



ODPORNOST PREMAZOV PROTI OBARVANJU ZARADI GRČ V LESU

KNOT STAINING RESISTANCE OF WOOD COATINGS

Matjaž Pavlič^{1*}, Jure Vrbec¹, Jure Žigon¹, Marko Petrič¹

UDK 630*829.18

Izvirni znanstveni članek / Original scientific article

Prispelo / Received: 30. 9. 2021

Sprejeto / Accepted: 15. 11. 2021

Izvilleček / Abstract

Izvilleček: Po premazovanju lesa in izpostavitvi zunanjim klimatskim pogojem in/ali višjim temperaturam lahko na mestih, kjer so prisotne grče, pride do obarvanja utrjenega filma, ki ga povzročajo hidrofilni in lipofilni ekstraktivi. Zaradi tega je odpornost premaznega sistema proti obarvanju zaradi grč v lesu zelo pomembna. V naši raziskavi smo preizkusili nekaj osnovnih tipov belo pigmentiranih sistemov. Pri tem smo metodo SIST EN 927-7:2020 ustrezno prilagodili našim zmogljivostim, jo optimizirali in kritično presodili, ali so kje možne izboljšave standardizirane metode. Rezultati naše raziskave so pokazali, da je odpornost premaznih sistemov proti obarvanju zaradi grč v lesu povezana z vrsto topila v premazih, s prekrivnostjo sistema in njegovo slojnostjo oz. debelino suhega filma. Premazi na osnovi organskih topil so se izkazali za boljše, prav tako tisti, ki so vsebovali več pigmentov, in tisti z večjo debelino suhega filma. Prav tako smo dokazali, da lahko z vrednotenjem barvnih razlik na mestih z grčami in brez njih že pred izpostavitvijo in upoštevanjem te izhodiščne barvne razlike pri vrednotenju razlik po izpostavitvi premazne sisteme veliko bolj objektivno razvrstimo po njihovi učinkovitosti proti obarvanju zaradi grč v lesu. Na podlagi te ugotovitve menimo, da je standardizirano metodo potrebno ustrezno korigirati.

Ključne besede: les, grča, premaz, obarvanje

Abstract: After wood has been coated and exposed to external climatic conditions and/or elevated temperatures, staining of the coating film by hydrophilic and lipophilic extractives may occur where knots are located. For this reason, the knot staining resistance of the coating system is very important. In our study, we tested some basic types of white pigmented systems. In doing so, we adapted the method SIST EN 927-7:2020 according to our capabilities, optimized it and critically evaluated whether there is room for improvement of the standardized method. The results of our research showed that the knot staining resistance of coating systems is related to the type of solvent in the coatings, the hiding power of the system and its build-up or dry film thickness. Accordingly, solvent-borne coatings were found to be better, as were those containing more pigments and those with a higher dry film thickness. We have also found that by evaluating the colour difference on the regions with and without knots before exposure and accounting for this in evaluation of colour differences after exposure, we can make a much more objective classification of coating systems according to their effectiveness against knot staining. Based on this finding, we believe that the standardized method needs to be corrected accordingly.

Keywords: wood, knot, coating, staining

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Zaščita površin lesa s premaznim sredstvom za zunanjo uporabo ima dekorativni in zaščitni pomen. Premazno sredstvo lesu lahko zagotavlja daljšo trajnost in obstojnost barve, hkrati pa ga ščiti pred negativnimi učinki sončnega sevanja ter pred okužbami z glivami in napadi insektov. Zaradi zašči-

tne vloge mora biti premaz trpežen in čim dalj časa ohranjati svoje fizikalne lastnosti, s čimer se tudi podaljšujejo intervali med potrebnim obnavljanjem (Ekstedt, 2002).

Ena izmed pomembnih lastnosti premaznega sistema je, da mora biti odporen proti obarvanju zaradi grč v lesu. Grča je povezana z anatomsko strukturo lesnega materiala, in sicer je del veje, vklopljene v deblu. Prisotnost grč v lesu zmanjšuje njegovo uporabnost in s tem tudi njegovo ceno. Grča ima sama po sebi drugačno gostoto (običajno višjo) in njena orientacija je običajno pravokotna na okoliški les (Williams et al., 2000). Oprijem premazov na grčah je lahko zaradi njihove običajno

¹ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, SLO

* e-mail: matjaz.pavlic@bf.uni-lj.si; +386 1 320 3621

višje gostote otežen. Po premazovanju in izpostavitvi zunanjim pogojem in/ali višjim temperaturam lahko na mestih v lesu, kjer so prisotne grče, pride do obarvanj, ki jih povzročajo hidrofilni in lipofilni ekstraktivi. Te v lesu prisotne spojine se prebijejo v in skozi film premaza in se na površini pokažejo kot rumena ali rjava območja. Ta pojav imenujemo "rumenenje grč" (Nussbaum, 2004).

Nussbaum (2004) omenja, da je v Skandinaviji rumenenje grč problem predvsem v mizarstvu. Najpogostejše se pojavlja pri bukovini, pobarvani v belo (najpogostejša kombinacija podlage in površinske obdelave), lahko se pojavi tudi na smrekovini. Še en dejavnik, ki domnevno vpliva na porumenelost grč, je zaščitna obdelava lesa z impregnacijo ali z namakanjem v sredstvih za zaščito lesa pred površinsko obdelavo. Nussbaum (2004) je še raziskoval vplive parametrov površinske obdelave stavbnega pohištva na obarvanje filma premaza zaradi izločanja smole iz grč. Ugotovil je, da na rumenenje grč sicer vpliva več dejavnikov, vendar je največji učinek proti zaustavitvi obarvanja dosegla obdelava s premaznimi sredstvi, ki vsebujejo organska topila.

V industriji lesnih premazov je prišlo do zmanjšanja uporabe premazov na osnovi topil, ki imajo visoko vsebnost hlapnih organskih spojin (HOS, angleško VOC, razna topila in redčila). Raba premazov na vodni osnovi se je povečala, zaradi česar je rumenenje grč postalo še toliko bolj problematično. Kimerling et al. (2004) so ugotovili, da se tako imenovanemu rumenenju grč pri vodnih sistemih lahko delno izognemo oz. ga zmanjšamo, če pred nanašanjem vodnih premaznih sistemov uporabimo temeljne impregnacije, ki vsebujejo amfifilne stirenske blok-kopolimere, s katerimi se ustvari manj prepustna bariera.

Obarvanje premaza na smrekovini in borovini je najpogostejše povezano z grčami. Ekstraktivi kot nestrukturane komponente lahko migrirajo iz lesa v premaze in tako povzročijo njihovo obarvanje. Lastnosti premaznih sistemov (vrsta topila in veziva, slojnost, pigmentiranost ...) igrajo pomembno vlogo pri zmanjševanju tovrstnega obarvanja (Ekstedt, 2002), vendar se avtor te raziskave v svojem obširnem doktorskem delu ni toliko posvetil lastnostim premazov kot pa vplivu različnih režimov sušenja lesa na rumenenje grč pri premazanem lesu.

Z optimizacijo metode za določanje odpornosti

premazov proti obarvanju zaradi grč v lesu sta se že leta 2004 ukvarjala Suttie in Ekstedt. Takrat sta jo poimenovala metoda za določanje obarvanja premazov na lesu zaradi taninov iz grč. Rezultat njune raziskave je bila priprava osnutka metode za pripravo standardne metode, ki jo poznamo danes (SIST EN 927-7:2020). Ravno to metodo smo uporabili v naši raziskavi, v kateri smo preizkusili nekaj osnovnih tipov belo pigmentiranih sistemov. Pri tem smo metodo SIST EN 927-7:2020 ustrezno prilagodili našim zmogljivostim, jo optimizirali in kritično presodili, ali so kje možne izboljšave standardizirane metode.

2 MATERIAL IN METODE

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 PREMAZNI SISTEMI

2.1 COATING SYSTEMS

V raziskavi smo uporabili 6 osnovnih tipov belo pigmentiranih premaznih sistemov, ki smo jih tvorili s tremi nanosi. Med sabo so se razlikovali po vrsti topila, vrsti veziva, slojnosti in prekrivnosti podlage:

- sistem 1 (TLV) - tankoslojni poltransparentni lazurni sistem na vodni osnovi
- sistem 2 (DLV) - debeloslojni poltransparentni lazurni sistem na vodni osnovi
- sistem 3 (DEV) - debeloslojni prekrivni emajl sistem na vodni osnovi
- sistem 4 (TLO) - tankoslojni poltransparentni lazurni sistem na organski osnovi
- sistem 5 (DLO) - debeloslojni poltransparentni lazurni sistem na organski osnovi
- sistem 6 (DEO) - debeloslojni prekrivni emajl sistem na organski osnovi

Podrobnejši podatki o premaznih sredstvih in tvorbi sistemov so navedeni v diplomskem delu Vrbec (2021).

2.2 PRIPRAVA VZORCEV

2.2 SAMPLE PREPARATION

Za pripravo vzorcev smo uporabili radialno do polradialno orientiran grčav les rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.), brez vidnih razpok, modrenja in ostalih poškodb. Letve so bile klimatizirane pri $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ in relativni zračni vlažnosti $(65 \pm 5) \%$, do ravnovesne lesne vlažnosti $(13 \pm 2) \%$.

Po klimatiziranju smo letve razžagali na 24 pre-

izkušancev dimenzij 280 mm × 70 mm × 20 mm. Standard SIST EN 927-7:2020 sicer predvideva dimenzije 150 mm × 74 mm × min. 10 mm, a smo se kljub temu odločili za večje dimenzije, saj je bilo tako lažje kontrolirati nanos premaznih sredstev. Vsak vzorec lesa je vseboval vsaj eno grčo, ki je bila večjega premera od premera odprtine merilne naprave (14 mm) za določanje barve.

Ker smo ustrezno grčav les težko pridobili, smo za vsak premazni sistem naključno izbrali po 4 vzorce lesa in ne 20, kot to predvideva standard SIST EN 927-7:2020. Premazne sisteme smo nanесли po metodah in zahtevah, določenih s strani proizvajalca. Količino nanosa smo predhodno preračunali za vsak premaz posebej in jo nadzorovali gravimetrično.

2.3 IZPOSTAVITEV VZORCEV

2.3 SAMPLE EXPOSURE

Preizkušanci so bili 72 ur izpostavljeni v UV komori za umetno pospešeno staranje brez kondenzacije ali vodnega pršenja. Po izpostavljenosti smo preizkušance odstranili iz komore in jih pred merjenjem barve 24 ur klimatizirali pri sobni temperaturi (20 ± 2) °C.

Po standardu EN ISO 11507:2007 in SIST-TS CEN/TS 16359:2012 bi morali vzorce izpostaviti v komori za umetno pospešeno staranje z nizkotlačnimi živosrebrovimi ultra-vijoličnimi (UV) sijalkami tipa 2, ki imajo največjo intenziteto sevanja pri

valovni dolžini 340 nm. V novejši različici metode (SIST EN 927-7:2020) je 72-urna izpostavitve vzorcev predvidena v komori s ksenonskimi sijalkami s sestavo ponavljajočega se cikla: 102 min suhe izpostavitve, 18 min škropljenja z vodo. Ker tovrstne opreme v laboratoriju nismo imeli na voljo, smo izpostavitve izvedli v prirejeni komori s klasično UV žarnico z žarilno nitko OSRAM ULTRA VITALUX 300 W (Osram, 2021), ki poleg vidne svetlobe seva tudi z UV svetlobo valovne dolžine od 315 nm do 400 nm (UVA; 13,6 W) in od 280 nm do 315 nm (UVB; 3,0 W) (Slika 1).

Bolj kot valovna dolžina in moč sevanja se nam je zdela pomembna temperatura, ki jo svetloba žarnice s svojo emisijo ustvarja na površini vzorca. Le-ta naj bi znašala (60 ± 3) °C („black-standard temperature“). To temperaturo, ki smo jo izmerili s termometrom na črni površini, smo dosegli z ustrezno razdaljo vzorca od žarnice, ki je znašala 300 mm.

2.4 MERJENJE BARVE IN IZRAČUN BARVNIH RAZLIK

2.4 COLOUR MEASUREMENT AND CALCULATION OF COLOUR DIFFERENCES

Za numerično vrednotenje barve smo uporabili spektrofotometer SP62, proizvajalca X-Rite GmbH - OPTRONIK (Planegg, Nemčija, Slika 2), ki vsebuje standardizirano svetlobo D65. Spektrofotometer ali laično kolorimeter smo pred izvedbo meritev kali-



Slika 1. Komora (levo odprta, desno zaprta) za izpostavitve UV svetlobi.

Figure 1. Chamber (left – open, right – closed) for UV light exposure.



Slika 2. Spektrofotometer SP62 (X-Rite).

Figure 2. Spectrophotometer SP62 (X-Rite).

brirali s pomočjo priloženega pripomočka, ki vsebuje bel in črn standard. Spektrofotometer deluje na principu zaznave barve oz. barvnega odtenka, glede na raven odbitih svetlobnih žarkov, kar mu omogoča vgrajena spektrofotometrična krogla, z usmerjeno osvetlitvijo (Pavlič, 2009).

Za merjenje barve smo izbrali CIELAB sistem (Slika 3), ki je najpogostejše uporabljen in izpopolnjen sistem za numerično vrednotenje barve. Predstavlja matematično kombinacijo kartezijskega in cilindričnega koordinatnega sistema (Golob & Golob, 2001), barva pa je opredeljena s tremi osnovnimi vrednostmi:

- L^* – določa svetlost barve in zavzema vrednost od 0 (absolutno črno) do 100 (absolutno belo),
- a^* – določa lego barve na rdeče (+) - zeleni (-) osi,
- b^* – določa lego barve na rumeno (+) - modri (-) osi.

Po CIELAB sistemu barvne razlike izrazimo z vrednostjo ΔE^* , ki jo izračunamo po naslednji enačbi:

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

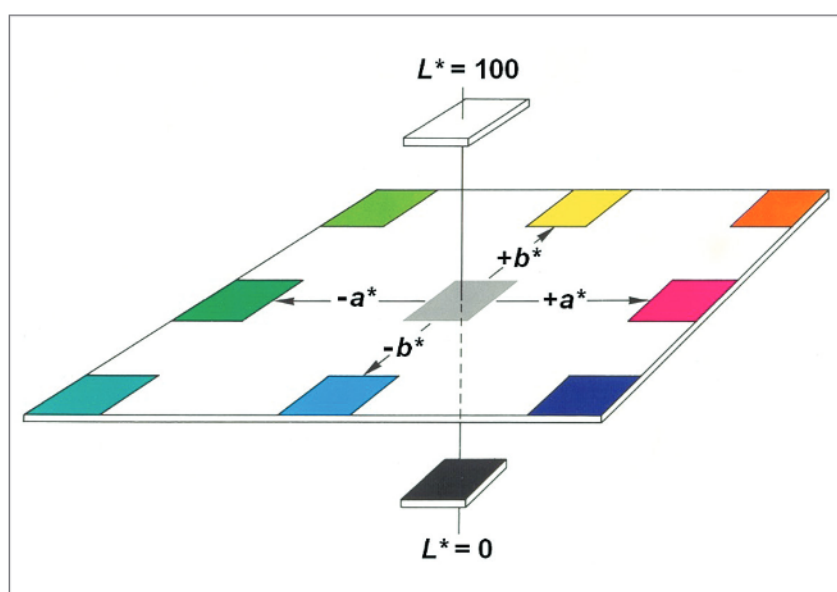
ΔE^* ... sprememba barve po CIELAB sistemu

ΔL^* ... razlika med barvno komponento svetlosti barve L^* pred izpostavljenostjo in po njej

Δa^* ... razlika med barvno komponento a^* pred izpostavljenostjo in po njej

Δb^* ... razlika med barvno komponento b^* pred izpostavljenostjo in po njej

Na vsakem premazanem vzorcu smo izvedli po 5 meritev na lesu normalne rasti in mestih, kjer je pod premaznim sistemom bila prisotna grča. Standard SIST EN 927-7:2020 predpisuje, da meritve



Slika 3. CIELAB sistem (Golob & Golob, 2001).

Figure 3. CIELAB system (Golob & Golob, 2001).

opravimo samo po izpostavitvi preizkušancev, saj predvideva, da so premazi prekrivni in površine po premazovanju popolnoma bele. Večina naših premaznih sistemov (4) je bila poltransparentnih in tako so se že pred izpostavitvijo pojavile večje razlike v barvi premazane površine na grči in poleg nje. Zaradi tega je bilo smiselno, da opravimo meritve pri vseh sistemih že pred izpostavitvijo in ne samo po njej.

Za lažjo vizualno predstavbo površin vzorcev smo le-te dodatno še optično prebrali, za kar smo uporabili Mustek S 2400 Plus A3 High Speed Flatbed Scanner (Mustek Europe B.V., Nizozemska) (ločljivost 600 pik na palec, barvna globina 24 bit).

2.5 MERJENJE DEBELINE SUHEGA FILMA PREMAZA

2.5 COATING DRY FILM MEASUREMENT

Da bi proučili še eventualno povezavo med slojnostjo premaznega sistema in njegovo odpornostjo

proti obarvanju zaradi grč v lesu, smo z ultrazvočno metodo po SIST EN ISO 2808:2019 izmerili še debelino suhega filma premaza. Za to smo uporabili ultrazvočni merilec PosiTector 200, proizvajalca DeFelsko Corporation (Ogdensburg, ZDA) (Slika 4). Na vsakem vzorcu smo opravili po 5 meritev, kot rezultat smo navedli povprečno vrednost in standardni odklon meritev na vseh štirih vzorcih skupaj.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3 RESULTS AND DISCUSSION

V Preglednici 1 so predstavljene povprečne barvne razlike (ΔE^*) premazanih površin premaznih sistemov na mestih z grčami in brez njih, in sicer pred izpostavitvijo UV svetlobi in po njej. Iz vrednosti barvnih razlik pred izpostavitvijo (po premazovanju) vidimo, da so le-te že v začetku pri večini sistemov bile kar velike (do 8,74), kar je pričakova-



Slika 4. Ultrazvočni merilec debeline suhega filma premaza PosiTector 200.

Figure 4. Dry coating film ultrasonic gage PosiTector 200.

no, saj smo v naši raziskavi uporabili 4 poltransparentne premazne sisteme (sistemi 1, 2, 4 in 5). Transparentnost utrjenega filma premaznega sistema je seveda močno povezana s količinami pigmenta, ki so jo premazi vsebovali. Manj kot je bilo pigmenta, bolj transparenten je bil film, ki smo ga s takim premazom ustvarili. Tako se tudi iz Slik 5 in 6 lepo vidi, da je transparentnost utrjenega filma premaznega sistema 2 največja in posledično je zaradi vpliva barvne nehomogenosti podlage tudi barvna razlika premazanih površin premaznih sistemov na mestih z grčami in brez njih največja (8,74). Pri prekrivnih sistemih (sistema 3 in 6) pa so bile barvne razlike po premazovanju presenetljivo tudi prisotne, a dovolj majhne, da jih naše oko ni zaznalo. Namreč, vrednosti barvne razlike ΔE^* sta bili pod 0,50, ki velja za spodnjo mejo vizualne zaznavnosti (Buchelt & Wagenführ, 2012).

Po izpostavitvi so se barvne razlike premazanih površin premaznih sistemov na mestih z grčami in brez njih pričakovano še povečale (Preglednica 1), saj je na mestih z grčami prišlo do obarvanja utrjenega filma, ki ga povzroča smola (razne kisline in terpenoidi) in/ali lipofilni in hidrofilni ekstraktivi (Nussbaum, 2004). Zanimivo je, da to povečanje barvnih razlik po izpostavljenosti ni bilo sorazmerno. Namreč, če pogledamo barvne razlike pred premazovanjem, so bile le-te največje pri sistemu 2, sledili so sistemi 4, 1, 5, 3 in 6. Po premazovanju pa je največja barvna razlika bila prav tako ugotovljena pri sistemu 2, sledili so sistemi 1, 4, 5, 3 in 6 (Slika

5). Na podlagi te ugotovitve smo sklenili, da je za objektivno razvrstitev premaznih sistemov glede njihove odpornosti proti obarvanju zaradi grč v lesu nujno upoštevati izhodiščne barvne razlike po premazovanju (Slika 6). V preglednici 1 smo to upoštevali tako, da smo od barvne razlike po izpostavitvi (ΔE^*_{po}) odšteli izhodiščno razliko po premazovanju oz. pred izpostavitvijo (ΔE^*_{pred}), da smo dobili podatek o povečanju barvne razlike ($\Delta E^*_{razlika}$), ki jo je povzročila izpostavitvev. Ob upoštevanju te barvne razlike je tako bil najmanj odporen proti obarvanju sistem 1, sledili so sistemi 2, 5, 4, 3 in 6. Ta razvrstitev je tudi bolj skladna z našo vizualno zaznavo, saj je npr. rumenenje grč na bolj belkasti površini pri sistemu 1 veliko bolj moteče kot je rumenenje grč pri sistemu 2, pri katerem je zaradi večje transparentnosti utrjenega filma barvna raznolikost podlage (lesa) sicer bolj vidna (sistem 2) (Slika 6).

Ob upoštevanju izhodiščnih barvnih razlik po premazovanju (Preglednica 1, $\Delta E^*_{razlika}$) lahko vidimo, da so prekrivni sistemi (3 in 6) bolj odporni proti obarvanju zaradi grč v lesu kot poltransparentni premazni sistemi (1, 2, 4 in 5). Več kot ima premazni sistem pigmentov, bolj odporen je proti obarvanju zaradi grč v lesu, vendar ob tem zelo pomembno vlogo igra tudi slojnost oz. debelina suhega filma premaznega sistema. Npr. premazni sistem 1 vsebuje večjo količino pigmenta in je bolj prekriven kot premazni sistem 2, a je kljub temu manj odporen proti obarvanju ($\Delta E^*_{razlika} = 22,27$) kot sistem 2 ($\Delta E^*_{razlika} = 18,01$), saj je njegova debelina suhega filma

Preglednica 1. Debeline suhega filma sistemov (d) in barvne razlike pred (ΔE^*_{pred}) in po izpostavitvi (ΔE^*_{po}) ter izračunana barvna razlika ($\Delta E^*_{razlika}$), ki jo je povzročila izpostavitvev ($\bar{x}$ - povprečna vrednost, SD - standardni odklon).

Table 1. Dry film thicknesses (d) of the systems and colour differences before (ΔE^*_{pred}) and after exposure (ΔE^*_{po}) as well as calculated colour differences due to exposure ($\Delta E^*_{razlika}$) ($\bar{x}$ - average value, SD - standard deviation).

Prem. sistem / Coating system	d (μm)		ΔE^*_{pred}		ΔE^*_{po}		$\Delta E^*_{razlika}$	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
1 – TLV	58,6	2,3	3,92	1,29	26,19	14,55	22,27	13,39
2 – DLV	87,0	11,6	8,74	1,68	26,75	8,58	18,01	7,91
3 – DEV	106,6	5,6	0,36	0,17	13,66	5,33	13,30	5,47
4 – TLO	53,1	9,4	6,98	1,61	21,11	6,09	14,13	6,95
5 – DLO	76,8	12,2	3,34	0,62	21,02	4,97	17,68	5,09
6 – DEO	142,5	17,7	0,38	0,26	7,05	4,85	6,67	5,08



Slika 5. Razvrstitev premaznih sistemov (od 1 do 6) po njihovi odpornosti proti obarvanju (od najslabše zgoraj do najboljše spodaj) glede na barvno razliko po izpostavitvi (levo vzorci pred in v sredini po premazovanju ter desno po UV obsevanju).

Figure 5. Classification of coating systems (from 1 to 6) according to their resistance (from the worst to the best) according to the colour difference after exposure (left samples before and in the middle after coating and right after UV light exposure).

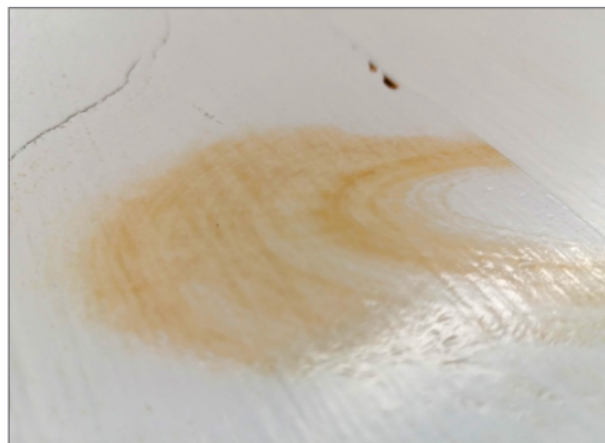


Slika 6. Razvrstitev premaznih sistemov (od 1 do 6) po njihovi odpornosti proti obarvanju (od najslabše zgoraj do najboljše spodaj) glede na barvno razliko pred izpostavitvijo in po njej (levo vzorci pred in v sredini po premazovanju ter desno po UV obsevanju).
 Figure 6. Classification of coating systems (from 1 to 6) according to their resistance (from the worst to the best) according to the colour difference before and after exposure (left samples before and in the middle after coating and right after UV light exposure).



Slika 7. Preboj lesne smole (sistem 4).

Figure 7. Wood resin breakthrough (system 4).



Slika 8. Obarvanje filma premaznega sistema brez preboja lesne smole (sistem 6).

Figure 8. Discoloration of coating system film without wood resin breakthrough (system 6).

($d = 58,6 \mu\text{m}$) dosti manjša kot je le-ta pri sistemu 2 ($d = 87,0 \mu\text{m}$) (Preglednica 1, Slika 6).

Bolj učinkoviti proti obarvanju so tudi premazni sistemi na osnovi organskih topil v primerjavi s primerljivimi sistemi na vodni osnovi (sistem 4 – sistem 1, sistem 5 – sistem 2, sistem 6 – sistem 3). Podobno ugotavljajo tudi Kimerling et al. (2004), ki navajajo, da se rumenenju grč pri vodnih sistemih skoraj ne da izogniti, če se pred njihovim nanosom ne uporabi ustreznih temeljnih premazov oz. tako imenovanih „blockerjev“.

Odpornost premaznega sistema proti obarvanju zaradi grč v lesu je očitno povezana s prepustnostjo utrjenega filma, ki je prav tako odvisna od podobnih dejavnikov, kot npr. števila nanosov in njihove količine, stopnje in vrste pigmentacije ter drugih dodatkov, tipa veziva in topila (De Meijer, 1999; Van der Wel & Adan, 1999). Splošno je znano, da imajo akrilni premazi večjo prepustnost kot alkidni; prav tako imajo premazi na vodni osnovi večjo prepustnost kot premazi istega veziva na osnovi organskih topil (Ahola et al., 1999; De Meijer, 2000; Wegen & Hellwig, 2000; Ekstedt & Östberg, 2001). Permeabilnost premaza se lahko zaradi staranja zmanjša ali poveča (Derbyshire & Miller, 1996; Mihvec et al., 1995). Tako lahko sklepamo, da so manj prepustni filmi utrjenih premaznih sistemov tudi bolj odporni proti obarvanju zaradi grč v lesu.

Poleg neupoštevanja barvnih razlik (ΔE^*) premazanih površin pred izpostavitvijo smo pri standardizirani metodi SIST EN 927-7:2000 našli še eno

pomanjkljivost. Namreč, vrednotenje premaznega sistema po njegovi učinkovitosti proti obarvanju zaradi grč v lesu temelji samo na merjenju barvnih razlik po izpostavitvi na mestih z grčami in brez njih, nikjer pa ni omenjeno spremljanje preboja smole skozi utrjen film premaznega sistema, ki je seveda tudi estetsko moteče, obenem pa nakazuje na večjo permeabilnost utrjenega filma premaznega sistema. V naši raziskavi je do preboja smole prišlo pri sistemih 1, 2, 4 in 5 (Slika 7). Preboj se je pojavil predvsem na robu in okoli grč, kar je tudi oteževalo merjenje barve na tem mestu. Preboj smole sta preprečila le debeloslojna prekrivna sistema (sistema 3 in 6) (Slika 8).

4 ZAKLJUČEK

4 CONCLUSION

V naši raziskavi smo pokazali, da z vrednotenjem barve pred izpostavitvijo in po njej in upoštevanjem te barvne razlike veliko bolj objektivno razvrstimo premazne sisteme po njihovi učinkovitosti proti obarvanju zaradi grč v lesu. Poltransparentni premazni sistemi že v samem začetku niso popolnoma prekrili površine. Razlog za to je v njihovi manjši količini pigmentov, ki prekrivajo podlago. Prav tako smo pri prekrivnih sistemih dokazali, da barvne razlike med premazanimi površinami z grčami in brez njih obstajajo, čeprav jih naše oko lahko ne opazi. Zaradi tega menimo, da je to izhodiščno barvno razliko pri vseh sistemih, ne glede na njihovo prek-

rivnost, pri vrednotenju njihove učinkovitosti proti obarvanju zaradi grč v lesu nujno upoštevati.

Rezultati naše raziskave so še pokazali, da je odpornost premaznih sistemov proti obarvanju zaradi grč v lesu povezana z vrsto topila v premazih, s prekrivnostjo sistema in njegovo slojnostjo oz. debelino suhega filma. Premazi na osnovi organskih topil so se tako izkazali za boljše, prav tako tisti, ki so vsebovali več pigmentov, in tisti z večjo debelino suhega filma.

Z izsledki naše raziskave smo že seznanili tehnični odbor Evropskega komiteja za standardizacijo (CEN TC 139 WG2 – *Coating materials and coating systems for exterior wood*), ki se ukvarja z razvojem metode za določanje odpornosti premazov proti obarvanju zaradi grč v lesu SIST EN 927-7. Izsledke naše raziskave bodo tako do naslednje predvidene revizije standarda uporabili za pripravo nove verzije.

5 POVZETEK

5 SUMMARY

The ability of coating systems on wood to maintain their decorative function during use is especially important in exterior applications. The elevated temperature on the surface of exposed wood can cause water-soluble substances, resins, tannins, and other wood extracts to migrate to the surface and discolour the coating system. Staining can occur in both soft- and hardwoods and is particularly problematic on wood surfaces coated with white pigmented coatings. In addition to environmental conditions and the characteristics of the coated wood, the extent of staining also depends on the type of coating system (water- or solvent-borne), its composition and the thickness of the coating. In softwoods, staining may occur particularly in areas where knots are present in the wood substrate.

The aim of the present study was to evaluate the staining of six different white pigmented wood coatings according to the method described in the standard SIST EN 927-7:2020. Red pine (*Pinus sylvestris* L.) wood with knots was used as substrate. The colour of the coated samples was measured before and after exposure to ultraviolet (UV) light (OSRAM ULTRA VITALUX 300 W, surface exposure temperature $(60 \pm 3)^\circ\text{C}$) for 72 hours, and the colour differences between coated surfaces with the knots and without them were calculated. In addition, the thickness of the dry coating films was mea-

sured using the ultrasonic coating thickness gauge.

After application of the coating systems, the greatest colour differences between coated surfaces with the knots and without them were observed at the samples coated with the system 2, followed by the systems 4, 1, 5, 3, and 6. As expected, these colour differences (ΔE^* from 0.36 to 8.74) were obviously related to the pigment concentration in the coatings. Greater transparency of coating system film offered higher colour difference.

After irradiation with UV light, the discoloration was particularly pronounced in the areas where knots were present in the wood substrate. Again, the colour differences between coated surfaces with the knots and without them were most pronounced in the samples coated with the coating system 2, followed by the systems 1, 4, 5, 3 and 6. But when also considering the initial colour differences due to the application of the coating systems, the coating system 1 ($\Delta E^* = 22.27$) was the least resistant to knot staining, followed by the systems 2 ($\Delta E^* = 18.01$), 5 ($\Delta E^* = 17.68$), 4 ($\Delta E^* = 14.13$), 3 ($\Delta E^* = 13.30$), and 6 ($\Delta E^* = 6.67$). These results show that the colour differences after the application of the coating systems must be considered in this context. It was found that the greater colour differences caused by exposure to UV light were related to the thickness of the coating film rather than the amount of pigment. Thus, the film of coating system 1 was able to hinder the texture of the underlying wood more than coating system 2. However, the film of coating system 1 was notably thinner ($58.6\ \mu\text{m}$) than that of coating system 2 ($87.0\ \mu\text{m}$), and consequently the colour differences were greater on the samples coated with coating system 1 ($\Delta E^* = 22.27$ vs. $\Delta E^* = 18.01$). In addition, similar to the usual studies, the solvent-borne coating systems were found to be more resistant to staining than water-borne ones. The other properties of the coating systems, such as the number of coating layers, the type of binder (alkyd or acrylic), the additives in the coating formulation, and the permeability of the coating film could significantly affect the staining resistance of the coating systems. Finally, the present study has shown that resin breakthrough occurs in the tested samples coated with low-build coating systems. However, the phenomenon of resin breakthrough is not considered in the methodology of the standard SIST EN 927-7:2000.

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENT

Neimenovanemu podjetju se najlepše zahvaljujemo za donacijo premaznih sistemov in Blažu Jemcu za dobavo lesa. Prav tako se za financiranje raziskave zahvaljujemo Javni agenciji za raziskovalno dejavnost (ARRS) in programski skupini P4-0015.

LITERATURA

REFERENCES

- Ahola, P., Derbyshire, H., Hora, G., & De Meijer, M. (1999). Water protection of wooden window joinery painted with low organic solvent paints with known composition. Part 1. Results of inter-laboratory tests. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 57, 45–50.
- Buchelt, B., & Wagenführ, A. (2012). Evaluation of color differences on wood surfaces. *European Journal of Wood and Wood Products*, 70 (1-3), 389–39.
- De Meijer, M. (1999). Interactions between wood and coatings with low organic solvent content. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen.
- De Meijer, M. (2000). Comparison between laboratory water permeability test and wood moisture content in full scale window frames. V: *Second Woodcoatings Congress. Woodcoatings. Challenges and Solutions in the 21st Century*. October 2000 Hague, Netherlands, Congress papers. Hague; Teddington: Paint research association, 23–25.
- Derbyshire, H., & Miller, E. R. (1996). Moisture conditions in coated exterior wood. Part 1: An investigation on the moisture transmission characteristics of exterior wood coatings and the effect of weathering on coating permeability. *Journal of the Institute of Wood Science*, 14 (1), 40–47.
- Ekstedt, J. (2002). Studies on the barrier properties of exterior wood coatings. PhD thesis. Stockholm, KTH- Royal Institute of Technology, Department of Civil and Architectural Engineering, Division of Building Materials.
- Ekstedt, J., & Östberg, G. (2001). Liquid Water Permeability of Exterior Wood Coatings – Testing According to a Proposed European Standard Method. *Journal of Coating Technology*, 73 (914), 53–59.
- Golob, V., & Golob, D. (2001). Teorija barvne metrike. V: *Interdisciplinarnost barve*. 1. del. V znanosti, Maribor, 2001. Jeler, S., Kumar, M. (ur.). Ljubljana, Tiskarna Pleško, 199–230.
- Kimerling, A. S., & Bhatia, S. R. (2004). Block copolymers as low-VOC coatings for wood: characterization and tannin bleed resistance. *Progress in Organic Coatings*, 51, 15–26.
- Mihev, V., Knehtl, B., & Žepič, R. (1995). Water-vapour permeability of the wood-coating system of different surface coating systems. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 46, 177–190.
- Nussbaum, R. N. (2004). The effect of processing and treatment parameters on the discoloration of painted joinery due to resin exudation from knots. *Surface Coatings International Part B: Coatings Transactions*, 87, 4, 181–186.
- Osram (2021). Ultra vitalux 300 W 230 V E27: Data sheet. https://www.osram.com/ecat/ULTRA-VITALUX-UV-A-UV-A-Ultraviolet-lamps-Industry-Specialty-Lighting/com/en/GPS01_1028569/ZMP_60829/ (27. 7. 2021).
- Pavlič, M. (2009). Lastnosti površinskih premazov v odvisnosti od njihovih interakcij s termično modificiranim lesom. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 3–59.
- SIST EN 927-7 (2020). Barve in laki - Premazi in premazni sistemi za zaščito lesa za zunanjo uporabo - 7. del: Ocenjevanje odpornosti premazov proti obarvanju zaradi grč v lesu. *Paints and varnishes - Coating materials and coating systems for exterior wood - Part 7: Assessment of knot staining resistance of wood coatings (EN 927-7: 2020)*.
- SIST EN ISO 11507 (2007). Barve in laki - Izpostavitve premazov umetnemu vremenskemu staranju - Izpostavitve fluorescentnemu UV sevanju in vodi. *Paints and varnishes - Exposure of coatings to artificial weathering - Exposure to fluorescent UV lamps and water (EN ISO 11507: 2007)*.
- SIST EN ISO 2808 (2019). Barve in laki - Ugotavljanje debeline plasti (ISO 2808:2019). *Paints and varnishes - Determination of film thickness (ISO 2808: 2019)*.
- SIST-TS CEN/TS 16359 (2012). Barve in laki - Premazi in premazni sistemi za zaščito lesa v zunanji uporabi - Ocenjevanje odpornosti premazov proti obarvanju zaradi lesnih grč. *Paints and varnishes - Coating materials and coating systems for exterior wood - Assessment of knot staining resistance of wood coatings (CEN/TS 16359: 2012)*.
- Suttie, E., & Ekstedt, J. (2004). Evaluation of a method to determine discoloration of paints on wood due to tannin staining from knots. *Surface Coatings International Part B: Coatings Transactions*, 87 (1), 57–61.
- Van der Wel, G. K., & Adan, O. C. G. (1999). Moisture in organic coatings – a review. *Progress in Organic Coatings*, 37, 1–14.
- Vrbec, J. (2021). Optimizacija metode določanja odpornosti premazov proti obarvanju zaradi grč v lesu. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 8–13.
- Wegen, W. H., & Hellwig, V. 2000. Artificial weathering of coatings including blue stain infection under laboratory conditions. V: *Second Woodcoatings Congress. Woodcoatings. Challenges and Solutions in the 21st Century*. October 2000 Hague, Netherlands, Congress papers. Hague; Teddington: Paint research association, 23–25.
- Williams, R. S., Jourdain, C., Daisey, G. I., & Springate, R. W. (2000). Wood Properties Affecting Finish Service Life. *Journal of Coatings Technology*, 72 (902) 35–42.