002) navajajo, da les ne bi smel biti izpostavljen vremenskim vplivom več kot dva tedna pred nanosom premaznega sredstva.

3. **Elastičnost:** Zaradi določene stopnje permeabilnosti premaznega sredstva se voda v lesu giblje tudi po nanosu zaščitnega sredstva. To je vzrok nabrekanja in raztezanje lesa ter povečanja valovitosti lesa, zaradi različnega raztezanja ranega in kasnega lesa. Premazno sredstvo se na površini lesa razteza in istočasno zvija in če ni dovolj fleksibilno, da bi sledilo dimenzionalnim razlikam, prihaja do napak. Da bi premazno sredstvo lahko sledilo dimenzijskim spremembam lesa, bi moralo imeti minimalno raztegljivost 8 % (Collins, 1987, cit. po Jirouš-Rajković in Turkulin, 2002).
4. **Odpornost proti glivami:** Plesni, povzročitelji estetskih napak, okužujejo les s sporami iz zraka, lahko pa so že v samem lesu in tako prodrejo do premaznega sredstva ter povzročijo estetske napake (Collins, 1987, cit. po Jirouš-Rajković in Turkulin, 2002). Glive modrivke in plesni povzročajo estetske napake, povzročiteljice prave trohnobe pa razkrajajo lesno površino in zmanjšujejo oprijemno trdnost ter povečujejo napake premaznega sredstva. Za učinkovito zaščito lesa pred glivami je potrebno poleg nadzora vsebnosti vode v lesu premaznemu sredstvu dodati fungicidna sredstva.
5. **Zaščita pred svetlobo:** znano je, da UV svetloba negativno vpliva na les in premazno sredstvo. Reakcija svetlobe in polimernih snovi na lesni površini je fizikalno-kemični proces, ki privede do diskoloracije in razkroja lesne površine. Les najboljše zaščitijo pigmentirana premazna sredstva, ker odbijajo UV sevanje. Za zaščito transparentnih premaznih sredstev pred UV svetlobo danes najpogosteje uporabljajo UV absorberje, ki energijo UV žarkov spremenijo v toplotno energijo. Poleg UV absorberjev se uporabljajo tudi lovilci radikalov. Ti škodljive radikale, ki nastanejo v času izpostavljenosti vremenskim vplivom, pretvorijo v neškodljivo obliko.

2.5 UMETNO POSPEŠENO STARANJE LESA IN PREMAZNIH SREDSTEV

Umetno pospešeno staranje lesa se je uveljavilo zaradi potreb po čim hitrejšem spremljanju lastnosti lesa in ali premaznih sredstev, ki so izpostavljeni vremenskim vplivom. Proizvajalci premaznih sredstev želijo pridobiti podatke o staranju premazov čim hitreje, kar pa pri naravnem staranju ni možno. Tako naravno, kot tudi umetno pospešeno staranje imata svoje prednosti in pomanjkljivosti. Pri naravnem staranju je najslabša lastnost dolgo časovno obdobje, pri umetnem pospešenem staranju pa ne moremo vključiti vseh realnih dejavnikov, ki v naravi vplivajo na izpostavljene materiale. Dejavniki staranja, ki so vključeni v postopek umetnega pospešenega staranja (UPS), niso nujno enaki tistim v realnih pogojih izpostavitve med naravnim staranjem. Ne nazadnje, tudi mikro klima na mestu izpostavitve je lahko drugačna od klime, ki jo za določeno območje izkazujejo meteorološki podatki.

2.6 NAPRAVE ZA UPS

Strokovnjaki so razvili različne komore in programe za UPS, s katerimi so se želeli maksimalno približati naravnim vremenskim pogojem med izpostavitvijo. Pri UPS vzorce izpostavimo umetni klimi, v kateri so časovni intervali posameznih faz bistveno krajši kot v naravi. Vendar pa so pogoji v posameznih fazah bistveno bolj ostri kot v naravi, kar skrajša čas staranja.

Komore se med seboj razlikujejo, vse pa vsebujejo simulacijo vsaj dveh poglavitnih dejavnikov za razkroj lesa in premaznih sredstev. To sta dež in sonce. Dež simuliramo z razpršitvijo destilirane vode po vzorcih, sončno obsevanje pa s svetlobo UV sijalk in s toploto IR seval. Nekateri programi UPS vsebujejo še faze zmrzovanja, učinkovanja SO_2 , CO_2 in tudi vmesne faze mirovanja.

Faze pri UPS se razmeroma hitro menjajo, kar povzroči nagle temperaturne spremembe. Izpostavljena površina preizkušanca se v fazi umetnega dežja ohladi, v fazi sevanja z IR žarki pa segreje. Zaradi tega les in premazi nabrekajo in se krčijo, kar se lahko pokaže v razpokah premaza in lesa.

Na dvig temperature površine lesa deluje absorpcija vidne in predvsem infra rdeče svetlobe (IR), ki lahko poviša temperaturo površine na 20 °C do 40 °C nad temperaturo okolice.

Kakšna bo temperaturna razlika, je odvisno od razmerja absorbirane in odbite svetlobe. Absorpcija svetlobe je odvisna od barve premaza, s tem pa se spreminja temperatura površine. Svetlejše barve lesa absorbirajo manj (nov les, spran les) temnejše (temno rjav les) več svetlobe, zato je temperaturna razlika večja (preglednica 1). Tako je lahko temperatura površine višja tudi do 60 °C (Pečenko, 1987a).

Preglednica 1: Najvišja temperatura s sončno svetlobo obsevane površine pokrivnega emajl laka in prozornega premaza (lazure) na lesu (Pečenko, 1987a)

Emajl lak		Maks. T	Lazura	Maks. T
	Barva	(°C)	Barva	(°C)
Bela	40	naravna (barva lesa)	49	
Slonokoščena	49	svetlo rjava	58	
Zlato rumena	50	srednje rdeča	65	
Rubinsko rdeča	50-62	srednje rjava	69	
Safirno modra	50-70	hrastova	61-70	
Krom rumena	51-55	tikova	68-71	
Modro zelena	53-72	olivno zelena	71	
Oranžna	55-61	orehovo rjava	66-73	
Ognjeno rdeča	55-63	temno rjava	74	
Kobaltovo modra	55-71	antracitno črna	78	
Orehovo rjava	55-71			
Srebrno siva	61-71			
Zelena	61-70			
Modro siva	61-76			
Siena	63-74			
Encijansko modra	67-72			
Železno siva	68-71			
Briljantno modra	75			
Črna	77-80			

2.6.1 Naprava za UPS Madison

Naprava ima obliko zaprte kadi. V notranjosti so v istem prostoru nameščene razpršilne šobe, ki razpršujejo destilirano vodo, kar simulira umetni dež, ksenonove žarnice simulirajo sončno svetlobo in merilni inštrumenti, ki omogočajo stalno kontrolo umetno

ustvarjene klime. Ti inštrumenti vsebujejo termometer s termostatom, selensko foto celico za kontrolo UV sevanja in kontaktni termometer za beleženje temperature na površini vzorcev. Vzorci, katerih velikost ni določena, so nameščeni na koritastem dnu naprave ter nagnjeni proti izvoru umetnega dežja in umetne svetlobe pod kotom 45°. Čas umetnega staranja je 1000 ur s ciklusi po 24 ur. V enem ciklusu se zvrstijo po vrstnem redu naslednje faze (preglednica 2).

Preglednica 2: Ciklus naprave za UPS Madison (Kričej, 1974)

umetni dež	4 ure
sevanje s ksenonovo svetlobo (65 °C)	4 ure
umetni dež	4 ure
sevanje s ksenonovo svetlobo (65°C)	4 ure
<u>mirovanje</u>	<u>8 ur</u>
Skupaj	24 ur

2.6.2 Naprava za UPS Atlas Weather-Ometer

Sestoji se iz bobna z vertikalno osjo, ki je vgrajen v zaprti komori. Vzorci velikosti 76 mm × 152 mm se pritrdijo v dveh vrstah na notranjo stran bobna. V središču bobna so nameščene ksenonove in UV žarnice ter šobe za razprševanje vode. V komori so še grelni in hladilni elementi ter šobe za dovajanje plina. Glede zahtev umetno ustvarjene klime je Atlas Weather-Ometer najbolj izpopolnjena naprava za simulacijo staranja premazov. Postopek umetnega pospešenega staranja naprave Atlas Weather-Ometer, uporabljen na Swiss Federal Institute for Testing Materials, je naslednji:

Čas umetnega staranja je 168 ur, s cikli po 100,8 minut. V enem ciklu se zvrstijo po vrstnem redu naslednje faze (preglednica 3):

Preglednica 3: Ciklus naprave za UPS Atlas Weather Ometer (Kričej, 1974)

umetni dež	18,5 min
100 % relativna zračna vlažnost	3,0 min
sevanje s kombinacijo svetlobe	9,0 min
segrevanje (60 °C – 70 °C)	2,0 min
umetni dež	6,5 min
100 % relativna zračna vlažnost	2,5 min

segrevanje (60 °C – 70 °C)	10 min
UV sevanje	8,0 min
umetni dež	4,8 min
zmrzovanje (-20 °C)	9,6 min
<u>učinkovanje SO₂</u>	<u>26,4 min</u>
	100,8 min

2.6.3 Naprava za UPS Gardner-Rad

Naprava ima kolo s horizontalno osjo, ki je tudi značilen element te naprave. Ima premer 1500 mm in 355 mm široko platišče, na katerega se na zunanjo stran pritrdijo vzorci, namenjeni umetnemu staranju. Z vrtenjem kolesa so vzorci zaporedno izpostavljeni umetnemu dežju, segrevanju, umetni sončni svetlobi in ohlajevanju. V spodnji legi kolesa so vzorci izpostavljeni umetnemu dežju. Ko se zavrtijo za 45 °, so izpostavljeni IR sevanju ter pri spremembi lege za 150 ° še UV sevanju in nato v spodnji legi še umetnemu dežju. Velikost vzorcev, namenjenih umetnemu staranju, je omejena s širino platišča in s premerom kolesa. Čas umetnega staranja je 672 ur s cikli po 30 minut. V enem ciklusu se zvrstijo po vrstnem redu naslednje faze (preglednica 4):

Preglednica 4: Ciklus naprave za UPS Gardner-Rad (Kričej, 1974)

umetni dež	3 min
mirovanje	3 min
IR sevanje	7 min
mirovanje	8 min
UV sevanje	6 min
<u>mirovanje</u>	<u>3 min</u>
	30 min

2.6.4 Naprava za UPS na oddelku za lesarstvo (BF Ljubljana)

Ta naprava je razdeljena na dva dela. V prvem delu so vzorci izpostavljeni umetnemu dežju, v drugem pa UV in IR sevanju. Izmenično izpostavljanje umetnemu dežju in sevanju je rešeno s pomičnim vozičkom, ki avtomatično, glede na fazo umetnega staranja, vzorce transportira v prvi ali drugi del naprave. Površina vozička (namenjena za

namestitvev vzorcev) (1300×1000) mm² omogoča, da je velikost vzorcev zelo različna (najbolj primerna velikost vzorcev za ugotavljanje lastnosti in sprememb lastnosti premazov je $300 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 19 \text{ mm}$) ter da se lahko izpostavijo umetnemu staranju že izdelani in površinsko obdelani konstrukcijski elementi (npr. okensko krilo).

Tako lahko proučujemo lastnosti premazov na kritičnih mestih, kot so spoji čelnega in vzdolžnega lesa (kotne vezi). Čas umetnega staranja je 500 ur, s ciklusi po eno uro. S to napravo smo tudi opravljali poskus. V enem ciklu se zvrstijo po vrstnem redu naslednje faze (preglednica 5):

Preglednica 5: Ciklus naprave za UPS na BF v Ljubljani (Kričej, 1974)

umetni dež	22 min
mirovanje	9 min
UV in IR sevanje (60 °C)	3 min
UV sevanje	21 min
UV in IR sevanje (60 °C)	3 min
<u>mirovanje</u>	<u>2 min</u>
	60 min

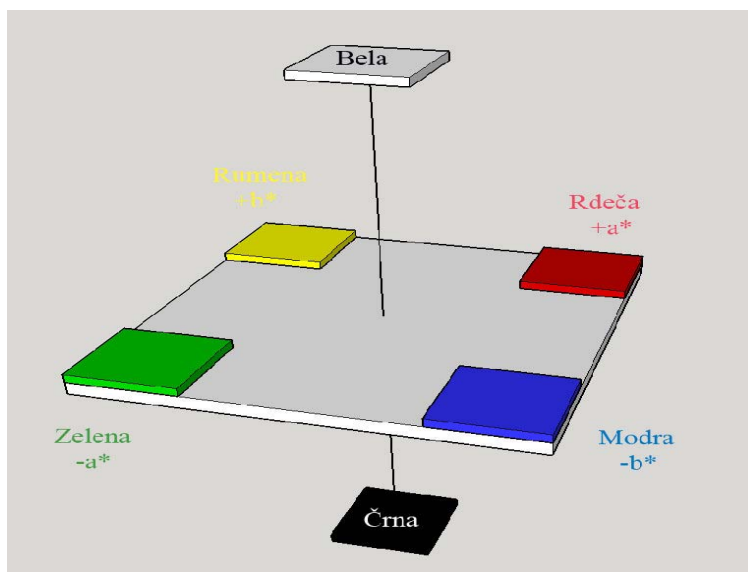
2.7 BARVA

Da naši možgani zaznajo barvo, potrebujejo spekter svetlobe, ki ni bela, in predmet opazovanja. Svetloba je elektromagnetno valovanje, ki ga oddajajo telesa. Svetloba z valovno dolžino med 400 nm in 700 nm je vidni del svetlobe, ki ga zaznava človeško oko. Na opazovalca vplivajo tudi psihofizične lastnosti, izkušnje, čustva, kulturni vplivi in okolje z drugimi barvami, svetlostjo in kontrasti (Javoršek, 2012).

Ker gre pri opazovalcu za vtis, kakšne barve je določeno telo, ne moremo točno vrednotiti barve in barvne spremembe na podlagi le-tega.

Leta 1931 je mednarodna organizacija CIE (*Commision Internationale de l'Éclairage*) postavila temelje za numerično vrednotenje barve in barvnih razlik. Eden izmed sistemov za numerično vrednotenje barve je CIE L*a*b* sistem (slika 1). Je najbolj izpopolnjen in najpogostejše uporabljen sistem za numerično vrednotenje barve. Tridimenzionalni prostor je definiran z L* osjo in barvnima koordinatama a* in b* (Bobnar, 2003).

Barvni koordinati a^* in b^* s svojimi pozitivnimi vrednostmi segata v področje rdeče (koordinata a^*) in rumene (koordinata b^*), z negativnimi vrednostmi pa v modro (koordinata b^*) in zeleno (koordinata a^*) barvno področje. Tretja koordinata L^* je parameter svetlosti, ki podaja odmik k beli oziroma črni barvi (Tišler in sod., 1990), pri čemer vrednost 0 pomeni absolutno črno, vrednost 100 pa absolutno belo (slika 3).



Slika 3: CIE $L^*a^*b^*$ barvni sistem L^* - parameter svetlosti, a^* in b^* - barvni koordinati (Tišler, 1990)

2.7.1. Določanje barvne spremembe

Lesni premazi sčasoma spremenijo svoje lastnosti, med drugim tudi barvo. Za ugotavljanje barvne spremembe na lesnih premazih lahko uporabimo vizualno metodo (preglednica 6) ali kromometrično metodo.

Preglednica 6: Spremembe in ocene barv zaradi umetnega pospešenega staranja predpisuje standard EN ISO 4628-1 : 2003

Sprememba barve	Ocena
Ni spremembe	0
Komaj zaznavna sprememba	1
Majhna sprememba	2
Srednja sprememba	3
Močna sprememba	4
Zelo močna sprememba	5

Pri vizualni metodi ocenjevanja barvne spremembe je pomembna svetloba, prostor v katerem ne sme biti večjih obarvanih objektov in seveda dober vid. Primerjamo barvo vzorca, ki je bil izpostavljen umetnemu pospešenemu staranju z barvo vzorca, ki staranju ni bil izpostavljen.

Kromametrična metoda je zanesljivejša in je neodvisna od opazovalca. Pri tej metodi izmerimo koordinate v sistemu CIEL*a*b* na premazu pred umetnim pospešenim staranjem in po njem. Za primerjavo barvne spremembe izračunamo vrednost ΔE , ki podaja premik barve v tridimenzionalnem barvnem sistemu (enačba 1):

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

ΔE je najpomembnejša lastnost, ki poda spremembo barvnega tona (Tišler in sod., 1990).

2.8 SIJAJ

Sijaj je z očesom čutno zaznana, od opazovanega osvetljenega predmeta odbita svetloba različnih valovnih dolžin v območju spektra vidne svetlobe. Po SIST EN ISO 2813:1999 lahko z reflektomerom to lastnost površine številčno ovrednotimo (Kričej in Pavlič, 2007). Največje dopustno odstopanje sijaja površine od povprečne je prikazano v preglednici 7.

Preglednica 7: Predlagano največje dopustno odstopanje sijaja površine od povprečne vrednosti (Kričej in Pavlič, 2007)

Povprečne vrednosti sijaja površine	Maksimalno odstopanje
≥ 25 enot	± 5 enot
< 25 enot	+ 3 enote
	- 2 enoti

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

3.1.1. Opis in priprava vzorcev

Teste smo izvedli z 10 različnimi premazi na površinah lesa smreke, staranega lesa smreke, lipovine in starane lipovine. Skupaj s kontrolnimi, nepremezanimi vzorci smo tako poskuse izvedli s 16 različnimi sistemi, s po štirimi vzorci, dimenzij $110\text{ mm} \times 70\text{ mm} \times 14\text{ mm}$.

Poskoblane vzorce smo najprej premazali s premaznimi sredstvi, na katerih smo kasneje delali poskuse, nato pa jih razžagali na tri dele. Prvemu vzorcu smo izmerili sijaj in barvo. Na drugem vzorcu smo najprej izmerili sijaj in barvo in nato vzorce izpostavili UPS. Po izvedenem UPS smo ponovno izmerili sijaj in barvo ter določili navzem in oddajanje vodne pare. Na tretjem vzorcu smo izmerili samo navzem in oddajanje vodne pare.

Priprava vzorcev:

Po standardu SIST EN 927-4 morajo biti vzorci iz lesa smreke brez grč in razpok, letnice morajo biti ravne in normalne rasti (med 3 do 8 letnic na 10 mm). Nagib letnic na testirani površini naj bi bil $45^\circ \pm 10^\circ$. Les ne sme biti pomodrel. Izogibati se je potrebno nenormalni poroznosti. Gostota lesa naj bi bila med $0,4\text{ g/cm}^3$ in $0,5\text{ g/cm}^3$, pri ravnovesni lesni vlažnosti okoli 12 %. Dimenzije vzorcev za premazovanje naj bi bile $(340 \pm 2)\text{ mm} \times (70 \pm 2)\text{ mm} \times (20 \pm 2)\text{ mm}$.

Srednja lesarska Šola v Ljubljani nam je pripravila 64 vzorcev dimenzij $400\text{ mm} \times 70\text{ mm} \times 14\text{ mm}$. Vzorci so bili brez napak, letnice enakomerno porazdeljene, vlažnost lesa je bila med 9 % in 12 %. Površina je bila obdelana s skobljanjem. Od 64 vzorcev jih je bilo 48 iz lesa navadne smreke (*Picea abies*) in 16 iz lesa navadne lipe (*Tilia cordata*). Vzorce smo razdelili na skupine tako, da so si bili vzorci v istem sistemu oz. v posamezni skupini med seboj čim bolj podobni. Za en sistem smo pripravili po 4 vzorce. Tako smo iz 64 vzorcev preizkušancev pripravili 16 sistemov.

Zaradi sorazmerno velikega števila preizkušancev smo morali vsak vzorec posebej označiti. Uporabili smo naslednje oznake (preglednica 8):

A.....smreka

B.....starana smreka

C.....lipa

D.....starana lipa

S.....stipol

0.....kontrolni vzorci

1-9.....vrsta premaznega sredstva

(1-4).....vzorci v enem sistemu

(1-3).....kosi posameznega vzorca

Merili smo naslednje lastnosti:

- 1 barvo in sijaj vzorcev pred umetnim pospešenem staranjem
- 2 barvo in sijaj vzorcev ter navzem in oddajanje vodne pare, po umetnem pospešenem staranju
- 3 navzem in oddajanje vodne pare pred umetnim pospešenim staranjem

Preglednica 8: Oštevilčenje vzorcev

Les	Premazno sredstvo	Št. vzorcev	Oznaka	Barva
Smreka	RN 49/03 LAZURIND (Top) ICP	4	A1 (1-4) 1-3	Rdeče rjava
Smreka	LAZURIND	4	A2 (1-4) 1-3	Rjava
Smreka	18469 LAZURIND Aquatop S23	4	A3 (1-4) 1-3	Rjava
Smreka	TESAROL Emajl	4	A4 (1-4) 1-3	Bela
Smreka	17314 LAZURIND Aquatop beli	4	A5 (1-4) 1-3	Bela
Smreka	3017 LAZURIND (Top) bb	4	A6 (1-4) 1-3	Rahlo rumenkasta
Smreka	17309 LAZURIND Aquatop bb	4	A7 (1-4) 1-3	Brezbarvna
Smreka	3017 LAZURIND (Top) bb + fotostabilizator	4	A8 (1-4) 1-3	Rahlo rumenkasta
Smreka	17309 LAZURIND Aquatop bb + fotostabilizator	4	A9 (1-4) 1-3	Brezbarvna
Smreka	Stipol	4	AS (1-4) 1-3	Zelena
Smreka	Kontrolni vzorci	4	A0 (1-4) 1-3	Brez premaza
Starana smreka	Stipol	4	BS (1-4) 1-3	Zelena
Lipa	RN 49/03 LAZURIND (Top) ICP	4	C1 (1-4) 1-3	Rdeče rjava
Lipa	Stipol	4	CS (1-4) 1-3	Zelena

Les	Premazno sredstvo	Št. vzorcev	Oznaka	Barva
Lipa	Kontrolni vzorci	4	C0 (1-4) 1-3	Brez premaza
Starana lipa	Stipol	4	DS (1-4) 1-3	Zelena

Oznako (1-4) smo uporabili za označevanje štirih vzporednih vzorcev istega sistema. Povprečno vrednost rezultata meritev smo vedno izračunali iz rezultatov, ki smo jih dobili pri štirih vzorcih. Ta oznaka je bila pomembna v fazi testiranja in meritev, pri podajanju in razlagi dobljenih rezultatov pa bi povzročila zmedo, zato tam ni vključena.

Za lažje razumevanje je spodaj prikazano na primeru, kaj oznaka pomeni:

Primer 1:

A13 – A = smrekovina, 1 = vrsta premaza (RN 49/03 LAZURIND (Top) ICP), 3 = navzem in oddajanje vodne pare pred UPS

Primer 2:

DS3 – D = les starane lipe, S = vrsta premaza (Stipol-AF), 2 = izmerjena vrednost barve in sijaja vzorca ter navzem in oddajanje vodne pare, po UPS

Primer 3:

A01 – A = smrekovina, 0 = kontrolni vzorec (nepremazan), 1 = barva in sijaj vzorca pred UPS

Pri podajanju rezultatov barvne spremembe med vzorci pred umetnim pospešenim staranjem in po njem, oznaka vsebuje samo prva znaka: npr. A1, CS

Po štiri kose preizkušancev iz lesa smreke in iz lesa lipe smo dali v komoro za UPS na BF v Ljubljani (Oddelek za lesarstvo), kjer smo predhodno nastavili program staranja, kot je prikazano v preglednici 5. Vzorci so bili staranju izpostavljeni en teden. Ti vzorci so bili kasneje premazani s sredstvom Stipol-AF.

Premazovanje s sredstvom Stipol-AF:

Po enem tednu staranja smo vzorce smreke (AS), starane smreke (BS), lipe (CS) in starane lipe (DS) prvič premazali s sredstvom Stipol-AF. Uporabili smo metodo premazovanja s čopičem. Ker je bilo premazno sredstvo preveč viskozno, smo ga razredčili z vodo. Na 250

g premaza Stipol-AF, smo dodali 10 ml vode. Tako smo premazno sredstvo lahko dobro, enakomerno porazdelili po površini.

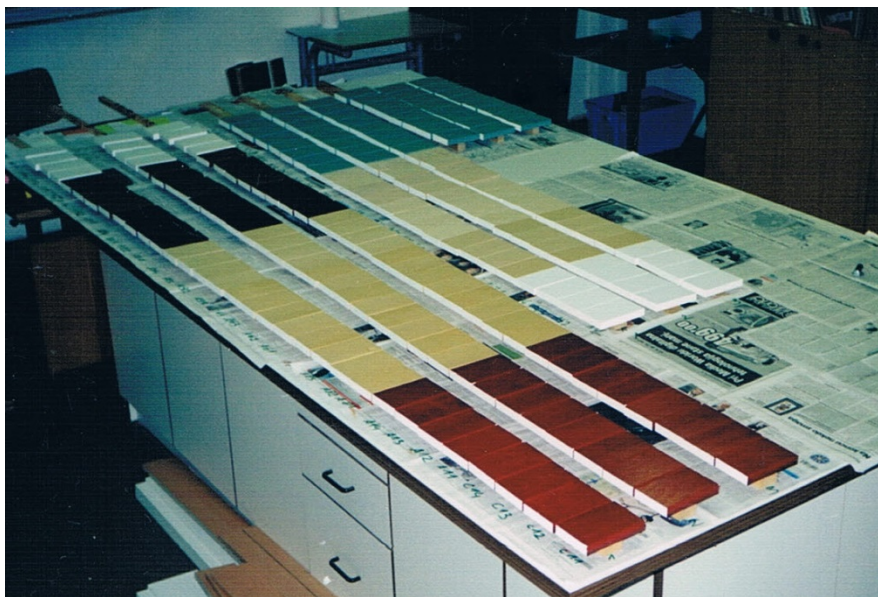
Naslednji dan smo se po pregledu s sredstvom Stipol-AF premazanih vzorcev odločili še za en nanos tega premaza, vendar smo sredstvo pred premazovanjem še bolj razredčili. Na 250 g premaza Stipol-AF smo dodali 15 ml vode in tako dosegli, da je premazno sredstvo zapolnilo vse pore. Ko se je premaz posušil, smo premazali še drugo ploskev in oba robova. Količino vsakega nanosa smo določili v masi na enoto površine (g/m^2).

Premazovanje vzorcev s premazom ICP premazi in s premazi na osnovi organskih topil:

Obe ploskvi in oba robova vsakega vzorca smo premazali po dvakrat. Najprej smo premazali zgornjo ploskev in oba robova. Površina se je morala posušiti, tako ni prihajalo do sprijemanja, zato smo lahko spodnje ploskve premazali šele naslednji dan. Preizkušance smo pregledali in ugotovili, da so površine, ki so bile premazane s premazi A6, A8 in A4 dovolj dobre, pri ostalih premazih pa je bilo potrebno še tretje premazovanje obeh robov. Tudi pri teh premazih smo spremljali količino nanosa (g/m^2). Premazane vzorce smo pustili stati tri tedne pri običajnih sobnih pogojih, da so se popolnoma posušili.

Razrez vzorcev:

Po približno treh tednih smo vzorce razrezali na tri dele dimenzij $110 \text{ mm} \times 70 \text{ mm} \times 14 \text{ mm}$ (slika 4). Na sredini vzorcev smo izžagali kose dimenzij $10 \text{ mm} \times 70 \text{ mm} \times 14 \text{ mm}$, ki smo jih kasneje uporabili za določanje debeline filma.



Slika 4: Vzorci, premazani z različnimi premaznimi sredstvi

Merjenje debeline filma:

Po nanosu premazov in razrezu vzorcev, smo na napravi stereo mikroskop Olympus s 120 $\times$ povečavo izmerili debelino suhega filma, izraženo v μm .

Premazovanje čel z epoksidnim dvokomponentnim premazom:

Po razrezu vzorcev smo premazali čela z epoksidnim dvokomponentnim premazom. To so bile površine, na katerih nismo izvajali meritev. S tem smo preprečili izsuševanje preizkušancev in dobili točne rezultate za testirani premaz.

3.1.2 Uporabljeni premazi

3.1.2.1 Opis dvokomponentnega epoksidnega premaza

Dvokomponentni epoksidni premaz proizvajalca Color Medvode je debeloslojna epoksidna barva. Uporablja se predvsem tam, kjer je zaželena čim nižja permeabilnost premaza. Osnovni namen uporabe je zaščita kovin, poliestra, betona tudi v agresivnih okoljih, kot so morska voda, lugi, kisline, naftni derivati itd. Za nanašanje s čopičem ali valjčkom ga redčimo za prvi nanos 20 %, za drugi pa 10 %, ter počakamo približno 10 min pred nanašanjem barve. Čas uporabe mešanice: pri 15 °C je 3 ure, pri 20 °C je 2 uri in pri 25 °C

je 1 ura. Površina je suha za nadaljnje premazovanje po 24 urah. Temperatura zraka in podlage med nanašanjem mora biti nad 10 °C, na svež premaz ne sme pasti dež, rosa ali megla. Sveže obarvana površina je občutljiva na vlago in postane zaradi nje lisasta (Tehnični list, Color Medvode, 2000).

3.1.2.2 Opis premaza Stipol-AF

Stipol-AF je disperzijsko premazno sredstvo na osnovi umetnih smol in polnila. Je učinkovito sredstvo za zaščito lesa pred pokanjem in zmrzaljo.

Stipol-AF je učinkovit premaz za zaščito lesa pred pokanjem v procesu naravnega ali umetnega sušenja lesa. Izdelan je na osnovi umetnih smol in polnil. Stipol-AF nanašamo s čopičem, valjčkom ali brizganjem na suho ali mokro površino. Pred uporabo dobro pretresemo. Delovna temperatura nad 5 °C, čas sušenja 2 uri.

Poraba: 500 g/m² lesene površine.

Skladiščenje: pri temperaturi višji od 5 °C. Ne sme zmrzniti (Tehnični list, Silvaproduct, 2001).

3.1.2.3 Opis premaznih sredstev na osnovi organskih topil

- tankoslojne lazure, zgrajeno na osnovi alkidnega veziva, transparentnih pigmentov, hidrofobnega sredstva in organskih topil. Lazura je namenjena za zaščito in dekoracijo lesenih izdelkov iz domačih in tujih drevesnih vrst zunaj in znotraj stavb. Lazurind vsebuje od 20 % do 24 % suhe snovi, gostota pri 20 °C je od 0,840 kg/l do 0,840 kg/l. Nanaša se s čopičem, valjčkom, umakanjem, oblivanjem ali zračnim brizganjem. Nanos Lazurinda v povprečju znaša med 70 g/m² in 100 g/m². Število nanosov je odvisno od namena uporabe izdelka. Sušenje pri enkratnem nanosu traja od 3 do 5 ur. Izdelek je uporaben 12 mesecev od dneva proizvodnje, skladiščen v originalni embalaži, pri temperaturi od -5 °C do +25 °C (Tehnični list, Helios, 1999).
- TESAROL emajl proizvajalca Helios je enokomponentno premazno sredstvo, zgrajeno iz alkidnega veziva, topil in pigmentov. Uporablja se za zaščito in dekoracijo lesenih ter kovinskih površin, kot so okna, vrata, lesene obloge, ograje itd. Tesarol emajl odlikujejo sijajni končni premaz, dobra pokrivnost, hitro sušenje, dobro razlivanje,

stabilen sijaj in niansa, dobra elastičnost ter trdota, dobra vremenska in svetlobna obstojnost ter enostavna uporaba. Predvsem pri belem in svetlih barvnih tonih se spreminja barvni ton (porumeni). Gostota premaznega sredstva znaša od 0,9 kg/l do 1,1 kg/l, poraba je odvisna od obdelanosti in vrste podlage in načina nanašanja, teoretično pa obdelamo 8 m² do 10 m² površine z 1 l. Sušenje pri +20 °C in 65 % relativni zračni vlažnosti traja od 6 do 8 ur na oprijem in 24 ur za nanos naslednjega sloja. Nanašamo lahko s čopičem, valjčkom, zračnim ali airless brizganjem. Izdelek skladiščimo v originalni embalaži pri temperaturi +5 °C do +35 °C (Tehnični list, Helios, 2002).

- 3017 LAZURIND (Top) bb izdelek iz Heliosa je enokomponentno premazno sredstvo tipa debeloslojne lazure, zgrajeno na osnovi alkidnega veziva, hidrofobnega sredstva in organskih topil. Lazura je namenjena kot končni premaz stavbnega pohištva, za notranjo uporabo (je brez UV zaščite). Vsebuje od 38 % do 40 % suhe snovi, gostota je od 0,86 kg/l do 0,89 kg/l. Barvni ton je rahlo rumenkast. Nanaša se s čopičem, valjčkom ali brizganjem (zračno ali airless). Nanos v povprečju znaša med 80 g/m² in 120 g/m² pri enkratnem nanosu. Priporoča se 1-2 tanjša nanosa. Pri normalnih pogojih traja sušenje od 4 do 6 ur, pri pospešenem (40 °C do 60 °C) pa se čas skrajša za polovico. Elemente naj se zlaga po 24-ih urah. Izdelek je uporaben 12 mesecev v originalni embalaži pri temperaturi od -5 °C do +25 °C (Tehnični list, Helios, 1999).
- RN 49/03 LAZURIND (top) ICP proizvajalca Helios je enokomponentno premazno sredstvo tipa debeloslojne lazure, zgrajeno na osnovi specialnega alkidnega veziva, transparentnih pigmentov, hidrofobnega sredstva in organskih topil. Lazura je namenjena kot končni premaz stavbnega pohištva, ki izboljša vremensko obstojnost in dimenzijsko stabilnost lesnih izdelkov. Vsebnost suhe snovi znaša med 38 % in 40 %, gostota je pribl. 0,90 kg/l. Niansa je rdeče rjava. Nanos, poraba, sušenje in rok uporabnosti so enaki kot pri premazu 3017 Lazurind top (Tehnični list, Helios, 2003).

3.1.2.4 Opis vodnih premaznih sredstev

- 18469 LAZURIND AQUATOP S23 proizvajalca Helios je debeloslojna lazura, zgrajena na osnovi specialnega akrilnega veziva, transparentnih pigmentov, vode in z

dodatkom vodooodbojnega sredstva. Izdelek se uporablja kot končna zaščita pri površinski obdelavi stavbnega pohištva in ostalega lesa, ki je izpostavljen vremenskim vplivom. Vsebnost suhe snovi je od 37 % do 40 %, gostota ca. 1 kg/l. Niansa je rjava. Nanaša se lahko z airless ali airmix brizganjem. Nanos v povprečju znaša 225 g/m^2 - 275 g/m^2 . Sušenje je odvisno od količine nanosa, načina aplikacije ter zunanjih pogojev (temperature, zračne vlage) in znaša pri enkratnem nanosu pri normalnih pogojih 45 min (suh na otip). Zlaganje lakiranih elementov je priporočljivo po 16 do 20 urah. Premazno sredstvo je uporabno 8 mesecev od dneva proizvodnje, skladiščeno v originalni embalaži, pri temperaturi od -5°C do $+25^\circ\text{C}$ (Tehnični list, Helios, 2001).

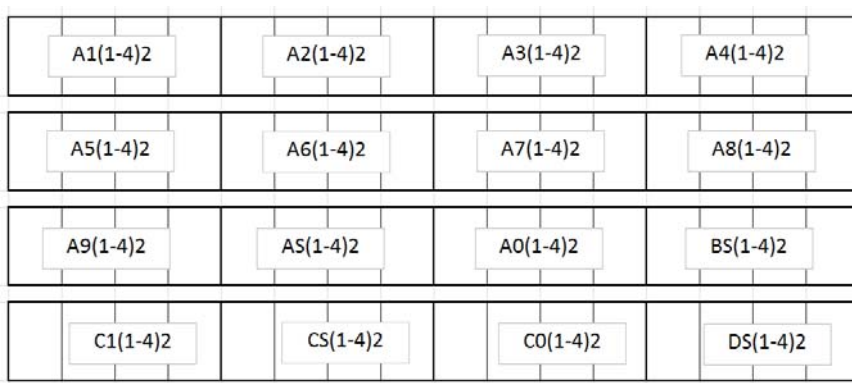
- 17314 LAZURIND AQUATOP BELI izdelek proizvajalca Helios, je premazno sredstvo, zgrajeno na osnovi specialne polimerne smole, vremensko obstojnih pigmentov, voska in vode. Izdelek je primeren za zunanjo in notranjo uporabo, predvsem kot vmesni in končni premaz pri površinski obdelavi stavbnega pohištva in ostalega lesa, ki je izpostavljen vremenskim vplivom. Vsebnost suhe snovi je od 49 % do 52 %, gostota pa 1,2 kg/l. Niansa je bela, polmat. Nanaša se lahko z brizganjem, airless ali airmix. Poraba je odvisna od aplikacije, v povprečju znaša pri enkratnem nanosu od 220 g/m^2 do 275 g/m^2 . Sušenje je odvisno od načina aplikacije in zunanjih pogojev (temperature, zračne vlage) in znaša okoli 4 do 5 ur. Skladišči se pri temperaturi od $+5^\circ\text{C}$ - $+25^\circ\text{C}$. Rok uporabe je 8 mesecev od dneva proizvodnje (Tehnični list, Helios, 2000).
- 17309 LAZURYND AQUATOP BB proizvajalca Helios je izdelek tipa debeloslojne lazure, zgrajen na osnovi specialnega akrilnega veziva, aditivov, vode in z dodatkom vodo odbojnega sredstva. Uporablja se za premazovanje stavbnega pohištva. Zaradi odsotnosti pigmentov zagotavlja slabšo zaščito pred UV – žarki in ni priporočljiv za uporabo kot samostojni premaz izdelkov, izpostavljenih neposredno vremenskim vplivom. Vsebnost suhe snovi je med 37 % in 40 %, gostota je 1 kg/l. Niansa je brezbarvna. Nanaša se lahko z airless ali airmix brizganjem. Poraba znaša v povprečju med 200 g/m^2 in 250 g/m^2 . Sušenje traja pri normalnih pogojih od 3 do 4 ure. Izdelek je uporaben 8 mesecev od dneva izdelave in se ga skladišči pri temperaturi od $+5^\circ\text{C}$ do $+25^\circ\text{C}$ (Tehnični list, Helios, 2001).

3.2 METODE

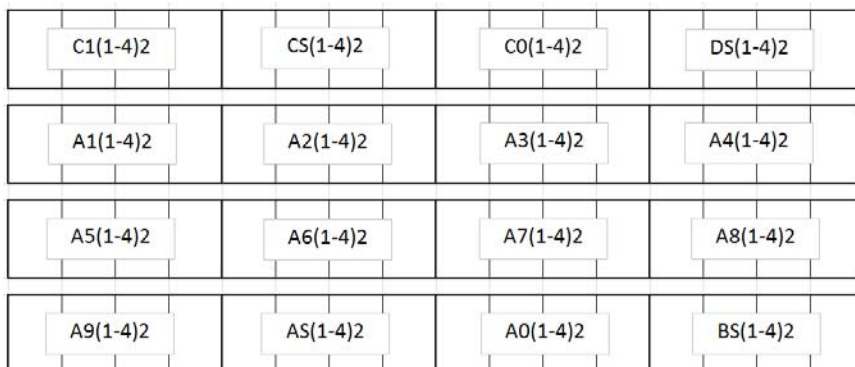
3.2.1 Umetno pospešeno staranje (UPS)

Skupino vzorcev, zaščitениh s premaznimi sredstvi, smo izpostavili umetnemu pospešenemu staranju v komori za UPS na Oddelku za lesarstvo v Ljubljani. Vse vzorce smo enakomerno zložili v komoro za UPS in sicer v štiri vrste, v vsaki vrsti po 16 vzorcev (slika 5). V komori se je odvilo 500 ciklov, pri tem, da je en cikel trajal 0,5 h. Zaradi enakomernejše izpostavljenosti vzorcev UPS, smo vzorce po 262-ih ciklih prerazporedili, kot kaže slika 6. V enem ciklu so bili vzorci polovico časa izpostavljeni učinku simulirane svetlobe, drugo polovico pa simuliranemu dežju. Učinek sonca smo dosegli z UV svetlobo, dež pa z destilirano vodo, ki smo jo preko šob razpršili na vzorce.

Čas izpostavljenosti v komori za UPS s 500 cikli, kar predstavlja 250 ur, je približen času enega leta staranja v naravi.



Slika 5: Razpored vzorcev v komori za UPS od 0-262 cikla

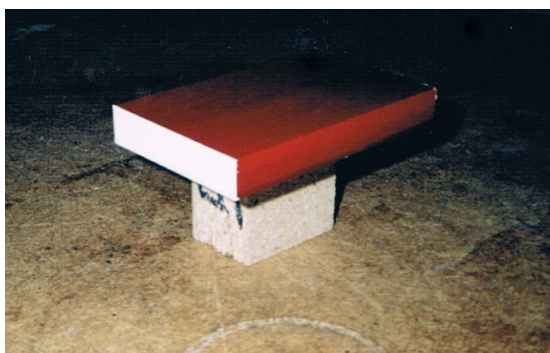


Slika 6: Razpored vzorcev v komori za UPS od 262-500 cikla

3.2.2 Določevanje prepustnosti za vodno paro

Premazovanje čel:

Da bi dobili čim boljše podatke o tem, kako vpliva na premaze UPS v povezavi z navzemom in oddajanjem vodne pare pri premazanih preizkušancih, smo na vseh vzorcih zaščitili čela z epoksidnim dvokomponentnim premaznim sredstvom (slika 7).



Slika 7: Premazovanje čel z epoksidnim dvokomponentnim premaznim sredstvom

Teste navzema in oddajanja vodne pare smo opravili v zaprti komori. Prvi test je potekal na vzorcih pred umetnim pospešenim staranjem. Navlaževanje vzorcev (absorpcija vlage) je potekalo 14 dni v zaprti komori z destilirano vodo, pri relativni zračni vlažnosti 100 % in temperaturi 22 °C. Sušenje (desorpcija) je potekalo 8 dni v zaprti komori, nad raztopino NaNO_2 pri relativni zračni vlažnosti 65 % in temperaturi 22 °C. Vzorce smo ponovno navlaževali 8 dni pri 100 % relativni zračni vlažnosti in temperaturi 22 °C ter sušili 14 dni pri 65 % relativni zračni vlažnosti in temperaturi 22 °C. Na isti način smo izvedli še test navzema in oddajanja vodne pare na vzorcih po umetnem pospešenem staranju.

Izračun navzema in oddajanja vodne pare:

Vzorcem smo izmerili maso pred preizkusom navzema in oddajanja vodne pare, dokler ni bila drugič izmerjena masa enaka prejšnji meritvi. Med preizkusom smo meritve opravili vsakokrat po absorpciji in desorpciji. Vzorce smo iz komore do merilnega mesta prenesli v plastični vreči, da ne bi zaradi nižje vlažnosti v prostoru izgubili preveč vlage, ker rezultati ne bi bili več točni.

Po vsakem preizkusu smo izračunali povprečne vrednosti meritev vsakega sistema. Iz dobljenih rezultatov smo izračunali absorpcijo oziroma desorpcijo vodne pare, izraženo v g. Ker smo imeli v vsakem sistemu po štiri vzorce, smo za izračun vzeli povprečno meritev mase vzorca pri absorpciji in povprečno meritev mase vzorca pri desorpciji, izražene v gramih (enačbe 2, 3 in 4).

$$\frac{Vzorec1+vzorec2+vzorec3+vzorec4}{4} = \text{povprečna masa (g)} \quad (2)$$

Enačbi za izračun absorpcije in desorpcije vodne pare:

$$\text{aborpcija vodne pare} = m_a - m_0 \quad (3)$$

$$\text{desorpcija vodne pare} = m_d - m_a \quad (4)$$

m_0 = začetna masa vzorca (g)

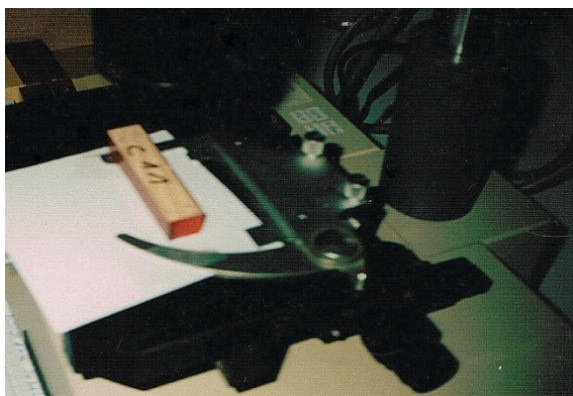
m_a = masa vzorca po absorpciji (g)

m_d = masa vzorca po desorpciji (g)

3.2.3 Določitev povprečne debeline nanosa premaznega sredstva

Na vzorce smo nanašali premazna sredstva s čopičem. Ko so se premazna sredstva posušila, smo vzorce dimenzij 400 mm × 70 mm × 14 mm razžagali na tri dele, dimenzij 110 mm × 70 mm × 14 mm. Pri tem smo odžagali tudi vzorec dimenzij 10 mm × 70 mm × 14 mm, ki je služil za določitev debeline nanosa premaznega sredstva.

Za določitev debeline premaznega sredstva smo uporabili stereo mikroskop Olympus s 120 × povečavo (slika 8).



Slika 8: Merjenje debeline filma premaza po standardu SIST EN ISO 2808:1999

Na vsakem vzorcu smo opravili po tri meritve. Iz tega smo izračunali povprečno debelino premaznega sredstva (v μm) na posameznem vzorcu in nato še celotnega sistema (en sistem je sestavljen iz štirih vzorcev).

3.2.4 Merjenje sijaja pred umetnim pospešenim staranjem in po njem

Vzorcem smo določili sijaj pred umetnim pospešenim staranjem in po njem. Za merjenje sijaja smo uporabili napravo Erichsen Glossmaster, s katero smo merili sijaj pod kotom 60° . Na vsakem vzorcu smo izvedli po tri meritve, v vzdolžni smeri glede na potek letnic. Vzorce, izpostavljene umetnemu pospešenemu staranju, smo očistili od nečistoč, ki so se v tem procesu pojavile, da bi dobili čim čistejšo površino in s tem posledično bolj verodostojne rezultate meritev sijaja. Podatke, ki smo jih dobili, smo preračunali v povprečne vrednosti sijaja posameznega sistema. Na grafu smo prikazali razlike med sijajem premaznega sredstva pred umetnim pospešenim staranjem in po njem. V preglednici 9 je navedena delitev premazov za les glede na sijaj.

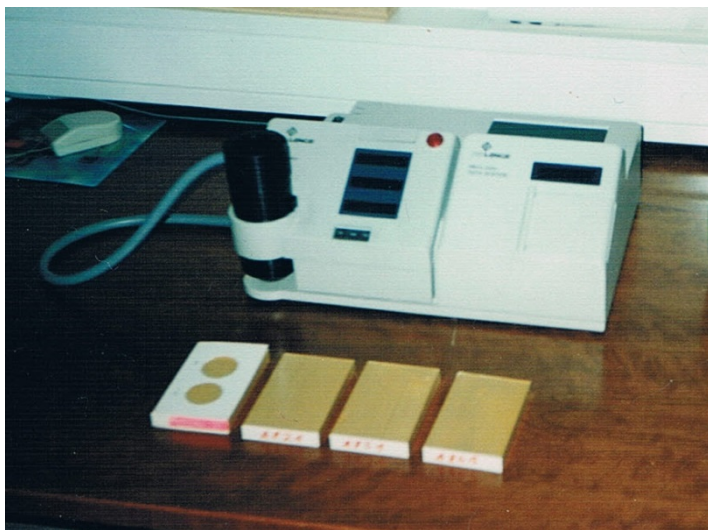
Preglednica 9: Delitev premazov za les, glede na sijaj (JUS D.E8.224, cit. po Tušar, 1995)

Lastnost površine premaza	Vrednost sijaja [%]
Visoko sijajna	Nad 80
Sijajna	61 – 80
Pol sijajna	41 – 60
Pol mat	21 – 60
Mat	1 – 20
Popolni mat	0

3.2.5 Merjenje barve pred UPS in po njem

Poleg spremembe sijaja, je tudi sprememba barve pokazatelj, kakšen vpliv imajo vremenski vplivi na izpostavljene vzorce. Zato smo z meritvami spremljali tudi razlike v barvi premaznega sredstva, ki so se pojavile zaradi izpostavitve umetnemu pospešenemu staranju.

Za merjenje barve smo uporabili diferenčno merilno napravo Microcolor Data Station (slika 9), proizvajalca dr. Lange ($d/8^\circ$ geometrija merjenja, 10° standard observer, D65 standardilluminant, xenon flash lamp source, CIEL*a*b* sistem) (ASTM D 2244-93).



Slika 9: Merjenje barve premaza po CIE L*a*b* sistemu

Na vzorce smo položili kartonsko šablono z dvema izrezanima okroglinama, na katero smo postavili merilec za barvo. Le ta je bil povezan z računalnikom, na katerem so se izpisovale vse izmerjene vrednosti. Iz vrednosti osi L^* in koordinat a^* in b^* smo za vsako meritev izračunali spremembo barve po enačbi (1) (poglavje 2.7.1)

Iz dobljenih rezultatov smo izračunali povprečja in za lažjo predstavitev rezultate le-te prikazali v grafu z barvnimi razlikam različnih premaznih sredstev, kot posledica izpostavitve umetnemu pospešenemu staranju.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 DEBELINA FILMA

Nanosi premaza so odvisni od vrste premaza, predvsem od deleža suhe snovi oz. viskoznosti in tudi od zahtevane količine nanosa po navodilih proizvajalcev. Nanos premaza in debelina filma sta med seboj praviloma povezana. Z večjim nanosom premaza običajno dosežemo tudi večjo debelino filma. Debelina filma je dodatno odvisna tudi od drevesne vrste. Nekatere drevesne vrste bolj vpijajo premazno sredstvo kot druge, pri isti vlažnosti lesa. Tako smo npr. ugotovili, da pri prvem nanosu les lipe bolj vpija premaze, kot les smreke.

Debelina filma je bila odvisna od vrste premaza. Filmi na vzorcih z oznakami A1 (RN 49/03 LAZURIND (Top) ICP), C1 (RN 49/03 LAZURIND (Top) ICP), A2 (LAZURIND) in A6 (3017 LAZURIND (Top) bb) so imeli neravno površino, težko smo tudi določili mejo med filmom in površino podlage. Les je močno vpijal premazna sredstva, na nekaterih mestih je bil film celo pretrgan (preglednica 10). Pri vzorcih z oznako A8(3017 LAZURIND (Top) bb + fotostabilizator) je bila površina filma dokaj enotna, nepretrgana, le na redkih mestih je bil film tanjši ali pretrgan. Film pa prav tako ni tvoril ravne površine, ampak je sledil hrapavosti podlage. Pri vzorcih z oznako A4 (TESAROL Emajl) film ni bil nikoli pretrgan, tvoril je zelo ravno površino, videl se jasn prehod les-film. Premaz se je prelil med lesna vlakna in pore in nato tvoril debel nepretrgan film, površina je bila gladka (preglednica 10).

Vzorci z oznakami A3 (18469 LAZURIND Aquatop S23), A7 (17309 LAZURIND Aquatop bb) in A9 (17309 LAZURIND Aquatop bb + fotostabilizator) so tvorili nepretrgan film, lepo se je videla razlika film-les. Premazno sredstvo je tvorilo raven film, ki pa je bil nekoliko hrapav (prilagaja se površini). Premazno sredstvo na vzorcih z oznako A5 (17314 LAZURIND Aquatop beli) je tvorilo gladek film, površina je bila zelo redko hrapava. Premazi s sredstvom Stipol-AF so prekrili celotno površino, in tvorili zelo debel film, kljub temu pa je bila površina hrapava. Vzrok je bil verjetno v zgradbi premaznega

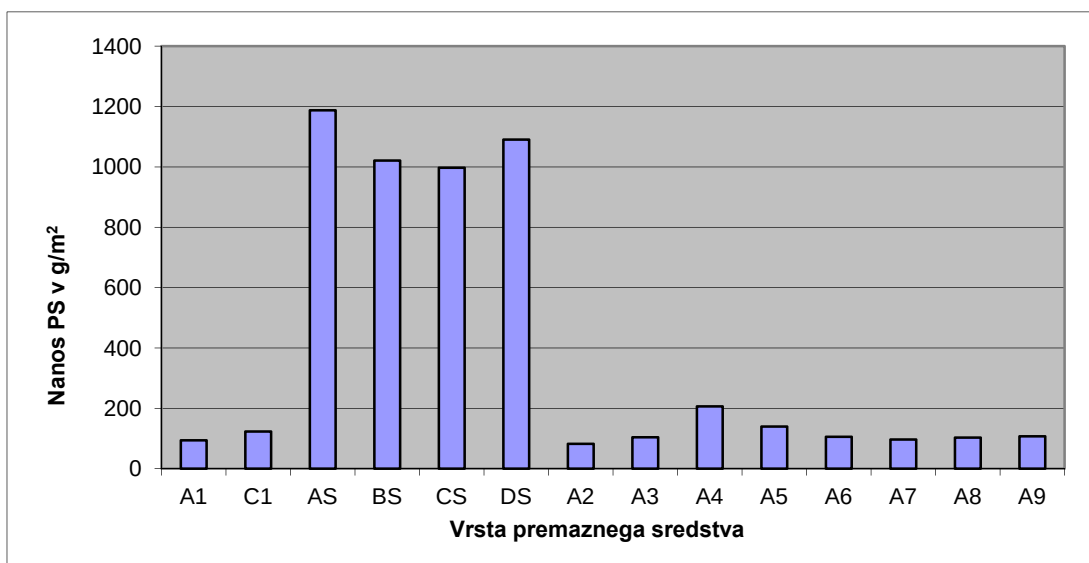
sredstva, saj le-to že po izgledu na oko vsebuje večja zrna, najverjetneje grobe pigmentne delce (preglednica 10).

Iz preglednice 10 in grafa na sliki 11 je razvidno, da je daleč najdebelejši film tvorilo sredstvo Stipol-AF (AS, BS, CS in DS). Izmed ostalih vzorcev je tvoril najdebelejši film vzorec A4 (TESAROL Emajl), najtanjši pa A2 (LAZURIND). Oba premaza vsebujeta alkidno vezivo. Precejšnjo razliko debeline v odvisnosti od podlage smo opazili pri premazu RN 49/03 LAZURIND (Top) ICP (A1 - smrekov les in C1 – lipov les). Na lesu smreke je bila debelina filma 61 μm , na vzorcu lipe pa le 37 μm .

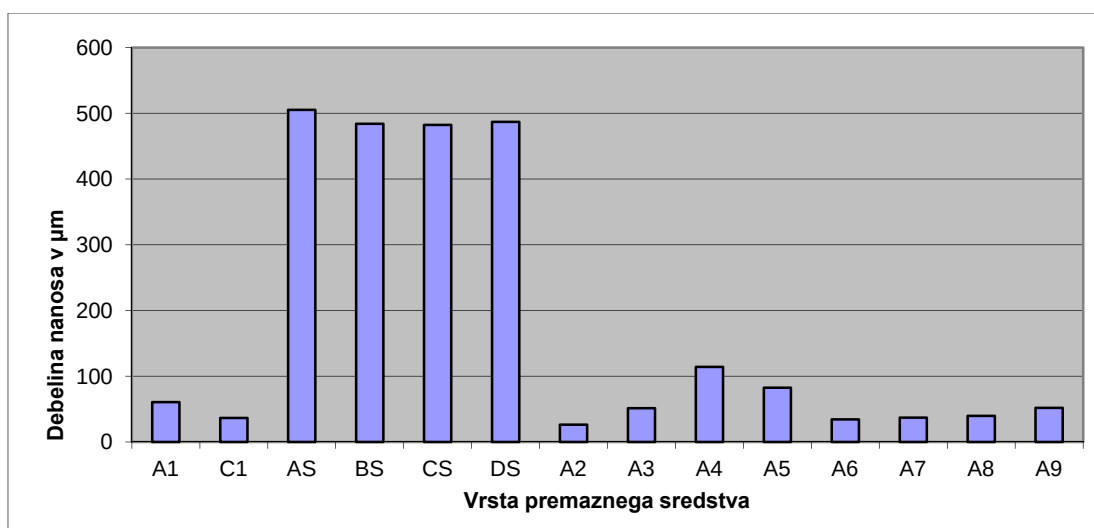
Iz slike 10 in 11 je jasno razvidno, da pri vzorcih AS, BS, CS in DS (vzorci lesa smreke in lipe premazani s premazom Stipol-AF), količine nanosov kakor tudi debeline filmov močno odstopajo od ostalih količin nanosa in debelin. Količine nanosov in debeline filmov so pri premazu Stipol-AF nekajkrat višje od ostalih premazov. Vzrok gre iskati v sestavi Stipola-AF. Glavni namen Stipola-AF je namreč zaščita čel svežega lesa (hlodovine in žaganega lesa) pred prehitro izsušitvijo in posledično pokanja. Zaradi druge funkcije od ostalih klasičnih, komercialnih premazov je tudi sestava premaza Stipola-AF drugačna.

Preglednica 10: Vrednosti vseh plasti mokrega nanosa premaza v g/m^2 in debelina suhega filma v μm

Oznaka preizkušancev	Seštevek vseh plasti mokrega nanosa premaza v g/m^2	Debelina suhega filma – seštevek vseh plasti v μm
A1	94	61
C1	123	37
AS	1188	505
BS	1021	484
CS	997	482
DS	1091	487
A2	82	26
A3	104	51
A4	206	114
A5	140	83
A6	106	34
A7	97	37
A8	103	40
A9	107	52

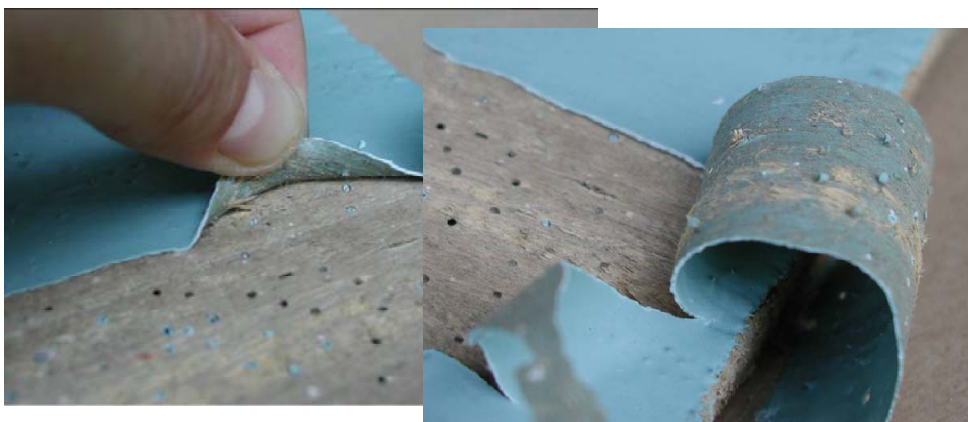


Slika 10: Seštevek vseh plasti mokrega nanosa premaza v g/m²



Slika 11: Debelina suhega filma – seštevek vseh plasti v µm

Kot navajajo Unger in sod. (2001, citat po Potočnik 2002), debelina filma premaza vpliva na sposobnost uvrstavanja insektov v les. Debelejši kot je premaz, težje insekti uvrstavajo vanj. Pri tem je seveda pomembna tudi sestava premaza. Iz tega podatka in rezultatov naših meritev se nakazuje možnost, da je med vsemi preizkušenimi premazi za naknadno zaščito z anoksi postopkom obdelanega lesa morda najbolj primerno sredstvo Stipol. Prednost Stipola je tudi, da se lahko z malo ali brez posledic odstrani iz vzorca (slika 12).



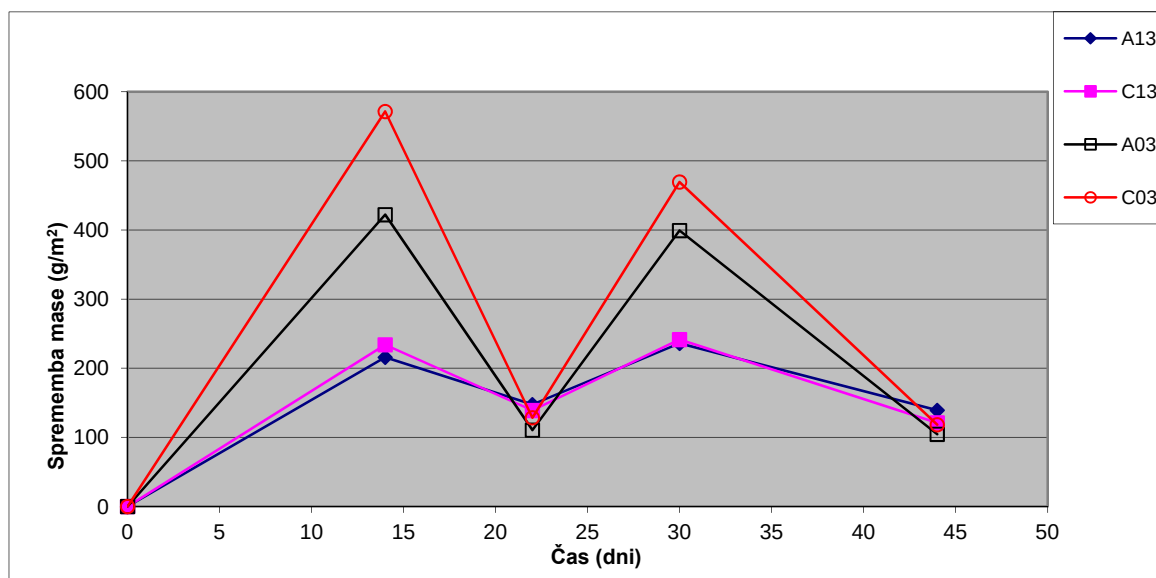
Slika 12: Ročno odstranjevanje premaza z realnih vzorcev (Foto:Potočnik, 2002)

4.2 ABSORPCIJA IN DESORPCIJA VODNE PARE PRI PREMAZANIH VZORCIH PRED UMETNIM POSPEŠENIM STARANJEM IN PO NJEM

4.2.1 Absorpcija in desorpcija pri vzorcih s premazom ICP in pri kontrolnem vzorcu

Absorpcija in desorpcija pred UPS

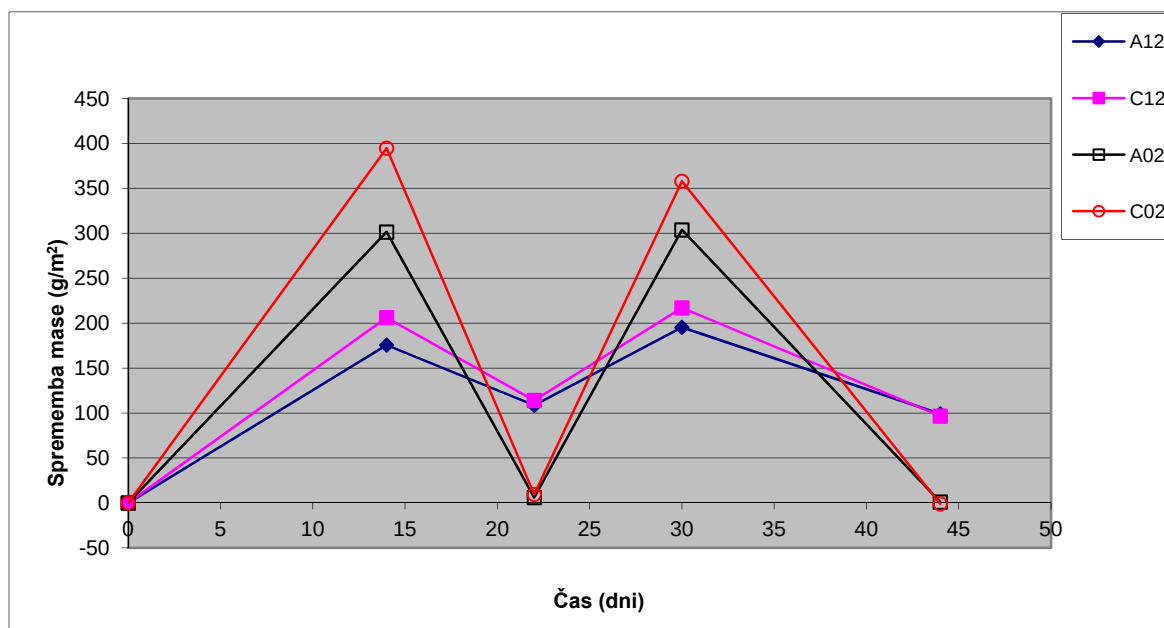
ICP je debeloslojni premaz na osnovi specialnega alkidnega veziva. Ta premaz smo nanesli na vzorce lesa smreke (A) in lipe (C). Že pri kontrolnih vzorcih so bila večja odstopanja absorpcije in desorpcije pri lesu lipe (C03) kot lesu smreke (A03) (slika 13). Tudi pri premazanih vzorcih vidimo večjo absorpcijo in desorpcijo pri vzorcu lipe (C13 - RN 49/03 LAZURIND (Top) ICP), vendar je razlika absorpcije in desorpcije premaza na smrekovem lesu zelo majhna. Iz tega lahko sklepamo, da je v primeru premaza ICP vpliv podlage (smrekov ali lipov les) na prepustnost površinskega sistema minimalen (slika 13). Če primerjamo rezultate meritev absorpcije in desorpcije vodne pare pri kontrolnih vzorcih z absorpcijo in desorpcijo pri premazanih vzorcih, vidimo da premaz ICP bistveno zmanjša permeabilnost površinskega sistema za vodno paro.



Slika 13: Absorpcija in desorpcija vlage pri vzorcih premazanih na osnovi ICP premazih pred UPS

Absorpcija in desorpcija po UPS

Rezultati za premaz ICP po UPS kažejo, da se pri kontrolnih vzorcih masa desorbirane vode v fazi desorpcije približa začetni masi vpite vodne pare, sta pa bila navzem vodne pare in njena desorpcija precej manjša kot pri nestaranih vzorcih. Spremembe mase zaradi absorpcije / desorpcije so pri zaščiteneh vzorcih bistveno manjše kot pri kontrolnih vzorcih in tudi nekoliko manjše kot pri premazanih vzorcih pred staranjem. Krivulja pa je po obliki podobna tisti, ki smo jo dobili z meritvami na nestaranih vzorcih. V obeh primerih je spreminjanje mase na vzorcih lesa lipe večje, kot na vzorcih lesa smreke (slika 14).



Slika 14: Absorpcija in desorpcija ICP premazov in kontrolnima vzorcema po UPS

Medsebojna primerjava adsorpcije in desorpcije pri nestaranih in staranih vzorcih torej pokaže, da je navzem vodne pare pri vzorcih, ki niso bili izpostavljeni UPS večji, kot pri vzorcih po UPS. Prav tako je bila desorpcija vodne pare pred UPS večja. To velja tako za kontrolne kot testne vzorce. Vzrok za ta pojav nam ni znan, predvidevamo, da v fazi umetnega pospešenega staranja premazi in les razpokajo, se dodatno navlažijo in kasneje več niso sposobni sprejeti toliko vlage kot pred UPS. Druga razlaga pri premazanih vzorcih bi lahko bila, da v fazi umetnega pospešenega staranja premazi spremenijo permeabilnost. Obe razlagi sta možni, če vemo, da vzorce po UPS nismo ponovno sušili in dosegli ravnovesne lesne vlažnosti, okoli 12 %.

4.2.2 Absorpcija in desorpcija pri vzorcih s topilnimi premaznimi sredstvi in pri kontrolnem vzorcu, pred staranjem in po njem

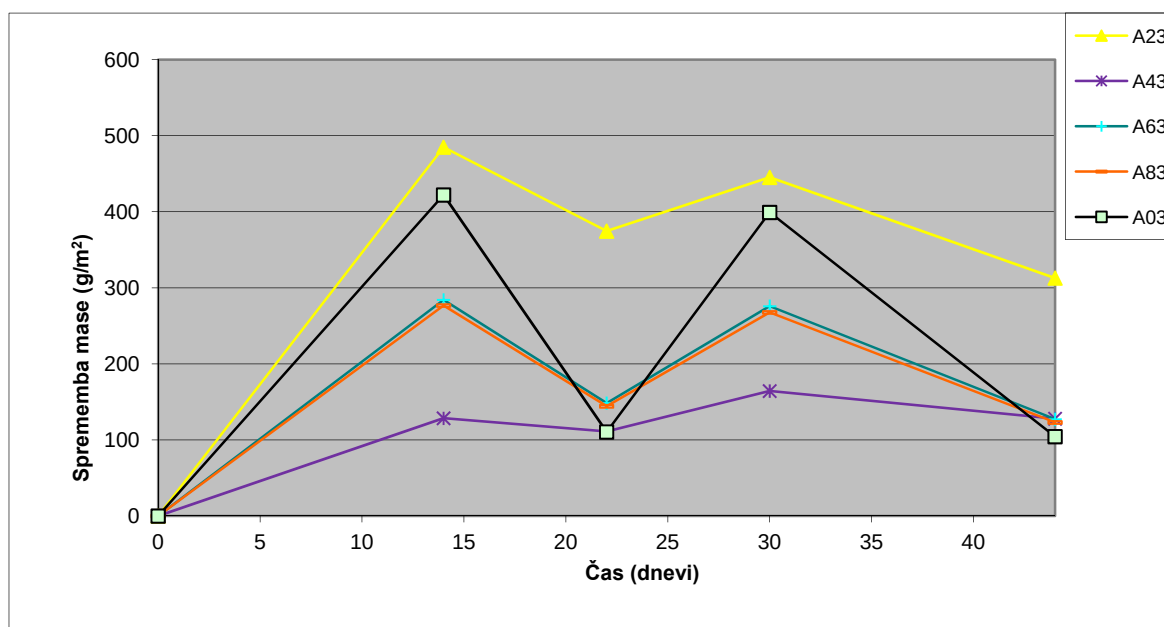
Absorpcija in desorpcija pred UPS

Navzem vode v fazi absorpcije in oddajanje vodne pare v fazi desorpcije sta najmanjša pri vzorcu A43 (TESAROL Emajl – alkidno vezivo). V skupini topilnih premazov smo pri tem tipu premaza izmerili največjo debelino filma (114 μm), kar je pričakovano vplivalo

na zabeležene rezultate. Iz grafa na sliki 15 je tudi razvidno, da je bil navzem vode v drugem ciklu merjenja celo nekoliko večji kot v prvem ciklu (slika 15).

Večje navzeme vode in oddajanje smo opazili pri vzorcih A63(3017 LAZURIND (Top) bb) in A83(3017 LAZURIND (Top) bb + fotostabilizator) (oba temeljita na alkidnem vezivu), krivulji pa sta bili v obeh primerih praktično identični. To je bilo pričakovati, saj gre za premazno sredstvo enake vrste, razlika je bila samo v njunem barvnem tonu (slika 15).

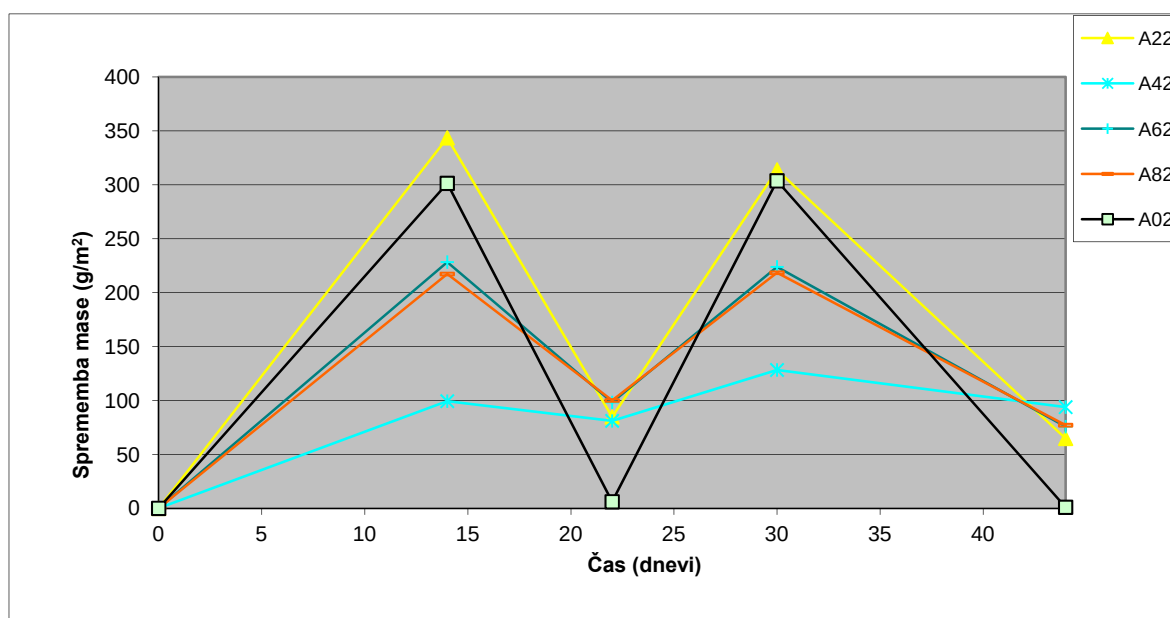
Na sliki 15 je v prvem delu grafa razvidno, da imata največji navzem vodne pare vzorca A23 (LAZURIND) (alkidno vezivo) in A03 (kontrolni vzorec smrekovine). Pri vzorcu A03 je to razumljivo, saj gre za kontrolni (nepremazan) vzorec. V nadaljevanju grafa vidimo, da ima vzorec A23 podobno desorpcijo in absorpcijo, kot vzorci A43 (TESAROL Emajl), A63 (3017 LAZURIND (Top) bb) in A83 (3017 LAZURIND (Top) bb) (slika 15). Kontrolni vzorec pa ima tudi v nadaljevanju grafa največjo oddajo in navzem vodne pare med vsemi (slika 15). Čeprav Rakuša (2004) v svoji diplomski nalogi ugotavlja, da debelina premaza bistveno ne vpliva na paropropustnost, vidimo iz našega primera na vzorcu A23(LAZURIND), da je vzrok za tako obnašanje prav gotovo v tem, da je to tankoslojni premaz, katerega debelina je znašala le 26 μm .



Slika 15: Adsorpcija in desorpcija pri nestaranih vzorcih, premazanih s topilnimi premaznimi sredstvi in pri kontrolnih vzorcih

Absorpcija in desorpcija po UPS

Pri vzorcih, izpostavljenih testu paropropustnosti po UPS, so bili rezultati podobni kot pred UPS. Vendar pri preizkušancih po UPS opazimo manjše spremembe mase zaradi navzema vodne pare (slika 16). Možno bi bilo, da je zaradi nabrekanja in krčenja lesa v fazi UPS premaz popokal in je skozi razpoke v les vdrla voda. Tako se je v tej fazi povečala vlažnost lesa. Les pri testu navzema in oddajanja vodne pare tako ni več mogel sprejeti toliko vlage, kot bi jo pri ravnotežni vlažnosti od 8 % do 10 %. To se vidi tudi iz podatkov o masah vzorcev, kjer je bila prva izmerjena masa nestaranih vzorcev manjša od začetne mase vzorcev pred določanjem navzema vodne pare, po izpostavitvi UPS (slika 16).



Slika 16: Adsorpcija in desorpcija vodne pare pri staranih vzorcih, premazanih s topilnimi premazi in pri kontrolnem staranem vzorcu

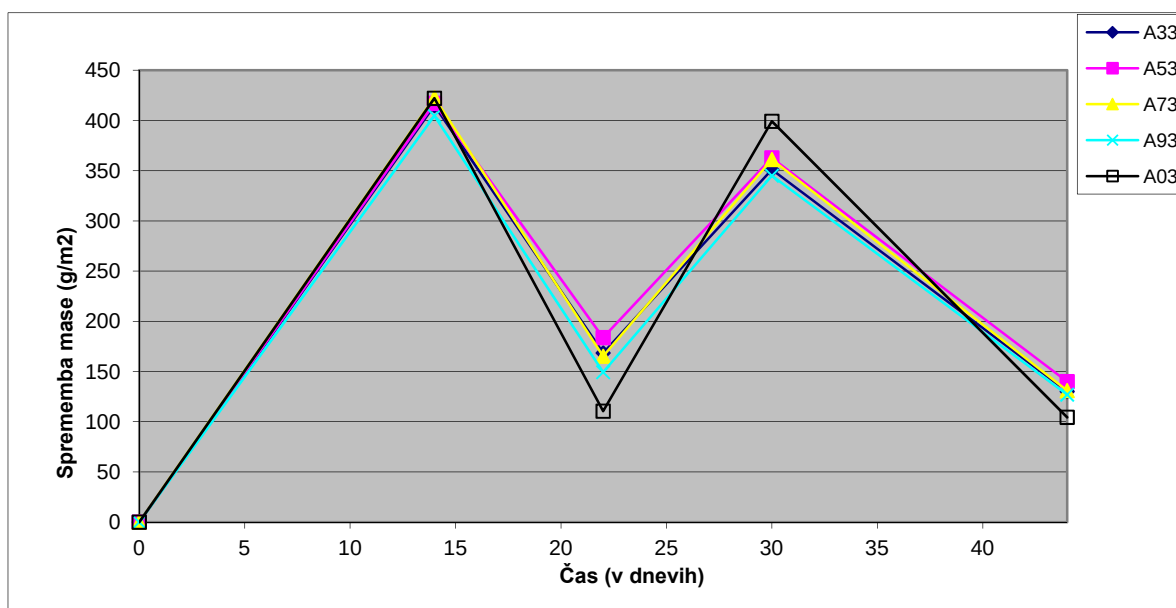
4.2.3 Adsorpcija in desorpcija vodne pare pri nestaranih in starnih vzorcih z vodnimi premaznimi sredstvi in pri kontrolnem vzorcu pred UPS in po njem

Absorpcija in desorpcija pred UPS

Pri vzorcih, premazanih s premaznimi sredstvi na vodni osnovi, je v primerjavi s kontrolnimi vzorci vidna manjša razlika v količini navzete (in oddane vode) v primerjavi z maso navzete (in posledično oddane) vode pri sredstvih s topilnimi premazi (slika 17). To

kaže na večjo prepustnost premazov na vodni osnovi v primerjavi s prepustnostjo topilnih premazov. Po prvih štirinajstih dnevih navlaževanja so vsi omenjeni vzorci dosegli zelo podobno stopnjo absorpcije vodne pare, ne glede na vrsto vodnega premaznega sredstva, ki je bila zelo podobna tudi navzemu vodne pare pri kontrolnih, nepremazanih vzorcih (slika 17). V naslednjih osmih dnevih pa smo pri desorpciji vodne pare opazili nekoliko večjo razliko med premazanimi vzorci in desorpcijo pri kontrolnem preizkušancu. Pri kontrolnem vzorcu je bila stopnja desorpcije največja. Vzorec A5 (17314 LAZURIND Aquatop beli) je v primerjavi z ostalimi preizkušanci izkazal nekoliko manjše razlike med količino navzete in desorbirane vodne pare, predvsem na račun faze desorpcije. Ta vzorec je imel približno od 40% do 55 % debelejši film kot ostali vzorci, vezivo pa je bila specialna polimerna smola, z dodatkom voska (slika 17).

V nadaljevanju poskusa med krivuljami na grafu na sliki 17 nismo opazili večjih razlik z vidika vrste vodnega premaznega sredstva, pričakovano je po razliki med količino navzete in oddane vode izstopal le kontrolni vzorec.

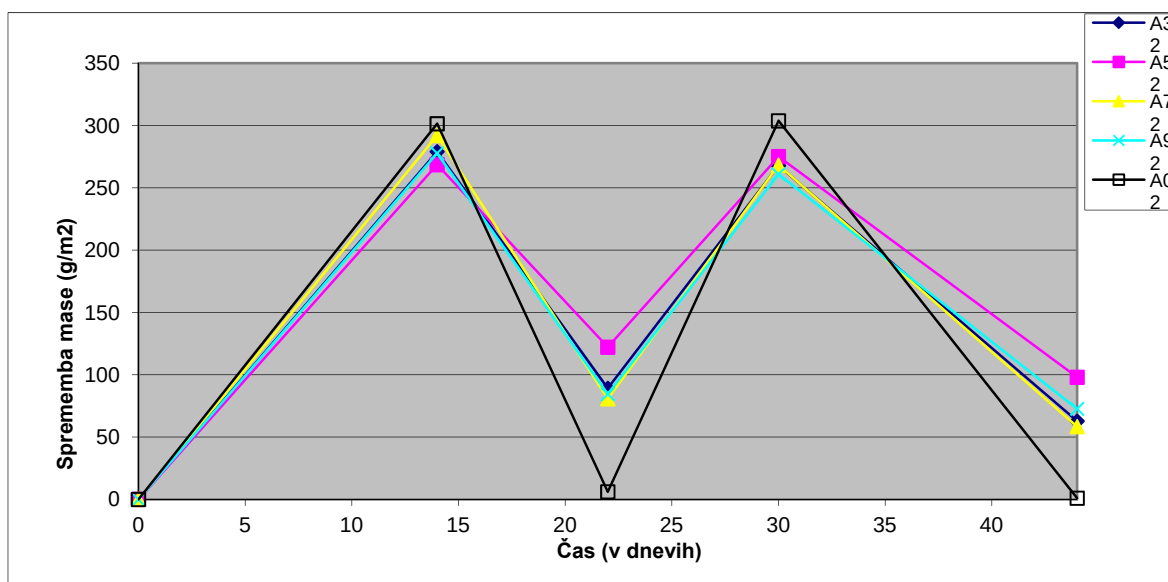


Slika 17: Adsorpcija in desorpcija pri nestaranih vzorcih, premazanih z vodnimi premazni sredstvi in pri nestaranem kontrolnem vzorcu

Absorpcija in desorpcija po UPS

Tako kot pri topilnih premazih, so bile krivulje tudi pri vodnih premazih na staranih vzorcih (po UPS, slika 18) podobni krivuljam nestaranih vzorcev (slika 17). Podobno kot

pri topilnih sistemih, pa smo tudi pri staranih vodnih premazih opazili manjše spremembe mase zaradi navzema vodne pare, v primerjavi s preizkušanci, ki niso bili izpostavljeni UPS (slika 18).



Slika 18: Adsorpcija in desorpcija vodne pare pri staranih vzorcih, premazanih z vodnimi premazi in pri staranem kontrolnem vzorcu

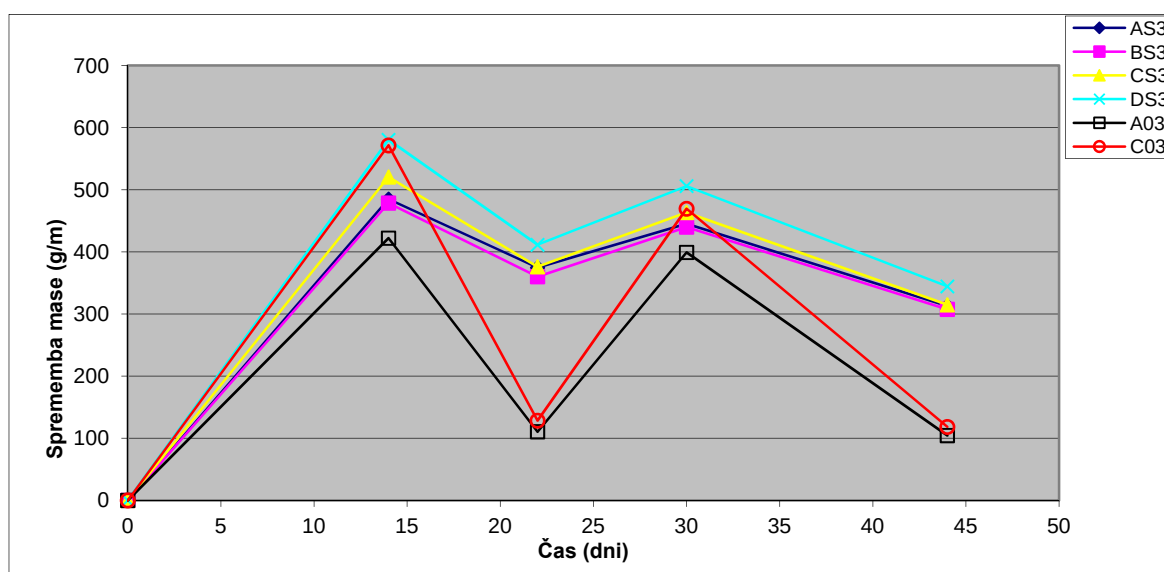
4.2.4 Absorpcija in desorpcija pri vzorcih, premazanih s sredstvom Stipol-AF, pred umetnim pospešenim staranjem in po njem

Absorpcija in desorpcija pred UPS

Pri vzorcih, premazanih s sredstvom Stipol-AF je zanimiv predvsem prvi del grafa, ki prikazuje prvo fazo absorpcije (slika 19). Kot lahko vidimo, je bil navzem vodne pare pri smrekovih premazanih vzorcih, ne pa tudi pri preizkušancih iz lipovine, v prvih 14 dnevih celo višji kot pri kontrolnem vzorcu. To bi lahko pomenilo, da poleg lesa tudi sam premaz absorbira vlago. Morda je to posledica sestave premaza ali pa premaz pred začetkom poskusa ni bil dovolj posušen ali kondicioniran.

V nadaljevanju poskusa je bilo obnašanje drugačno in pričakovano: pri vzorcih, premazanih s sredstvom Stipol, smo opazili bistveno manjšo desorpcijo in ponovno absorpcijo vlage od navzema in oddajanja vodne pare pri kontrolnem vzorcu. Pri preizkušancih, premazanih s sredstvom Stipol, smo večja nihanja pri navzemu in oddajanju

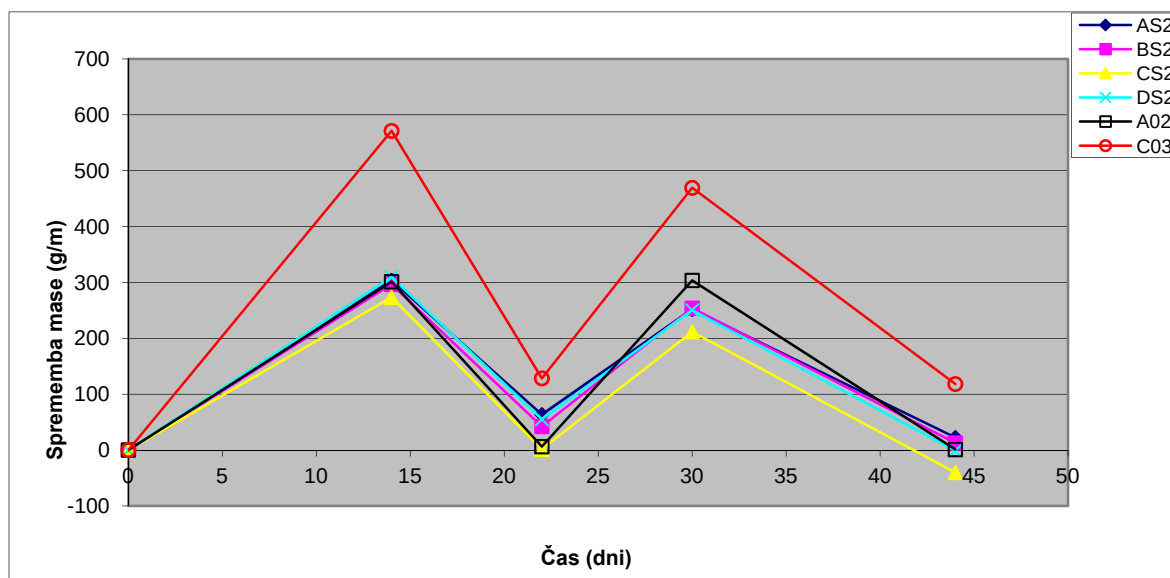
vodne pare opazili pri lipovih preizkušancih, manjša pa pri smrekovini. V primerjavi preizkušancev, premazanih s Stipolom-AF, kjer st podlagi starana smrekovina (CS3) ali staran lipov les (DS3), opazimo nekoliko večji navzem in oddajo vodne pare, kot pri preizkušancih iz nestarane smrekovine (AS3) in nestarane lipovine (BS3). V primerjavi preizkušancev CS3 in DS3 pa opazimo večji navzem in oddajo vodne pare pri preizkušancu DS3 (slika 19).



Slika 19: Adsorpcija in desorpcija pri vzorcih, ki so bili premazani s sredstvom Stipolom-AF in pri kontrolnem vzorcu, ki niso bili izpostavljeni UPS

Absorpcija in desorpcija po UPS

Pri preizkušancih, ki so bili pred poskusom navlaževanja in sušenja izpostavljeni UPS, smo opazili večji navzem in oddajo vodne pare na kontrolnem vzorcu lesa lipe (C03), kot pri vzorcih, premazanih s Stipolom-AF (AS2, BS2, BC2, BD2). Kontrolni vzorec smrekovine (A02) je imel podobne vrednosti kot preizkušanci, premazani s Stipolom-AF. Razlike med preizkušanci, premazanimi s sredstvom Stipol-AF so bile majhne. Nerazložljiv podatek smo dobili pri vzorcu CS2 (starana smrekovina, premazana s Stipolom-AF) v zadnji fazi desorpcije, kjer je vrednost izmerjene mase padla celo pod maso, izmerjeno pred poskusom (slika 20).



Slika 20: Adsorpcija in desorpcija pri vzorcih, premazanih s sredstvom Stipol-AF in pri kontrolnem vzorcu, ki so bili umetno pospešeno starani

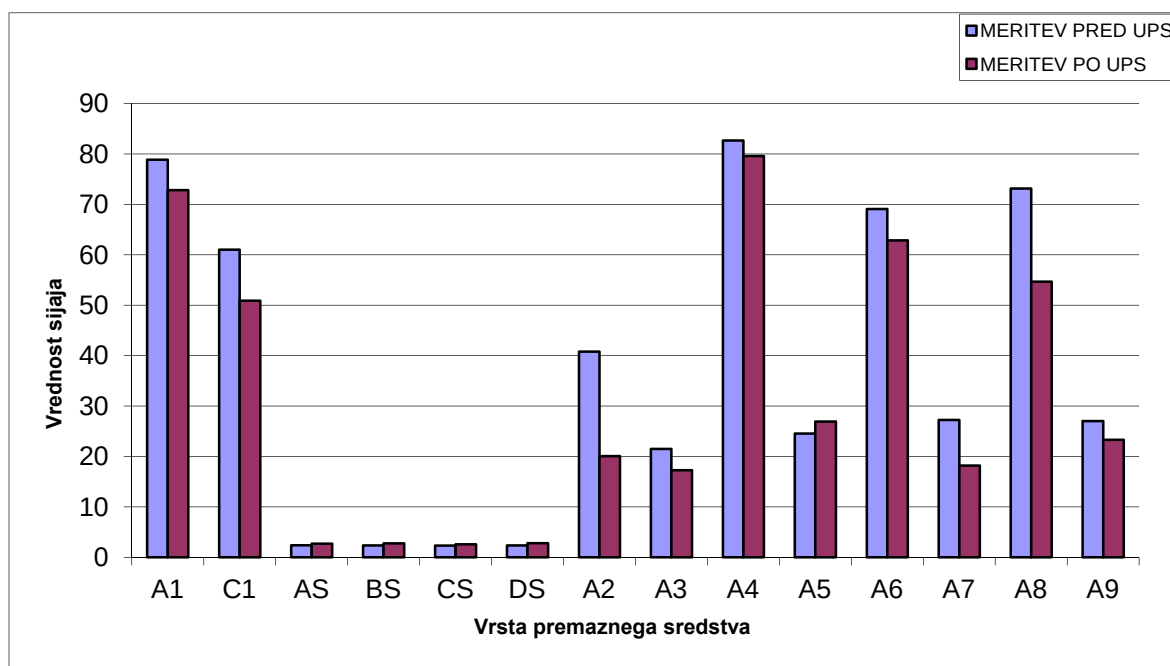
4.3 VPLIV UPS NA SIJAJ

Če opredelimo rezultate, ki smo jih dobili z meritvami sijaja glede na JUS D.E8.224, cit. po Tušar 1995 dobimo naslednje podatke (preglednica 11, slika 21):

- Stipol-AF premaz daje površine mat izgleda, vrednost sijaja na nestaranih preizkušancih (pred UPS) je bila komaj 2. Po UPS pa se je sijaj na teh preizkušancih malenkostno povečal, na vrednost 3.
- Pri premazu ICP je imel sijaj vrednosti med 61 in 79, kar pomeni da so sijajni. Pri tem naj omenimo, da smo pri premazu ICP na smrekovi podlagi zabeležili višjo vrednost sijaja (79), kot na podlagi lipe (61). V obeh primerih se je vrednost sijaja po UPS zmanjšala za približno 15 %.
- Pri vodnih lakih so se vrednosti sijaja gibale v območju med 22 in 27 (pol mat). Tudi pri teh premazih se je po UPS sijaja zmanjšal za približno 15 %.
- Vrednosti sijaja so bile na površinah, premazanih s topilnimi laki, med 41 do kar 83, kar jih uvršča med pol sijajne in sijajne.

Preglednica 11: Vrednosti sijaja na različnih premaznih sredstvih

Premazno sredstvo	Vrednost meritve po UPS	Premazno sredstvo	Vrednost meritve po UPS
A1	79	A1	73
C1	61	C1	51
AS	2	AS	3
BS	2	BS	3
CS	2	CS	3
DS	2	DS	3
A2	41	A2	20
A3	22	A3	17
A4	83	A4	80
A5	25	A5	27
A6	69	A6	63
A7	27	A7	18
A8	73	A8	55
A9	27	A9	23



Slika 21: Povprečna vrednost sijaja pred in po UPS

Raziskava je pokazala, da na sijaj vpliva tudi podlaga. Če primerjamo testna vzorca A1 in C1 vidimo, da je bil sijaj pri vzorcu A1 (podlaga smreka) sijaj višji kot pri vzorcu C1 (podlaga lipa). Vendar pa je sprememba sijaja zaradi izpostavitve UPS pri obeh vzorcih znašala okrog 15 %. Tako lahko potrdimo raziskavo Pavliča s sodelavci (2009), da podlaga

na spremembo sijaja ne vpliva. Po Braunu in Cobranchiu (v Pavlič s sodelavci, 2009) lahko to razložimo s tem, da je izključni vzrok za padec sijaja v strukturnih in kemijskih spremembah premazov oz. veziv.

4.4 BARVA PRED UMETNIM POSPEŠENIM STARANJEM IN PO NJEM

Zanimal nas je tudi vpliv staranja oz. umetnega pospešenega staranja (UPS) na barvo vzorcev. Najmanjše barvne spremembe smo zabeležili pri vzorcih C1 (RN 49/03 LAZURIND (Top) ICP), A1 (RN 49/03 LAZURIND (Top) ICP), A2 (LAZURIND), A3 (18469 LAZURIND Aquatop S23), A4 (TESAROL Emajl) in A5 (17314 LAZURIND Aquatop beli). Če pogledamo sestavo teh premazov, vidimo, da vsi ti premazi vsebujejo pigmente (slika 22).

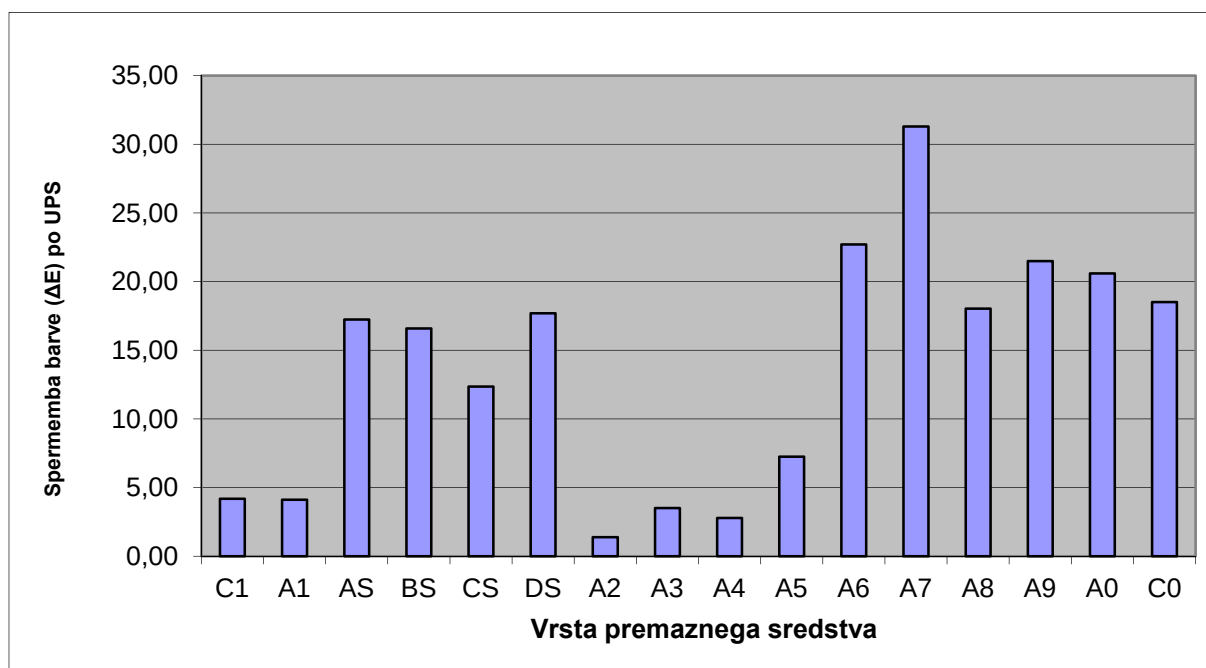
Največje spremembe barve zaradi staranja smo opazili pri vzorcih A6 (3017 LAZURIND (Top) bb), A7 (17309 LAZURIND Aquatop bb), A8 (3017 LAZURIND (Top) bb + fotostabilizator) in A9 (17309 LAZURIND Aquatop bb + fotostabilizator), pri čemer sta bili razliki barve zaradi staranja največji pri preizkušancih A6 (3017 LAZURIND (Top) bb) in A7 (17309 LAZURIND Aquatop bb) (slika 22). Če tudi v teh dveh primerih pogledamo sestavo premazov, ugotovimo da sta premaza A6 in A7 brez UV absorberja, kar je tudi vzrok za večjo barvno spremembo. Ti premazi so bili brezbarvni ali rahlo rumenkasti.

Vzorci, premazani s sredstvom Stipol-AF, so primerjalno izkazali srednjo vrednost barvne spremembe. Med kontrolnima vzorcema smo pri smrekovih preizkušancih ugotovili nekoliko večjo spremembo barve zaradi staranja kot pri lipovih vzorcih (slika 22).

Razliko gre iskati v sestavi lesa in sicer zaradi deleža lignina, ki je bolj občutljiv na UV svetlobo. Normalni zreli les večine iglavcev vsebuje (30 ± 4) % lignina, les listavcev iz zmernega pasu pa (25 ± 3) % (Čufar, 2006).

Potrdimo lahko raziskavo Pavliča s sodelavci (2009), ki so ugotovili, da se barva premazov in kontrolnih vzorcev po UPS spremeni. Tako so premazi z belim lak emajlom porumeneli, debeloslojni premazi pa so v koordinatnem sistemu pridobili na modri komponenti. Ne moremo pa potrditi njihove ugotovitve, da so največje barvne spremembe pri kontrolnih vzorcih. Naši rezultati kažejo, da sta premaza A6 (3017 LAZURIND (Top) bb), in A7

(17309 LAZURIND Aquatop bb), po UPS izkazala večjo spremembo barve kot kontrolni vzorci. Pričakovano smo tudi ugotovili, da prisotnost UV absorberja pozitivno vpliva na stabilnost barve med staranjem, saj so bile spremembe barve zaradi staranja pri preizkušancih A8 (3017 LAZURIND (Top) bb + fotostabilizator) in A9 (17309 LAZURIND Aquatop bb + fotostabilizator) nižje kot pri preizkušancih A6 in A7 (slika 22).



Slika 22: Sprememba barve po UPS na premaznih sistemih in pri kontrolnih vzorcih

5 SKLEP

Z raziskavo smo ugotavljali ustreznost površinskih premazov za naknadno zaščito lesa po izvedenem represivnem postopku zaščite z zaduševanjem, s katerim uničimo lesne škodljivce, predvsem insekte. S primerno izbranim površinskim premazom bi namreč lahko neprebarvane površine izdelkov kulturno-zgodovinske dediščine zaščitili pred ponovnimi napadi lesnih insektov. Ker se premazi med uporabo starajo, nas je zanimalo, kako se njihove lastnosti spremenijo zaradi izpostavitve UPS. Pri tem smo se osredotočili na prepustnost premaza za vodno paro, kar je pomembno z vidika možnosti ponovnih okužb z glivami in tudi na barvo in na sijaj.

Navzem in desorpcija vodne pare pri nepremazanih in premazanih preizkušancih pred izpostavitvijo UPS in po njej

Vsi vzorci so v začetni fazi izkazovali najvišjo absorpcijo vodne pare. V naslednjih fazah pa so preizkušanci navzeli in oddali manj vodne pare. To se je pokazalo tako pri nestaranih vzorcih kot pri vzorcih, ki so bili izpostavljeni UPS. UPS je imelo za rezultat manjšo absorpcijo in desorpcijo vodne pare, v primerjavi z nestaranimi vzorci. Največjo prepustnost vodne pare smo izmerili pri vzorcih s tankoslojnim alkidnim premazom A2 (smrekov les, LAZURIND) in pri vseh akrilnih premazih. Izrazito zmanjšanje absorpcije vodne pare v prvi fazi, po umetnem pospešenem staranju, smo zaznali pri preizkušancih, premazanih s sredstvom Stipol-AF.

Primerjava med kontrolnimi vzorci in premazi z alkidnimi vezivi pokaže, da sta bila navzem in oddajanje vode pri kontrolnih vzorcih bistveno večja, tako pred UPS, kot po staranju. Izjema je bil vzorec A2 (smrekov les, LAZURIND), ki je v prvi fazi izkazal večji navzem vodne pare kot je bil le-ta pri kontrolnih vzorcih. V nadaljevanju pa je bila prepustnost za vodno paro primerljiva z ostalimi preizkušanci z alkidnimi vezivi.

Absorpcija in desorpcija vodne pare sta si bili pri kontrolnih, nepremezanih preizkušancih in pri vzorcih, premazih z vodnimi premazi na osnovi akrilnih veziv, med seboj zelo podobni. To velja tako za nestarane vzorce, kot za vzorce izpostavljene UPS.

Pri nestaranih preizkušancih, premazanih s sredstvom Stipol-AF, smo v primerjavi s kontrolo, opazili večji navzem vodne pare v prvi fazi, v nadaljnjih fazah pa bistveno

manjši. Pri meritvah po UPS smo opazili, da je navzem vodne pare pri kontrolnih vzorcih bistveno večji kot pri preizkušancih, premazanih s Stipolom-AF. V nadaljevanju preizkusa so izkazovali kontrolni vzorci še vedno večji navzem in oddajanje vodne pare kot vzorci, premazani s Stipolom-AF, vendar razlika v spremembi mase več ni bila tako velika.

Pri kontrolnih, nepremazanih vzorcih, smo pričakovano ugotovili največji navzem vodne pare in desorpcijo. V prvi fazi je bilo prehajanje vodne pare bistveno večje v primeru nestaranih preizkušancev. Kasneje sta bili absorpcija in desorpcija pri staranih kontrolnih vzorcih nekoliko večji, kot na nestaranih preizkušancih.

Sijaj pred UPS in po njem:

Sijaj se je na vseh vzorcih po staranju zmanjšal. Najmanjšo spremembo sijaja, zaradi staranja, smo opazili pri vzorcih, ki so bili premazani s sredstvom Stipol-AF. Vendar pa daje ta premaz že sam po sebi površine z nizkim sijajem oz. mat izgledom.

Barva pred in po UPS:

Tudi barva vseh vzorcev se je po UPS spremenila. Najmanjšo barvno spremembo zaradi staranja so izkazali premazi, ki so vsebovali pigmente. Največje spremembe barve pa smo opazili pri brezbarvnih in rahlo rumenkastih premazih. Tako smo pri površinah, premazanih s sredstvom A6 (smrekov les, 3017 LAZURIND (Top) bb) in A7 (smrekov les, 17309 LAZURIND Aquatop bb) ugotovili celo večjo barvno spremembo, kot pri kontrolnih nepremazanih vzorcih. UV absorberji v premazu zmanjšajo spremembe barve zaradi staranja.

Izbira najprimernejšega premaza:

Osnovni namen naše raziskave je bil ugotoviti, kateri premaz je najprimernejši za naknadno zaščito lesa, v katerem smo z anoksi postopkom uničili lesne škodljivce (npr. za zadnje strani nabožnih kipcev). Ugotovili smo, da je najbolj primerno sredstvo Stipol-AF. Tvori debel film, je pigmentiran in delno prepusten za vodno paro. Potočnik (2002), je v svoji diplomski nalogi ugotovil tudi druge dobre lastnosti tega premaza, kot so: žilavost, odpornost proti temperaturnim spremembam, dobra oprijemnost in sposobnost reverzibilnosti.

6 POVZETEK

Škodljivce v lesenih predmetih kulturno zgodovinske dediščine lahko uničimo brez biocidov, s fizikalnimi metodami, kot je anoksi postopek. Površine teh predmetov, ki po izvedenem zaduševanju ostanejo izpostavljene ponovnemu napadu lesnih insektov, pa premažemo s tako imenovanimi bariernimi premazi, s čemer bi zmanjšali možnost ponovnega napada škodljivcev.

Vsak površinski premaz po določenem času, zaradi staranja, spremeni svoje prvotne lastnosti in s tem lahko izgubi tudi svojo zaščitno funkcijo. Zato smo v raziskavi ugotavljali, kako staranje vpliva na premaze, ki bi jih lahko uporabili kot barierne zaščitne premaze za naknadno zaščito. Cilj je bil poiskati premaz, ki je med preizkušenimi najbolj primeren za ponovno zaščito zadnjih strani lesenih predmetov (ki so brez polikromature) kulturno-zgodovinskih objektov, večinoma nabožnih plastik oz. kipcev. Ugotavljali smo, kako se zaradi staranja spreminjajo prepustnost za vodno paro, barva in sijaj.

Testirali smo deset različnih premazov na lesu smreke, lipe, starane smrekovine in starane lipovine. Za kontrolo smo uporabili vzorce iz nepremazane smrekovine in lipovine. Pred poskusi smo vsem premazom izmerili debelino filma. Vzorce smo razdelili v dve skupini in izmerili izbrane lastnosti pred umetnim pospešenim staranjem in po njem.

Najdebelejši film je tvorilo sredstvo Stipol-AF (480 μm). Med alkidnimi premazi je izkazal največjo debelino filma vzorec A4 (TESAROL Emajl) (114 μm), med akrilnimi pa A5 (17314 LAZURIND Aquatop beli) (83 μm). Najmanjšo debelino filma med alkidnimi premazi smo ugotovili pri vzorcu A2 (LAZURIND) (26 μm), med akrilnimi pa pri A7 (17309 LAZURIND Aquatop bb) (37 μm). Na debelino utrjenega filma premaza pa vpliva tudi vrsta podlage: tako je debelina filma enakega premaznega sredstva pri A1 (smrekov les, RN 49/03 LAZURIND (Top) ICP) imela vrednost 61 μm , na lipovini (C1) pa le 37 μm .

Sijaj vseh premazov, razen sredstva Stipol-AF in A5 (17314 LAZURIND Aquatop beli), se je po umetnem pospešenem staranju zmanjšal. Stipol-AF sicer že pred staranjem daje matirane površine, premazno sredstvo 17314 LAZURIND Aquatop beli (A5) pa polmat. Največji padec sijaja zaradi staranja sta izkazala vzorca A2 (LAZURIND) (iz razreda pol sijaj je prešel v razred pol mat) in A8 (3017 LAZURIND (Top) bb + fotostabilizator) (prehod iz razreda sijaj v razred pol sijaj).

Tudi barva se je po umetnem pospešenem staranju spremenila pri vseh premazanih in pri kontrolnih vzorcih. Največjo barvno spremembo sta izkazala vzorca A6 (3017 LAZURIND (Top) bb) in A7 (17309 LAZURIND Aquatop bb), ki ne vsebujeta UV absorberjev. Tudi veliko, a vseeno nekoliko manjšo, spremembo barve zaradi staranja sta pokazala vzorca A8 (3017 LAZURIND (Top) bb + fotostabilizator) in A9 (17309 LAZURIND Aquatop bb + fotostabilizator). Po drugi strani smo najmanjše spremembe barve opazili pri C1 (RN 49/03 LAZURIND (Top) ICP), A1 (RN 49/03 LAZURIND (Top) ICP), A2 (LAZURIND) A3 (18469 LAZURIND Aquatop S23) A4 (TESAROL Emajl) in A5 (17314 LAZURIND Aquatop beli). Ti premazi vsebujejo pigmente. Glede na barvne spremembe se je sredstvo Stipol-AF z rezultati uvrstilo približno na sredino vseh preizkušancev. Med kontrolnima vzorcema, se je barva nepremazane lipovine zaradi staranja spremenila manj kot barva smrekovega lesa.

Ugotovili smo, da so alkidni premazi na osnovi organskih topil za vodno paro manj prepustni od akrilnih premazov na vodni osnovi. Kot kaže, imajo sestavi premaza na prepustnost za vlago večji vpliv od debeline filma. Navzem vodne pare se je pri vseh vrstah preizkušancev po umetnem pospešenem staranju zmanjšal, desorpcija pa je ostala približno enaka.

Ugotovili smo, da je za naknadno zaščito lesa, v katerem smo z anoksi postopkom uničili lesne škodljivce (npr. za zadnje strani nabožnih kipcev) najbolj primerno sredstvo Stipol-AF. Tvori debel film, je pigmentiran in delno prepusten za vodno paro. Potočnik (2002) je v svoji raziskavi ugotovil še druge dobre lastnosti, tega premaza, kot so žilavost, odpornost proti temperaturnim spremembam, dobra oprijemnost. Prav tako lahko film tega premaza

po določenem času odstranimo s premazanega lesa z minimalnimi poškodbami, kar je pomembno z vidika načela reverzibilnosti na področju restavratorstva oziroma ohranitvi originalnosti lesne tvarine. Po drugi strani pa premaz Stipol-AF ni sijajen in ima zelen barvni odtenek, tako da je neprimeren za izdelke, ki zahtevajo estetski videz. Za izdelke, kjer bi bil pomemben tudi estetski videz, bi bili za barierne premaze najbolj primerni tisti, ki vsebujejo pigmente. Če je pomemben sijaj, ki bi moral biti čim bolj trajen, bi lahko izbrali premaz A8 (3017 LAZURIND (Top) bb + fotostabilizator). Vendar pa je pri tem potrebno upoštevati, da se njegova barva kljub temu, da vsebuje UV absorberje, med staranjem opazno spreminja.

7 VIRI

7.1 CITIRANI VIRI

- ASTM D 2244 – 93. Standard Test Method for Calculation of Color Differences From Instrumentally Measured Color Coordinates. 1993
- Benko R., Kervina-Hamović L., Gruden. M. 1987. Patologija lesa – lesna fitopatologija. Ljubljana, VTOZD za lesarstvo: 122 str.
- Bobnar J. 2003. Spremembe barve dimljene smrekovine. Diplomaska naloga. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 3 str.
- Bravery A.F., Carey J.K. 1995. Some data on the activity of alternative fungicides for wood preservation. Document 3333. IRG/WP: 16 str.
- Browne F.L. 1962. Wood properties and paint duration. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Madison, Miscellaneous publication No. 629.
- Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Univerzitetni učbenik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, oddelek za lesarstvo: 11 str.
- Dongen J., Boeke D., Klassen R., Bakker P. 1998. Development and Performance of New Generation Stains. V: Advances in Exterior Wood Coatings and CEN Standardization. PRA Conference, Brussels, 19-21 oct 1998. Teddington, PRA 1998: Paper 24
- EN ISO 4628-1 : 2003. Paints and varnishes – Evaluation of degradation of coatings.
- Feist W.C 1997. The challenges of Selecting Finishes for Exterior Wood. Forest Product Journal, 47,5: 16-20 str.
- Feist W.C., Hon D.N.S. 1984. Chemistry of Weathering and Protection. V: The chemistry of solid wood. Advances in chemistry series 207. Rowell R.M. (ur.) Washington, DC, American Chemical Society: 401-451 str.
- Findlay W.P.K. 1985. Preservation of timber in the tropics. Dordrecht, Nijhoff M., Junk w: 273 str.
- Gorišek in sod. 1994. Sušenje lesa. 1. izdaja. Ljubljana, Zveza društev inženirjev in tehnikov lesarstva Slovenije, Lesarska založba: 235 str.
- Gorišek Ž., Knehtl B. 1992. Vpliv površinske obdelave na dimenzijsko stabilnost bukovine. Les: 44,1-2:15-20
- Grosser D. 1985. Pflanzliche und tierische Bau- und Werkholzschädlinge. Leinfelden-Echterdingen, DRW-Verlag: 159 str.

- Hon D.N.S. 1991. Photochemistry of Wood. V: Wood and Cellulosic Chemistry. Hon D.N.S. Shraishi n. (ur.) New York, Marcel Dekker: 525-555
- Javoršek D. 2012. Od CIE kolorimetrije do modelov barvnega zaznavanja. Tekstilec 55, 3: 176-176
- Jirouš-Rajković V., Turkulin H. 2002. Svojstva drva i prevlake koja utječu na trajnost izloženog drva. Drvna industrija, 53,9-22:9-19
- Kervina-Hamović L. Patologija lesa. Lesna entomologija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo: 173 str.
- Kričej B. 1974. Postopki umetnega - pospešenega staranja premazov, namenjenih za površinsko obdelavo lesnih konstrukcij, izpostavljenih na prostem. Les, 26, 4: 131-133
- Kričej B. 1976. Umetno pospešeno staranje lazurnih in impregnacijskih premazov. Les, 28, 9-10: 179-184
- Kričej B., Pavlič M. 2007. Premazi za površinsko obdelavo lesenih talnih oblog – Vrednotenje kakovosti površinsko obdelanih lesenih talnih oblog, 3. del. Korak, 8, 5: 39-44
- Mihevc V. 1999. Surface treatment of wood in construction industry. V: Surface properties and durability of exterior wood building components. International conference, Zagreb, 30. apr 1999.
- Miller E.R. 1980. Exterior Wood Stains. Document 3135, IRG/WP: 5 str.
- Pavlič in sod. 2009. Vpliv umetno pospešenega staranja na lastnosti površinskih premazov na nemodificiranem in na modificiranem lesu. Lesena gradnja v Sloveniji. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, oddelek za lesarstvo: 14, 15 str.
- Pavlič M., Mihevc V. 2001. Zaščita lesa pred vremenskimi vplivi. Les, 53,1-2:15-16
- Pečenko G. 1987a. Zaščita lesa v praksi. Ljubljana: Zveza društev inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije: 38-40,44,53,84 str.
- Pečenko G. 1987b. Lazurni premazi za les. Les: 39,11-12:335-337
- Pohleven F. 1998. Zaščita lesa pred škodljivci. Gradbenik. Revija za gradnjo, sanacije in gradbene materiale: 2, 12:10-13
- Pohleven F. 2000. Lesni škodljivci in zaščita lesa. V: Restavriranje in zaščita pohištva. Strok. posvet. 11. Pohištveni sejem. Ljubljana. 22. sept. 2000. Dedina Šubelj s.p. 3
- Pohleven F. 2009. Zaščita lesene etnološke dediščine pred škodljivci. Glasnik SED 49/1,2:

80-81

- Pohleven F., Petrič M. 1992. Ekološke perspektive zaščite lesa pred škodljivci. Nova proizvodnja, 43,3: 94-98
- Potočnik P. 2002. Premazi za zaščito lesenih predmetov kulturne dediščine. Diplomaska naloga. Ljubljana. Biotehniška fakulteta, Odelek za lesarstvo: 42 str.
- Rakuša S. 2004. Primerjava prepustnosti premaznih sistemov za vodo in vodno paro. Diplomaska naloga. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 38 str.
- SIST EN 927-4. Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior wood – Part 4: Assessment of the water – vapour permeability. 2000: 6 pages
- SIST EN ISO 2808:1999 - Barve in laki - Ugotavljanje debeline plasti (ISO 2808:1997) – Paints and varnishes - Determination of film thickness (ISO 2808:1997)
- SIST EN ISO 2813:1999 - Barve in laki – Določevanje sijaja neefektnih premaznih sredstev pod koti 20°, 60° in 85° (ISO 2813:1994, vključno s tehničnim popravkom 1:1997)-Paintsand varnishes - Determination of specular gloss of non metallic paint films at 20°, 60° and 85° (ISO 2813:1994, Including Technical Corrigendum 1:1997)
- Tišler V., Gornik D., Cergolj P. 1990. Primerjava med vizualno in kromometrično metodo določanja barvnega tona lesne površine. Les, 7-8, 210 – 212
- Tušar S. 1995. Vpliv brušenja površine na stopnjo sijajnosti. Visokošolska diplomatska naloga. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 58 str.

7.2 DRUGI VIRI

- Tehnični list. Color Medvode. Dvokomponentni epoksidni premaz. Interni podatki Color Medvode, 2000
- Tehnični list. Helios. Lazurind. Interni podatki Heliosa. 1999
- Tehnični list. Helios. Lazurind aqua. Interni podatki Heliosa. 2001
- Tehnični list. Helios. RN 49/03 Lazurind (top) ICP. Interni podatki Heliosa. 2003
- Tehnični list. Helios. Tesarol emajl. Interni podatki Heliosa. 2002
- Tehnični list. Helios. 1739 Lazurind aquatop bb. Interni podatki Heliosa. 2001
- Tehnični list. Helios. 3017 Lazurind (top) bb Interni podatki Heliosa. 1999
- Tehnični list. Helios. 17314 Lazurind aquatop beli. Interni podatki Heliosa. 2000
- Tehnični list. Helios. 18469 Lazurind aquatop S23. Interni podatki Heliosa. 2001

Tehnični list. Silvaproduct. Stipol-AF. Interni podatki Silvaproduct. 2001

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Marku Petriču za koristne nasvete, usmeritve, čas in za pomoč pri nastajanju diplomske naloge.

Za vse koristne nasvete in recenzijo se zahvaljujem prof. dr. Francu Pohlevnu.

Prav tako se zahvaljujem asist. dr. Matjažu Pavliču za pomoč pri izdelavi meritev.

Posebna zahvala gre Petri, ki mi je stala ob strani in ves čas verjela vame.

Zahvaljujem se vsem, ki so kakor koli prispevali pri mojem študiju in pisanju diplomske naloge.

PRILOGEPriloga 1: Nanos premaza v g/m²

Oznaka vzorca	Premaz zgornje površine in oba robova	Premaz spodnje površine	Premaz zgornje površine in oba robova	Premaz spodnje površine	Premaz zgornje površine in oba robova	Premaz spodnje površine
AS 1	28,7	17,67	21,3	21,72		
AS 2	23,02	16,58	21,45	22,81		
AS 3	22,61	19,58	20,46	21,84		
AS 4	25,6	25,01	22,95	19,38		
BS 1	23,9	13,28	20,94	20,93		
BS 2	25,95	13,15	23,8	19,61		
BS 3	25,47	13,93	22,38	23,67		
BS 4	25,1	12,9	24,23	22,27		
CS 1	23,72	13,47	22,78	21,3		
CS 2	23	12,64	24,12	28,95		
CS 3	22,35	12,89	22,57	24,1		
CS 4	28,88	13,18	23,3	21,62		
DS 1	27,14	13,93	21,21	27,23		
DS 2	30	14,73	21,02	24,18		
DS 3	28,3	13,2	21,78	20,72		
DS 4	22,2	14,66	21,95	22,51		
A11	3,59	1,63	2,01	1,41	2,35	1,53
A12	3,2	1,83	1,97	1,45	2,15	1,59
A13	2,95	1,65	2,06	1,54	2,26	1,68
A14	2,85	1,49	1,83	1,54	2,44	1,65
C11	4,5	3,47	2,35	1,73	2,53	1,58
C12	6,08	2,98	2,08	1,66	2,45	1,72
C13	3,1	4,04	2,16	1,59	2,42	1,82
C14	6,3	3,1	2,59	1,52	2,39	1,59
A61	3,17	1,73	2,02	1,62		
A62	2,97	2,11	1,64	1,26		
A63	3,26	2,16	2,95	1,75		
A64	3,64	2,13	2,66	1,61		
A81	3,19	1,77	1,78	1,47		
A82	3,16	2,24	2,46	1,38		
A83	3,27	1,85	2,11	1,6		
A84	3,4	2,37	2,3	1,59		
A41	5,55	4,23	5,21	3,81		
A42	5,15	4,46	5,15	3,79		
A43	5,45	4,27	5,57	4,08		
A44	5,4	3,34	6	3,81		
A21	2,68	1,35	1,39	1,09	1,54	1,02
A22	2,54	1,35	1,64	1,24	1,57	1,13
A23	2,45	1,51	1,5	1,01	1,41	1,23
A24	3,6	2,19	1,52	1,07	1,51	1,02
A71	3,75	2,04	1,57	1,38	1,27	1,46

Oznaka vzorca	Premaz zgornje površine in oba robova	Premaz spodnje površine	Premaz zgornje površine in oba robova	Premaz spodnje površine	Premaz zgornje površine in oba robova	Premaz spodnje površine
A72	3,17	2,25	1,85	1,45	1,64	1,23
A73	4,04	2,35	2,19	1,63	1,71	1,56
A74	5,66	2,19	1,93	1,42	1,73	1,64
A91	4,45	2,68	2,5	1,73	1,98	1,7
A92	3,32	2,14	2,15	1,43	2,1	1,49
A93	4,16	2,44	2,33	1,51	2,37	1,68
A94	3,73	2,6	2,47	1,94	2,35	1,78
A51	3,74	2,4	2,74	2,17	3,47	2,56
A52	4,42	2,82	3,26	2,26	3,77	2,53
A53	4,56	2,71	3,07	2,24	3,82	2,33
A54	4,4	2,78	3,5	2,08	3,37	2,73
A31	3,45	2,12	2,37	1,38	1,77	1,69
A32	3,52	2,49	2,22	1,82	1,88	1,76
A33	4,7	2,87	2,73	2,05	1,97	1,47
A34	4,26	2,25	2,06	1,35	1,94	1,3

Priloga 2: Debelina filma (μm)

Oznaka preizkušancev	Merjena površina	Meritev levo	Meritev sredina	Meritev desno	Povprečna izmera filma	Povp. deb. filma v μm
A11	zgornja površina	0,9	1,0	0,9		62,25
	spodnja površina	0,6	0,6	0,5	0,75	
A12	zgornja površina	0,6	0,8	0,8		58,10
	spodnja površina	0,8	0,6	0,6	0,70	
A13	zgornja površina	0,9	1,0	0,7		73,32
	spodnja površina	0,8	0,9	1,0	0,88	
A14	zgornja površina	0,7	0,7	0,7		49,80
	spodnja površina	0,5	0,6	0,4	0,60	
C11	zgornja površina	0,5	0,5	0,5		34,58
	spodnja površina	0,3	0,4	0,3	0,42	
C12	zgornja površina	0,4	0,5	0,4		40,12
	spodnja površina	0,5	0,5	0,6	0,48	
C13	zgornja površina	0,6	0,5	0,5		35,97
	spodnja površina	0,4	0,3	0,3	0,43	
C14	zgornja površina	0,4	0,5	0,5		35,97
	spodnja površina	0,5	0,3	0,4	0,43	
A61	zgornja površina	0,4	0,5	0,5		33,20
	spodnja površina	0,3	0,3	0,4	0,40	
A62	zgornja površina	0,4	0,5	0,3		33,20
	spodnja površina	0,5	0,3	0,4	0,40	
A63	zgornja površina	0,5	0,4	0,4		31,82

Oznaka preizkušancev	Merjena površina	Meritev levo	Meritev sredina	Meritev desno	Povprečna izmera filma	Povp. deb. filma v μm
	spodnja površina	0,3	0,3	0,4	0,38	
A64	zgornja površina	0,5	0,6	0,5		
	spodnja površina	0,5	0,3	0,5	0,48	40,12
A81	zgornja površina	0,6	0,7	0,5		
	spodnja površina	0,3	0,5	0,5	0,52	42,88
A82	zgornja površina	0,5	0,7	0,8		
	spodnja površina	0,3	0,6	0,4	0,55	45,65
A83	zgornja površina	0,5	0,5	0,5		
	spodnja površina	0,4	0,5	0,4	0,47	38,73
A84	zgornja površina	0,5	0,4	0,4		
	spodnja površina	0,3	0,3	0,4	0,38	31,82
A41	zgornja površina	1,5	1,5	1,4		
	spodnja površina	1,5	1,3	1,2	1,40	116,20
A42	zgornja površina	1,5	1,6	1,4		
	spodnja površina	1,5	1,4	1,3	1,45	120,35
A43	zgornja površina	1,2	1,5	1,3		
	spodnja površina	1,1	1,4	1,2	1,28	106,52
A44	zgornja površina	1,8	1,7	1,5		
	spodnja površina	0,9	1,3	1,0	1,37	113,43
A21	zgornja površina	0,6	0,4	0,5		
	spodnja površina	0,2	0,3	0,2	0,37	30,43
A22	zgornja površina	0,5	0,4	0,3		
	spodnja površina	0,3	0,4	0,3	0,37	30,43
A23	zgornja površina	0,3	0,3	0,2		
	spodnja površina	0,2	0,2	0,3	0,25	20,75
A24	zgornja površina	0,5	0,3	0,2		
	spodnja površina	0,2	0,2	0,3	0,28	23,52
A71	zgornja površina	0,5	0,5	0,5		
	spodnja površina	0,3	0,4	0,6	0,47	38,73
A72	zgornja površina	0,6	0,6	0,7		
	spodnja površina	0,4	0,4	0,4	0,52	42,88
A73	zgornja površina	0,5	0,5	0,5		
	spodnja površina	0,3	0,5	0,4	0,45	37,35
A74	zgornja površina	0,6	0,5	0,6		
	spodnja površina	0,6	0,4	0,5	0,53	44,27
A91	zgornja površina	0,6	0,5	0,6		
	spodnja površina	0,4	0,5	0,4	0,50	41,50
A92	zgornja površina	0,5	0,4	0,6		
	spodnja površina	0,8	0,9	0,4	0,60	49,80

Oznaka preizkušancev	Merjena površina	Meritev levo	Meritev sredina	Meritev desno	Povprečna izmera filma	Povp. deb. filma v μm
A93	zgornja površina	0,8	0,8	0,7	0,73	60,87
	spodnja površina	0,8	0,6	0,7		
A94	zgornja površina	0,6	0,7	0,9	0,67	55,33
	spodnja površina	0,5	0,6	0,7		
A31	zgornja površina	0,6	0,5	0,7	0,55	45,65
	spodnja površina	0,3	0,5	0,7		
A32	zgornja površina	0,6	0,7	0,8	0,72	59,48
	spodnja površina	0,7	0,8	0,7		
A33	zgornja površina	0,6	0,6	0,8	0,58	48,42
	spodnja površina	0,6	0,4	0,5		
A34	zgornja površina	0,7	0,7	0,8	0,63	52,57
	spodnja površina	0,5	0,5	0,6		
A51	zgornja površina	1	0,9	1,1	1,02	84,38
	spodnja površina	1,1	1	1		
A52	zgornja površina	1	1	1,4	1,05	87,15
	spodnja površina	0,9	1	1		
A53	zgornja površina	0,8	0,9	0,9	0,93	77,47
	spodnja površina	1	0,9	1,1		
A54	zgornja površina	1	1,1	1,1	0,98	81,62
	spodnja površina	1	0,9	0,8		
DS1	zgornja površina	6	6,3	5,9	5,85	485,55
	spodnja površina	5,2	5	6,7		
DS2	zgornja površina	6,6	7,2	9,1	6,42	532,58
	spodnja površina	5,6	5,1	4,9		
DS3	zgornja površina	7,1	6,6	6,9	5,97	495,23
	spodnja površina	4,9	5,3	5		
DS4	zgornja površina	5	5,9	4,8	5,23	434,37
	spodnja površina	5	5,9	4,8		
AS1	zgornja površina	6,7	5,5	7,2	5,92	491,08
	spodnja površina	5,1	4,8	6,2		
AS2	zgornja površina	4,9	6,2	6	5,58	463,42
	spodnja površina	5,5	5,8	5,1		
AS3	zgornja površina	7,8	7,5	5,5	6,10	506,30
	spodnja površina	5,6	5	5,2		
AS4	zgornja površina	6,1	7,1	7,2	6,75	560,25
	spodnja površina	6,6	6,4	7,1		
BS1	zgornja površina	6	6,3	5,9	6,05	502,15
	spodnja površina	6,9	5,8	5,4		
BS2	zgornja površina	6,3	7	4,9	5,95	493,85
	spodnja površina	6,7	5,9	4,9		

Oznaka preizkušancev	Merjena površina	Meritev levo	Meritev sredina	Meritev desno	Povprečna izmera filma	Povp. deb. filma v μm
BS3	zgornja površina	6,6	7,3	6,5	6,10	506,30
	spodnja površina	6	5	5,2		
BS4	zgornja površina	6	5,3	5	5,23	434,37
	spodnja površina	5,2	5	4,9		
CS1	zgornja površina	6,1	6	5,5	5,73	475,87
	spodnja površina	6,1	5,2	5,5		
CS2	zgornja površina	5,6	6,5	6,4	5,75	477,25
	spodnja površina	5,3	5,1	5,6		
CS3	zgornja površina	5,5	5,6	5,2	5,72	474,48
	spodnja površina	5,4	6,7	5,9		
CS4	zgornja površina	5,4	5,6	9,2	6,05	502,15
	spodnja površina	5	5,5	5,6		

Priloga 3: Sijaj pred umetnim pospešenim staranjem in po njem

Oznaka preizkušanca	Merjenje sijaja pred UPS			Merjenje sijaja po UPS		
	Meritev levo	Meritev sredina	Meritev desno	Meritev levo	Meritev sredina	Meritev desno
C112	64,5	60,2	65,2	58,1	51,5	57,6
C122	64,5	68	72,9	51,8	52,3	49,2
C132	51,2	63,1	65	45,8	58	56,7
C142	51,6	53,1	53	42,5	43,7	43,6
A112	81,8	82,8	83,5	76,9	78,2	78,9
A122	79,5	78	83,7	72,7	70,8	74,5
A132	80	75,2	70,3	77,4	73,5	67,1
A142	77,8	77,4	76,5	66,8	68	69,1
A812	84,9	84,6	85	81,6	79,2	78,6
A822	53,8	65,3	70,5	40,1	47,1	54,4
A832	79,2	77,8	78,3	53,2	45,2	37,3
A842	70,3	62,7	65,5	45	42,7	51,8
A612	75,2	78,2	73,2	75,6	71,2	66,9
A622	75,5	79,3	77,3	68,2	70,4	68,2
A632	65,3	75,2	72,8	64,6	63,4	63,1
A642	58,9	52,8	45,4	53,8	47	42
A912	21,8	21,2	22	17,4	17,4	18,3
A922	31,3	30,6	30,5	36,4	39,2	37
A932	29,6	30,3	30,9	21,8	23,6	25,2
A942	24	26	25,9	13,2	16,4	13,7
A212	49,4	43,7	47	23,2	21,7	22,3
A222	47,5	49	49,7	24,2	23,5	23,8
A232	46,6	37,5	35,3	22,5	18,4	17,4
A242	30,5	28,9	24,5	16,9	14,8	12,3
A312	24,3	25,9	26,2	22,8	24,4	23,7
A322	18,7	20,8	21,8	13	14	13,5
A332	15,7	15,7	15,8	9,5	9	9,2
A342	24,9	24,9	23,3	23,5	22,7	21,8

Oznaka preizkušanca	Merjenje sijaja pred UPS			Merjenje sijaja po UPS		
	Meritev levo	Meritev sredina	Meritev desno	Meritev levo	Meritev sredina	Meritev desno
A512	23,3	22,9	23,3	24,9	22,4	24,2
A522	25,2	24,6	24,7	31,5	29,5	28,7
A532	25,2	24,3	24,5	27,8	27,3	27
A542	26	25,7	25	27,2	26,6	25,9
A412	84,4	84,8	84,6	78,4	79,8	80,2
A422	82,9	82,3	81,6	79,9	80,3	77,2
A432	83,8	83,2	83,2	82	82,6	82,5
A442	80,9	78,9	81,4	77,7	76,8	77,9
A712	29,6	31,3	31,2	12,8	10,2	15,1
A722	29,2	26,9	27,1	25,7	22,5	21,8
A732	22	21,4	24,8	20	14,9	16,5
A742	27,7	28,6	27,3	18	19,7	21,2
CS12	2,3	2,3	2,3	2,4	2,5	2,5
CS22	2,3	2,3	2,3	2,5	2,5	2,5
CS32	2,3	2,4	2,4	2,6	2,6	2,6
CS42	2,3	2,3	2,3	2,7	2,7	2,6
BS12	2,3	2,3	2,3	2,9	2,9	2,9
BS22	2,3	2,3	2,3	2,7	2,7	2,7
BS32	2,4	2,4	2,3	2,7	2,7	2,7
BS42	2,4	2,4	2,4	2,8	2,7	2,7
AS12	2,4	2,4	2,4	2,9	2,8	2,9
AS22	2,4	2,4	2,4	2,8	2,8	2,7
AS32	2,4	2,4	2,4	2,6	2,6	2,6
AS42	2,3	2,3	2,3	2,6	2,6	2,6
DS12	2,3	2,4	2,3	2,8	2,7	2,8
DS22	2,3	2,3	2,3	2,8	2,8	2,8
DS32	2,3	2,4	2,4	2,9	2,9	2,8
DS42	2,4	2,4	2,4	2,8	2,8	2,8

Priloga 4: Rezultati merjenja barve po metodi CIEL*a*b*

Merjenje pred UPS C112-C142			
	L*	a*	b*
1	35,00	41,83	11,88
2	34,60	42,23	12,60
3	33,77	38,87	10,23
4	34,19	38,76	10,48
5	33,35	36,00	9,03
6	33,35	37,91	9,97
7	35,20	41,96	12,23
8	34,80	40,09	12,00

Merjenje po UPS C112-C142			
	L*	a*	b*
1	34,80	36,73	9,30
2	34,40	38,12	9,92
3	32,92	35,26	9,70
4	32,92	36,92	9,70
5	33,35	32,21	6,79
6	32,92	34,83	9,22
7	34,60	37,87	9,83
8	34,19	36,26	10,02

Merjenje pred UPS A112-A142			
	L*	a*	b*
1	33,77	40,95	10,23
2	33,35	41,90	10,92
3	32,70	39,38	9,80
4	32,92	38,98	10,18
5	33,35	40,97	10,44
6	33,14	39,91	9,60
7	32,48	37,02	9,42
8	33,14	37,47	8,66

Merjenje po UPS A112-A142			
	L*	a*	b*
1	33,98	36,06	7,88
2	33,56	37,90	8,94
3	33,14	34,72	8,66
4	32,92	36,21	8,29
5	33,77	36,71	8,40
6	33,56	36,71	9,40
7	32,70	34,48	7,45
8	32,48	33,89	8,47

Merjenje pred UPS A812-A842			
	L*	a*	b*
1	81,51	4,81	25,20
2	81,62	4,75	25,26
3	81,73	5,41	25,97
4	81,89	5,39	25,86
5	82,00	4,51	23,99
6	81,95	4,70	24,02
7	81,46	5,23	25,11
8	81,02	5,10	25,93

Merjenje po UPS A812-A842			
	L*	a*	b*
1	72,36	12,68	40,70
2	73,29	11,91	39,78
3	74,51	11,34	38,32
4	74,38	11,28	38,88
5	73,68	11,55	39,44
6	73,68	11,27	38,84
7	71,55	12,59	39,52
8	71,01	13,18	39,45

Merjenje pred UPS A612-A642			
	L*	a*	b*
1	83,18	4,63	23,16
2	83,23	4,65	22,52
3	80,96	6,09	25,83
4	80,24	6,33	26,48
5	82,32	4,88	23,16
6	82,43	5,01	23,22
7	82,97	5,12	24,02
8	82,86	4,92	24,71

Merjenje po UPS A612-A642			
	L*	a*	b*
1	73,74	12,86	42,65
2	73,68	12,03	42,75
3	71,55	13,40	41,71
4	71,28	13,21	42,37
5	71,55	13,38	43,76
6	71,76	13,49	43,65
7	72,76	13,00	42,90
8	72,09	13,24	43,77

Merjenje pred UPS A912-A942			
	L*	a*	b*
1	84,89	3,91	18,91
2	85,05	3,90	18,84
3	84,89	3,53	17,59
4	83,91	3,92	18,56
5	84,07	3,76	17,93
6	84,33	3,78	17,71
7	84,02	4,31	18,40
8	83,34	4,59	18,59

Merjenje po UPS A912-A942			
	L*	a*	b*
1	73,80	12,32	36,92
2	74,38	12,02	36,77
3	75,33	11,30	34,40
4	75,39	11,24	34,51
5	74,70	11,50	34,92
6	74,76	11,44	35,03
7	73,15	12,30	35,99
8	72,50	12,41	36,21

Merjenje pred UPS A212-A242			
	L*	a*	b*
1	33,56	27,29	7,16
2	33,35	25,26	6,79
3	33,35	29,67	7,67
4	33,35	27,80	8,12
5	32,92	25,17	6,49
6	32,48	24,47	6,17
7	32,03	19,52	4,96
8	32,70	21,94	5,67

Merjenje po UPS A212-A242			
	L*	a*	b*
1	32,7	28,55	7,91
2	32,7	26,44	7
3	32,92	29,83	8,75
4	32,7	29,6	8,38
5	32,48	25,74	8
6	32,26	24,37	7,15
7	31,81	19,53	5,46
8	31,81	23,29	5,91

Merjenje pred UPS A312-A342			
	L*	a*	b*
1	48,64	15,67	27,10
2	47,24	15,04	25,83
3	46,31	15,94	25,01
4	48,26	16,32	27,21
5	41,69	13,67	19,05
6	42,31	13,81	20,54
7	46,58	15,21	25,47
8	45,63	15,29	24,64

Merjenje po UPS A312-A342			
	L*	a*	b*
1	44,66	18,12	25,01
2	44,09	17,42	24,45
3	43,65	17,97	23,70
4	45,50	18,25	26,88
5	40,08	14,76	19,28
6	40,41	15,11	18,97
7	44,38	18,38	24,94
8	43,80	17,78	23,95

Merjenje pred UPS A512-A542			
	L*	a*	b*
1	95,87	0,09	1,67
2	95,79	0,24	1,68
3	96,12	-0,01	1,89
4	96,04	0,17	1,82
5	96,00	0,06	1,74
6	96,08	0,02	1,81
7	96,12	-0,08	2,03
8	96,04	0,13	1,89

Merjenje po UPS A512-A542			
	L*	a*	b*
1	94,14	0,25	8,04
2	93,93	0,45	8,31
3	94,27	0,37	8,42
4	94,27	0,38	8,74
5	94,10	0,54	8,77
6	94,14	0,39	8,76
7	93,84	0,41	9,47
8	93,67	0,45	9,75

Merjenje pred UPS A412-A442			
	L*	a*	b*
1	96,16	-0,06	2,61
2	96,00	0,15	2,47
3	95,87	-0,06	2,63
4	96,00	-0,03	2,55
5	96,04	-0,03	2,55
6	96,12	0,01	2,47
7	96,12	0,15	2,47
8	96,08	0,12	2,54

Merjenje po UPS A412-A442			
	L*	a*	b*
1	95,12	0,28	5,47
2	95,08	0,36	5,63
3	95,12	0,34	5,01
4	95,20	0,38	4,92
5	95,12	0,21	5,32
6	95,41	0,29	4,45
7	94,99	0,18	5,71
8	95,16	0,33	4,70

Merjenje pred UPS A712-A742			
	L*	a*	b*
1	82,81	5,16	21,43
2	82,59	5,37	21,54
3	84,64	4,11	19,02
4	84,48	4,30	19,09
5	84,33	4,35	19,05
6	84,17	4,27	18,90
7	83,76	4,98	21,16
8	83,23	4,94	21,20

Merjenje po UPS A712-A742			
	L*	a*	b*
1	63,43	16,81	34,60
2	64,40	18,80	41,94
3	68,31	17,96	42,78
4	68,24	18,36	44,46
5	67,20	18,46	44,54
6	66,82	18,36	44,16
7	67,20	17,55	43,19
8	66,29	18,01	43,24

Merjenje pred UPS AS12-AS42			
	L*	a*	b*
1	61,13	-14,50	-1,63
2	61,13	-14,50	-1,63
3	61,05	-14,54	-1,63
4	61,22	-14,39	-1,77
5	61,22	-14,80	-1,63
6	61,22	-14,39	-1,77
7	61,05	-14,87	-1,63
8	61,13	-14,76	-1,78

Merjenje po UPS AS12-AS42			
	L*	a*	b*
1	74,51	-3,49	4,63
2	74,25	-3,86	4,43
3	73,48	-4,05	4,27
4	73,09	-4,03	4,19
5	73,29	-4,32	3,82
6	72,63	-4,51	3,63
7	73,61	-4,16	4,02
8	73,35	-4,31	3,81

Merjenje pred UPS BS12-BS42			
	L*	a*	b*
1	60,78	-14,36	-0,90
2	60,87	-14,67	-0,90
3	60,78	-14,78	-0,75
4	60,69	-14,48	-0,75
5	60,69	-14,40	-0,90
6	60,78	-14,36	-0,90
7	60,69	-14,40	-0,90
8	60,78	-14,62	-1,05

Merjenje po UPS BS12-BS42			
	L*	a*	b*
1	72,89	-3,63	4,33
2	73,09	-3,56	4,19
3	72,09	-3,83	4,17
4	71,69	-4,05	4,08
5	72,36	-3,93	3,90
6	72,43	-3,98	4,01
7	71,96	-3,60	4,18
8	72,30	-3,57	4,15

Merjenje pred UPS CS12-CS42			
	L*	a*	b*
1	61,13	-14,50	-1,63
2	60,96	-14,65	-1,49
3	60,96	-14,57	1,64
4	61,13	-14,91	-1,48
5	61,13	-14,50	-1,63
6	61,13	-14,50	-1,63
7	60,87	-14,61	-1,64
8	60,96	-14,57	-1,64

Merjenje po UPS CS12-CS42			
	L*	a*	b*
1	68,68	-5,57	4,79
2	67,20	-5,71	4,83
3	66,82	-6,25	4,74
4	69,47	-6,27	3,66
5	66,60	-6,84	4,77
6	65,59	-6,51	5,04
7	69,61	-5,47	4,16
8	68,39	-6,42	4,29

Merjenje pred UPS DS12-DS42			
	L*	a*	b*
1	60,60	-14,41	-0,30
2	60,60	-14,49	-0,14
3	60,60	-14,59	-0,60
4	60,78	-14,60	-0,45
5	60,52	-14,53	-0,14
6	60,60	-14,57	0,01
7	60,69	-14,54	0,01
8	60,43	-13,96	0,01

Merjenje po UPS DS12-DS42			
	L*	a*	b*
1	75,14	-3,17	4,45
2	72,96	-3,86	4,32
3	75,51	-2,60	4,19
4	75,64	-2,76	4,07
5	74,00	-3,28	3,64
6	72,30	-3,83	3,66
7	75,39	-2,84	3,75
8	54,51	-3,07	3,71

Merjenje pred UPS A012-A042			
	L*	a*	b*
1	83,55	4,87	19,64
2	83,28	5,08	19,77
3	84,84	4,39	18,60
4	84,54	4,55	18,85
5	83,76	4,89	19,43
6	83,81	4,58	19,75
7	82,16	5,88	20,44
8	81,84	5,92	20,60

Merjenje po UPS A012-A042			
	L*	a*	b*
1	62,00	10,51	22,19
2	61,48	11,17	23,68
3	64,40	9,95	22,06
4	64,00	10,18	21,96
5	63,51	9,86	21,11
6	63,01	10,55	22,27
7	65,67	9,06	20,63
8	65,36	9,38	20,09

Merjenje pred UPS C012-C042			
	L*	a*	b*
1	77,76	8,29	20,98
2	77,58	8,36	20,94
3	75,39	8,59	17,30
4	74,51	9,11	17,29
5	81,62	6,51	17,13
6	82,22	6,05	16,43
7	78,93	7,03	14,73
8	78,52	7,31	15,86

Merjenje po UPS C012-C042			
	L*	a*	b*
1	65,90	6,15	14,56
2	64,48	6,55	14,66
3	62,59	5,13	11,74
4	51,95	8,70	17,70
5	67,50	5,65	13,29
6	65,67	6,34	15,67
7	57,46	7,84	19,23
8	50,33	11,04	24,09

Priloga 5: Absorpcija in desorpcija vodne pare (g) pri nestaranih vzorcih

Oznaka preizkušanca	Meritev pred preizkusom	100 % vlažnost	65 % vlažnost	100 % vlažnost	100 % vlažnost	65 % vlažnost	65 % vlažnost
C113	50,453	54,731	52,874	54,516	54,776	52,953	52,555
C123	55,262	59,600	57,929	59,536	59,812	58,046	57,630
C133	53,667	57,856	56,231	57,776	58,038	56,289	55,893
C143	54,976	59,483	57,602	59,320	59,601	57,653	57,233

Oznaka preizkušanca	Meritev pred preizkusom	100 % vlažnost	65 % vlažnost	100 % vlažnost	100 % vlažnost	65 % vlažnost	65 % vlažnost
A113	49,417	53,351	52,008	53,354	53,610	52,173	51,785
A123	59,942	64,034	62,839	64,213	64,505	63,142	62,733
A133	51,275	55,010	53,833	55,112	55,357	54,054	53,683
A143	61,875	66,080	64,745	66,199	66,492	65,016	64,607
A813	48,600	53,422	51,223	53,084	53,361	51,244	50,834
A823	51,724	56,778	54,516	56,442	56,756	54,565	54,138
A833	49,048	53,974	51,708	53,582	53,876	51,726	51,315
A843	48,520	54,205	51,128	53,411	53,717	51,078	50,713
A613	50,787	56,079	53,604	55,593	55,934	53,622	53,183
A623	55,700	61,043	58,733	60,755	61,089	58,828	58,352
A633	45,930	51,130	48,477	50,600	50,864	48,483	48,107
A643	46,775	51,970	49,367	51,437	51,720	49,367	48,971
A913	55,575	63,961	58,957	62,278	62,679	58,783	58,202
A923	48,433	55,816	51,337	54,370	54,703	51,198	50,691
A933	49,878	57,346	52,018	55,941	56,257	52,850	52,280
A943	45,561	52,272	48,182	51,061	51,336	48,087	47,667
A213	51,646	59,437	54,265	58,175	58,569	54,222	53,914
A223	51,378	59,163	54,037	57,916	58,302	53,980	53,664
A233	47,309	54,912	49,579	53,690	54,046	49,530	59,332
A243	53,791	62,471	56,372	61,139	61,523	56,318	56,080
A313	49,019	56,461	51,874	54,914	55,262	51,712	51,259
A323	52,248	59,892	55,516	58,448	58,794	55,303	54,755
A333	56,014	64,275	59,459	62,617	63,008	59,214	58,645
A343	48,783	56,138	51,681	54,665	54,986	51,490	51,032
A513	49,830	57,425	52,931	56,099	56,393	52,799	52,228
A523	50,403	57,954	53,707	56,600	56,890	53,516	52,896
A533	50,122	57,667	53,394	56,391	56,665	53,211	52,607
A543	57,717	65,897	61,636	64,639	64,967	61,435	60,698
A413	48,822	51,236	50,853	51,633	51,835	51,305	51,088
A423	55,199	57,633	57,306	58,095	58,307	57,834	57,629
A433	52,434	54,779	54,455	55,216	55,423	54,957	54,753
A443	58,373	60,691	60,435	61,208	61,422	61,014	60,831
A713	57,487	66,031	60,990	64,284	64,768	60,802	60,211
A723	48,474	56,148	51,220	54,464	54,905	51,092	50,679
A733	45,232	52,170	47,713	50,753	51,145	47,619	47,270
A743	56,402	64,530	59,897	63,003	63,502	59,727	59,128
A013	45,441	52,864	47,408	51,633	52,531	47,341	47,291
A023	47,334	55,448	49,370	53,942	54,896	49,301	49,254
A033	48,437	56,546	50,546	55,218	56,106	50,461	50,422
A043	49,670	57,261	51,737	56,031	56,889	51,672	51,642
C013	60,309	72,502	62,864	69,218	69,743	62,763	62,619
C023	53,230	62,680	55,452	60,468	61,189	55,442	55,357
C033	64,919	77,036	67,698	74,124	74,867	67,592	67,416
C043	49,698	58,222	51,642	56,456	57,097	51,585	51,517

Oznaka preizkušanca	Meritev pred preizkusom	100 % vlažnost	65 % vlažnost	100 % vlažnost	100 % vlažnost	65 % vlažnost	65 % vlažnost
AS13	71,270	80,836	78,577	80,023	80,081	78,302	77,522
AS23	69,342	78,649	76,395	77,823	77,885	76,133	75,370
AS33	64,768	73,264	71,698	72,440	72,514	70,851	70,143
AS43	66,971	75,486	73,401	74,714	74,820	73,173	72,465
BS13	62,688	71,123	68,849	70,234	70,315	68,556	67,834
BS23	67,274	76,228	74,005	75,379	75,426	73,721	73,000
BS33	68,697	77,579	75,407	76,808	76,885	75,174	74,448
BS43	71,940	81,088	78,988	80,440	80,527	78,809	78,074
CS13	68,801	78,721	75,846	77,357	77,406	75,421	74,626
CS23	64,058	73,094	70,517	72,067	72,136	70,209	69,430
CS33	75,666	85,689	83,138	84,739	84,855	82,871	82,042
CS43	68,799	78,347	75,656	77,133	77,218	75,293	74,528
DS13	75,426	87,733	83,490	85,439	85,515	83,005	82,062
DS23	68,331	77,770	75,160	76,645	76,710	74,825	74,051
DS33	76,813	88,343	85,389	87,077	87,172	85,012	84,123
DS43	67,975	77,650	74,952	76,551	76,587	74,602	73,799

Priloga 6: Absorpcija in desorpcija vodne pare (g) po umetnem pospešenem staranju

Oznaka preizkušanca	Klimatiziranje vzorcev pri 20°C in 65% vlažnosti		100% vlažnost	65% vlažnost	100% vlažnost	65% vlažnost	65% vlažnost
A112	50,136	50,170	53,365	52,026	53,614	52,173	51,768
A122	60,706	60,817	64,200	63,001	64,665	63,303	62,884
A132	52,511	52,610	55,745	54,606	56,123	54,844	54,463
A142	61,570	61,598	64,884	63,597	65,253	63,827	63,413
C112	50,760	50,853	54,684	52,958	54,846	53,053	52,608
C122	56,219	56,265	59,963	58,301	60,178	58,444	57,978
C132	56,249	56,317	60,058	58,391	60,281	58,546	58,091
C142	54,514	54,613	58,593	56,838	58,805	56,979	56,526
A812	49,161	49,156	52,860	50,885	52,902	50,897	50,482
A822	54,053	54,119	58,227	56,269	58,406	56,324	55,879
A832	49,640	49,656	53,639	51,574	53,685	51,563	51,140
A842	48,018	47,993	52,279	49,598	52,097	49,517	49,131
A612	50,691	50,701	54,761	52,594	54,769	52,684	52,193
A622	57,023	57,014	61,334	58,964	61,328	59,040	58,513
A632	47,188	47,180	51,449	48,804	51,233	48,832	48,395
A642	47,403	47,417	51,669	49,220	51,550	49,268	48,821
A912	55,894	55,925	61,516	57,819	61,148	57,748	57,284
A922	49,635	49,662	54,791	51,415	54,451	51,387	50,975
A932	49,957	49,994	54,954	51,003	54,730	51,953	51,500
A942	46,799	46,795	51,667	48,396	51,354	48,348	47,997
A212	51,327	51,367	57,777	53,180	57,251	53,150	52,795
A222	52,667	52,681	58,885	54,647	58,308	54,581	54,138
A232	48,358	48,333	54,126	49,472	53,617	49,475	49,174
A242	54,928	54,924	61,936	56,280	61,353	56,267	55,989

Oznaka preizkušanca	Klimatiziranje vzorcev pri 20°C in 65% vlažnosti		100% vlažnost	65% vlažnost	100% vlažnost	65% vlažnost	65% vlažnost
A312	49,465	49,504	54,749	51,130	54,488	51,067	50,724
A322	53,278	53,354	58,514	55,495	58,471	55,453	55,001
A332	57,542	57,386	62,669	58,816	62,379	58,688	58,237
A342	49,808	49,729	54,688	51,132	54,456	51,002	50,664
A512	50,006	50,178	55,273	52,356	55,314	52,388	51,903
A522	50,824	50,873	55,557	52,908	55,634	52,957	52,438
A532	50,355	50,392	55,178	52,305	55,180	52,336	51,839
A542	58,442	58,758	64,067	61,674	64,427	61,839	61,275
A412	49,422	49,539	51,351	51,017	51,866	51,413	51,228
A422	54,785	54,875	56,672	56,329	57,189	56,745	56,558
A432	52,541	52,638	54,462	54,135	54,992	54,552	54,372
A442	59,502	59,604	61,526	61,177	62,106	61,638	61,444
A712	59,630	59,610	65,740	60,973	65,198	60,958	60,531
A722	49,489	49,493	54,570	50,775	54,107	50,768	50,407
A732	45,974	45,985	50,793	47,378	50,404	47,384	47,046
A742	57,095	57,088	62,680	59,025	62,310	59,011	58,517
A012	47,101	46,985	52,213	47,104	52,293	47,111	47,010
A022	48,839	48,781	54,534	48,895	54,547	48,883	48,778
A032	50,808	50,756	56,603	50,888	56,662	50,909	50,786
A042	51,978	51,898	57,372	51,984	57,393	51,993	51,878
C012	62,717	62,486	70,435	62,714	69,674	62,665	62,484
C022	55,432	55,320	61,894	55,502	61,330	55,482	55,343
C032	67,258	67,039	75,146	67,194	74,319	67,134	66,929
C042	54,519	54,381	60,955	54,518	60,386	54,497	54,391
AS12	74,928	74,286	80,059	75,191	78,969	75,017	74,426
AS22	72,480	71,893	77,646	72,716	76,615	72,583	72,045
AS32	67,199	66,944	72,578	68,476	71,737	68,322	67,715
AS42	70,850	70,484	75,817	71,916	74,931	71,703	71,079
BS12	64,953	64,678	70,211	65,628	69,441	65,536	65,148
BS22	71,952	71,234	76,482	71,902	75,686	71,810	71,343
BS32	71,343	70,783	76,247	71,500	75,438	71,429	70,947
BS42	73,651	73,032	78,740	73,817	77,953	73,768	73,231
CS12	74,674	72,472	77,979	72,533	76,864	72,408	71,881
CS22	70,384	68,033	73,235	68,054	72,218	67,930	67,522
CS32	77,838	75,876	80,519	76,056	79,353	75,728	74,949
CS42	74,289	71,299	76,186	71,150	74,908	70,896	70,358
DS12	80,668	79,314	85,224	80,321	83,785	79,954	79,022
DS22	72,537	71,644	76,928	72,548	75,907	72,321	71,676
DS32	82,558	81,298	87,340	82,410	86,175	82,150	81,208
DS42	71,885	71,300	76,980	72,361	76,216	72,268	71,572