

GDK 829:841

Sprejeto/Received: april/April 1994

## VPLIV VRSTE LAZURNEGA PREMAZNEGA SREDSTVA NA STARANJE SISTEMA LES - PREMAZ

Vekoslav MIHEVC\* , Brane KNEHTL\*\*, Robert ŽEPIČ\*\*\*

### *Izvleček*

V prispevku je opisana primerjalna raziskava zaščitnih lastnosti med akrilnimi in alkidnimi lazurnimi premaznimi sistemi na lesu, ki je izpostavljen zunanji vplivom: zunanji videz, sprememba vlažnosti lesa in sprememba sijaja premaznega filma. Pri tem smo uporabili metodo umetnega pospešenega staranja površinsko obdelanega lesa smreke in jelke. Metoda se je izkazala kot ustrezna, saj dobimo hitre, realne in v praksi uporabne podatke za oceno zaščitnih sposobnosti in trajnosti posameznih premaznih sistemov.

*Ključne besede: zaščita lesa pred staranjem, akrilni lazurni premazi, alkidni lazurni premazi, umetno pospešeno staranje, površinski premazi, vlažnost lesa, sijaj*

## IMPACT OF THE KIND OF STAINS ON THE WEATHERING OF WOOD - COATING SYSTEM

### *Abstract*

The article describes the research of correlative protective characteristics between acrylic and alkyd film-forming stains for exterior wood finishing: visual appearance, changes of wood moisture, gloss of coating film. The method of accelerated artificial weathering of surface finished spruce and fir was used. The method proved to be appropriate while giving quick, real and practically applicable results for comparisons on coating protection function as well as wood finishing durability.

*Key words: wood weathering protection, acrylic film-forming stains, alkyd film-forming stains, accelerated artificial weathering, surface coatings, wood moisture, gloss*

\* dr., mag., dipl. ing. les, profesor, - Biotehniška fakulteta, odd. za lesarstvo, Ljubljana, Rožna dolina, Cesta VIII./34, SLO

\*\* mag., dipl. ing. les, - asistent, Biotehniška fakulteta, odd. za lesarstvo, Ljubljana, Rožna dolina, Cesta VIII./34, SLO

\*\*\* dipl. ing. les. - SLŠ Škofja Loka, Kidričeva 59, 64220 Škofja Loka, SLO

## KAZALO

1	UVOD .....	211
2	MATERIAL IN METODE DELA.....	212
2.1	Priprava vzorcev.....	212
2.2	Metoda umetnega pospešenega staranja in merjenje navlaževanja vzorcev.....	213
2.3	Merjenje spremembe sijaja.....	215
3	REZULTATI IN RAZPRAVA.....	215
3.1	Zunanji videz .....	215
3.2	Navlaževanje vzorcev .....	216
3.3	Vpliv UPS na sijaj vzorcev .....	218
4	SKLEPI.....	220
	SUMMARY .....	221
	VIRI.....	223

## 1 UVOD

Les, ki je izpostavljen vremenskim vplivom: atmosferilije, sončno sevanje, temperaturne in vlažnostne spremembe, zračna polucija, mehanski vplivi, glive ter insekti, je podvržen fizikalni (povečana hrapavost, razpoke), kemični (tvorba prostih radikalov) in biološki degradaciji (FEIST 1990). Za upočasnitev procesa staranja lesa se v praksi uporabljajo različna premazna sredstva (barve, laki, lazure, vodoodbojna sredstva, raztopine soli).

Pri površinski obdelavi stavbnega pohištva se v Evropi največ uporabljajo lazurni premazni sistemi, ki so namenjeni zaščiti, dekoraciji in oplemenitvenju lesenih površin, pri čemer zaradi svoje transparentnosti ne prekrijejo teksture lesa (SELL / FEIST 1986). Razvojni trend novejših lazurnih premaznih sistemov za površinsko obdelavo lesa gre v smeri zmanjševanja obremenitve okolja z organskimi topili, uporabe vode kot cenene in neškodljive hlapne komponente premazov in zamenjave veziv na alkidi osnovi z akrilnimi smolami (KNEHTL 1993). Ker se učinkovitost zaščite posameznih premaznih sredstev proti staranju pokaže v naravi šele v daljšem časovnem obdobju (nekaj let), izvajamo v laboratorijih umetno pospešeno staranje - UPS. S tem v pospešenem tempu simuliramo vpliv destruktivnih dejavnikov okolja (vlaga, UV in IR sevanje,...) na premazni sistem (ELLINGER 1977). Za vrednotenje zaščitnih sposobnosti premaza spremljamo med UPS različne fizikalne, kemične in mehanske lastnosti kot so: navlaževanje, paroprepustnost, elastičnost, sijaj, nastajanje prostih radikalov, hrapavost.... (BIERWAGEN 1987).

SCHMITZ / EMMERICH 1988 sta raziskovala primerjavo sijaja in elastičnosti alkidnih in akrilnih lazurnih premaznih sredstev med staranjem in ugotovila ugodnejše vrednosti pri vodnih akrilnih lazurah. Ugotavljata, da so v splošnem novejši akrilni premazni sistemi z izboljšanimi difuzijskimi lastnostmi, trajno elastičnostjo, nižjimi volumskimi skrčki pri nizkih temperaturah in dobrim sijajem po kakovosti že dosegli klasične alkidne

premazne sisteme. Razlike v trajnosti med alkidnimi in akrilnimi premazi so odvisne zlasti od pigmentacije, sistema obdelave, paroprepustnosti ter kraja in načina izpostave (KRIČEJ 1976, MIHEVC et al. 1981, BODNER et al. 1989, AHOLA 1991).

Cilj te raziskave je predvsem objektivna analiza zaščitnih lastnosti različnih lazurnih premaznih sistemov na akrilni in alkidni osnovi v razmerah umetnega pospešenega staranja.

## 2 MATERIAL IN METODE DELA

Naloga obsega raziskavo učinkovitosti petih premaznih sistemov v razmerah umetnega pospešenega staranja.

### 2.1 Priprava vzorcev

Za poskuse smo pripravili večinoma tangencialne vzorce, izdelane iz lesa smreke/ jelke dimenzij 250 x 100 x 20 mm (dolžina x irina x debelina) s poprečno gostoto 0,44 g/cm<sup>3</sup>, ki so bili klimatizirani na srednjo ravnovesno vlažnost 12,3%. Vzorci so bili najprej mehansko obdelani s skobljanjem in vzdolžno brušeni z brusilnim papirjem št. 180. čela vzorcev smo zaščitili s kompaktnim dvokomponentnim epoksidnim premazom in s tem bistveno zmanjšali sorpcijo vlage na čelnem prerezu lesa.

Za površinsko obdelavo vzorcev smo uporabili pet premaznih sistemov:

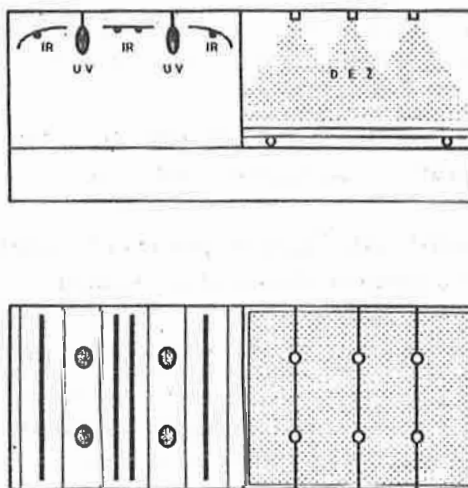
- A - vodna akrilna impregnacijska lazura: poprečni nanos 102,5 g/m<sup>2</sup>
  - vodna akrilna lak lazura 1: poprečni nanos 231,8 g/m<sup>2</sup>
- B - vodna akrilna impregnacijska lazura: poprečni nanos 104,3 g/m<sup>2</sup>
  - vodna akrilna lak lazura 2: poprečni nanos 233,6 g/m<sup>2</sup>
- C - vodna akrilna impregnacijska lazura: poprečni nanos 102,9 g/m<sup>2</sup>

- vodna akrilna lak lazura 3: poprečni nanos 232,4 g/m<sup>2</sup>
- D - organska alkidna impregnacijska lazura: poprečni nanos 98,1 g/m<sup>2</sup>
- vodna akrilna lak lazura 1: poprečni nanos 235,3 g/m<sup>2</sup>
- E - organska alkidna impregnacijska lazura: poprečni nanos 96,5 g/m<sup>2</sup>
- organska alkidna lak lazura: poprečni nanos 203,2 g/m<sup>2</sup>
- F - površinsko neobdelani (kontrolni) vzorci

Za vsak premazni sistem smo pripravili po 9 vzorcev, 11 površinsko neobdelanih vzorcev pa smo uporabili za kontrolo. Na klimatizirane vzorce smo najprej nanegli impregnacijsko lazuro s čopičem, po 24-urnem sušenju pa še lak lazuro z "airless" brizgalno pištolo po navodilih proizvajalca premaznih sredstev. Po površinski obdelavi smo vzorce hranili še 14 dni v zračnem prostoru s stalno temperaturo 20 C in relativno zračno vlažnostjo 65 %, da so se premazni filmi popolnoma utrdili.

## 2.2 Metoda umetnega pospešenega staranja in merjenje navlaževanja vzorcev

Ko so se premazni filmi dokončno utrdili, smo vzorce izpostavili procesu umetnega pospešenega staranja (UPS). Naprava za UPS, ki je bila narejena v katedri za pohištvo, Biotehniške fakultete, Oddelka za lesarstvo, je prostorsko razdeljena na dva dela. V prvem so vzorci izpostavljeni delovanju umetnega dežja, v drugem pa UV in IR sevanju. Izmenično izpostavljanje vzorcev umetnemu dežju in sevanju je omogočeno s pomičnim vozičkom, ki vzorce avtomatično, glede na fazo umetnega staranja, transportira v prvi ali drugi del naprave (grafikon 1).



Grafikon 1: Shema naprave za umetno pospešeno staranje - UPS

Fig. 1: The scheme of the accelerated weathering device

Ciklus, ki traja 60 minut, vključuje naslednje faze:

- umetni dež .....22 minut
- mirovanje .....9 minut
- UV in IR sevanje .....3 minute
- UV sevanje .....21 minut
- UV in IR sevanje .....3 minute
- mirovanje .....2 minuti

Ciklus UPS je sestavljen na podlagi poprejšnjih preskusov in usklajevanja s programi tujih inštitutov. Umetno pospešeno staranje vzorcev je trajalo skupaj 500 ciklusov: 183,3 ur umetnega dežja, 225 ur sevanja in 91,7 ur mirovanja. Po približno vsakih 50 ciklusih trajanja UPS-a smo vzorce, vedno po fazi umetnega dežja, vzeli iz naprave in jih tehtali na laboratorijski tehtnici na desetinko grama natančno. Ob upoštevanju povprečne začetne vlažnosti vzorcev 12,3% in trenutne mase vzorca smo izračunali trenutne vlažnosti lesa vzorcev. Z uporabo metode najmanjših kvadratov smo iz parov (x,y) izračunali regresijsko krivuljo tipa  $y = ax^b$ , ki se je na

podlagi dosedanjih raziskav in izkušenj izkazala za najprimernejšo.

### 2.3 Merjenje spremembe sijaja

Za oceno sijaja površine vzorcev smo uporabili reflektometersko metodo, ki jo predpisuje DIN 67530. Velikost reflektometerske vrednosti je določena z deležem odboja usmerjenega snopa svetlobe pod določenim kotom. Sijaj smo na vzorcih merili na treh mestih, pred izpostavitvijo umetnemu pospešenemu staranju in po njem. Meritve smo opravljali pri kotu vpadnega snopa svetlobe 60°, kar se v praksi tudi največ uporablja.

## 3 REZULTATI IN RAZPRAVA

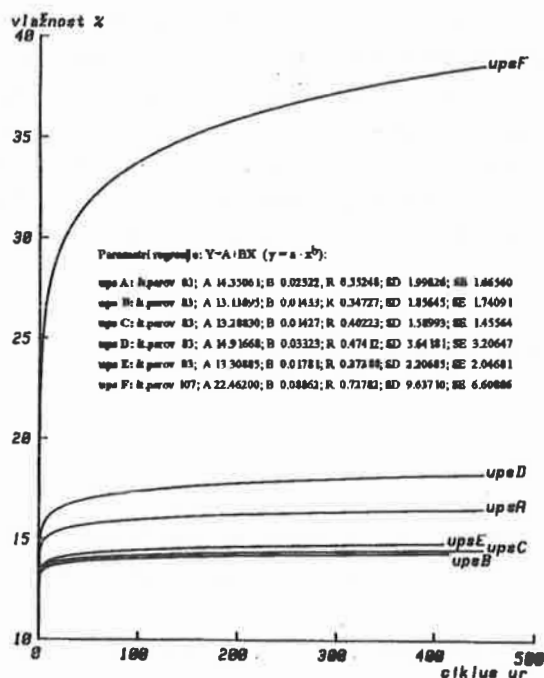
### 3.1 Zunanji videz

Barva površinsko nezaščitenih vzorcev se je, zlasti zaradi delovanja UV- svetlobe, na katero je od lesnih sestavin najbolj občutljiv lignin, spremenila v smeri rumene in sive. Na številnih vzorcih so nastale vzdolžne površinske razpoke in koritavost. Zaradi intenzivnejšega izpiranja mehkejšega ranega lesa, se je povečala hrapavost površine vzorcev.

Površinsko obdelani vzorci A, B, C, D in E se po UPS med seboj vizuano niso značilno razlikovali, saj so imeli podoben barvni ton, sijaj in gladkost površine. Nekoliko večja valovitost površin vzorcev, obdelanih z vodnimi lazurnimi sistemi pred UPS, zaradi različnega nabrekanja in krčenja ranega in kasnega lesa, se je ohranila tudi po UPS. Prav tako ni bilo opaznejših sprememb barvnega tona. Na nekaterih tangencialnih vzorcih A, B, C in D so se izločale drobne kapljice smole iz smolnih kanalov v lesu.

## 3.2 Navlaževanje vzorcev

Regresijske krivulje poteka vlažnosti vzorcev kažejo na različno zaščitno sposobnost posameznih premaznih sistemov proti navlaževanju v procesu UPS (grafikon 2).



Grafikon 2: Regresijske krivulje vlažnosti lesa po ciklih UPS  
 Fig. 2: Regression curves of wood moisture increase for finished samples A, B, C, D, E and control during accelerated weathering test

Razlike v vlažnosti vzorcev so se pokazale že v začetku UPS. Med vzorci D in B, ki se jim je vlažnost med staranjem najbolj oziroma najmanj povečala, so se pojavile razlike v vlažnosti vzorcev že po prvih 50 ciklih (3.1%), se pri 350 ciklih povečale na 3.8% in znašale po 500 ciklih UPS 3.9%.



Regressijski krivulji vzorcev A in D se bistveno ločita od preostalih treh. Vzrok za hitrejše navlaževanju vzorcev A gre pripisati predvsem kemični sestavi veziva te končne akrilne lak lazure, saj so meritve debeline suhega premaznega filma pokazale, da med njimi ni večjih razlik. Površinska obdelava vzorcev A in D se razlikuje le v uporabljeni impregnacijski lazuri (A: vodna akrilna, D: alkidna lazura na osnovi organskih topil), pokrivni premaz pa je pri obeh enak. Regresijska krivulja D zavzema višje absolutne vrednosti  $y$  kot A. Razlog za te razlike je najverjetneje v kemijskih interakcijah med impregnacijsko alkidno lazuro in vodno akrilno lak lazuro že med utrjevanjem filma premaza.

Vlažnost nezaščiteneh kontrolnih vzorcev je naraščala bistveno hitreje in že po prvih 50 ciklikih dosegla vrednost blizu 32% (okoli točke nasičenja celičnih sten), na koncu pa je njihova vlažnost značala okoli 39%. Velik odklon enega izmed vzorcev od srednjih vrednosti si lahko razlagamo z predvsem s vplivom nehomogenosti lesa in z njegovo morebitno višjo začetno vlažnostjo. Pri vseh metodah UPS pa prihaja do napak tudi zaradi neizenačenih pogojev v sami napravi (FISCHER et al. 1991).

Da bi lahko odgovorili na vprašanje, ali obstajajo značilne razlike v zaščitni sposobnosti pred navlaževanjem med posameznimi vzorci, smo opravili F- test (preglednica 1).

*Preglednica 1: Primerjava značilnosti razlik med regresijskimi premicami premaznih sistemov A, B, C, D in E z F-testom*

*Table 1: Statistical analysis (F-test) of water uptake regression curves for finished samples A, B, C, D and E during accelerated weathering test*

F vrednosti	parametra premice	premaz B	premaz C	premaz D	premaz E
premaz A	naklon B konst. A	2,155 <sup>-</sup> 60,506 <sup>***</sup>	3,435 <sup>-</sup> 63,788 <sup>***</sup>	3,270 <sup>-</sup> 16,270 <sup>***</sup>	0,454 <sup>-</sup> 34,313 <sup>***</sup>
premaz B	naklon B konst. A		0,048 <sup>-</sup> 0,290 <sup>-</sup>	8,133 <sup>**</sup> 92,305 <sup>***</sup>	0,472 <sup>-</sup> 2,273 <sup>-</sup>
premaz C	naklon B konst. A			10,081 <sup>**</sup> 93,612 <sup>***</sup>	0,905 <sup>-</sup> 1,275 <sup>-</sup>
premaz D	naklon B konst. A				4,910 <sup>*</sup> 67,612 <sup>***</sup>

<sup>\*\*\*</sup> razlika značilna na stopnji tveganja < 0.001

<sup>\*\*</sup> razlika značilna na stopnji tveganja < 0.01

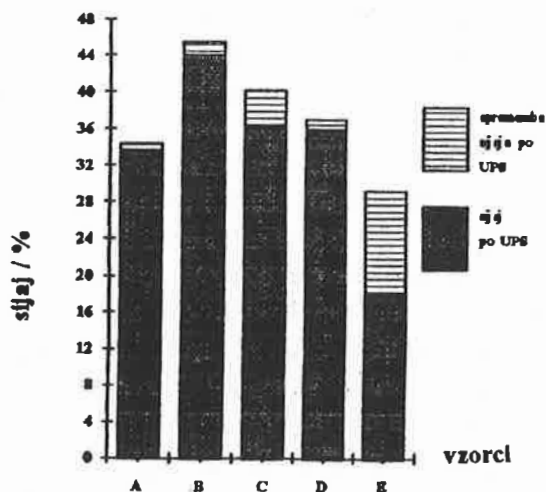
<sup>\*</sup> razlika značilna na stopnji tveganja < 0.05

S statistično primerjavo regresijskih premic, transformiranih iz regresijskih krivulj, smo ugotovili, da obstajajo značilne razlike med regresijsko premico premaza A in drugimi regresijskimi premicami v konstanti A oziroma med popravljenimi srednjimi vrednostmi. To velja tudi za regresijsko premico premaza D, s tem, da obstaja tudi značilna razlika med nakloni B regresijske premice D in B, C ter E. Med regresijskimi premicami B, C in E ni značilnih razlik med nakloni in konstantami, zato lahko sklepamo, da ne obstajajo značilne razlike v zaščitni sposobnosti med vzorci lazurnih vodnih sistemov B in C v primerjavi s klasičnim alkidnim na osnovi organskih topil (E).

### 3.3 Vpliv UPS na sijaj vzorcev

Z merjenjem sijaja vzorcev pred UPS in po njem, smo ugotavljali vpliv staranja na degradacijo površinskega premaza zlasti v estetskem smislu. Poprečna vrednost sijaja vzorcev A, B, C in D pred UPS je bila okoli 39 % in je bila višja kot

pri vzorcu E (grafikon 3). Med UPS se je zmanjšal sijaj pri vseh vzorcih, vendar različno pri posameznem premaznem sistemu. S statistično analizo - primerjavo parov vzorcev pred UPS in po njem, smo ugotovili, da je razlika statistično značilna pri vseh premazih, razen pri premazu A, in sicer pri stopnji tveganja  $\alpha < 0.05$ , pri premazu D pa pri stopnji tveganja  $\alpha < 0.001$ .



Grafikon 3: Vpliv UPS na spremembo sijaja vzorcev

Fig. 3: Gloss changes of finished samples A, B, C, D and E during accelerated weathering test

Z analizo variance razlike: stanje1 - stanje2, med premazi smo ugotovili tudi, da je razlika med premazom E in preostalimi visoko značilna, statistično značilne pa so tudi razlike med premazoma A in C ter C in D, medtem, ko razlike med premazi A in B, B in C, A in D ter B in D niso značilne. Največje razlike v sijaju so bile torej pri alkidnem premazu E, precej manjše pa pri drugih vzorcih.

#### 4 SKLEPI

V nalogi smo proučevali vplive umetnega pospešenega staranja na trajnost zaščitnih lastnosti petih lazurnih sistemov na akrilni in alkidni osnovi, ki so bili nanoseni v dveh slojih na lesu smreke/jelke.

Vizualna ocena vzorcev pred UPS in po njem, je pokazala, da ni prišlo do večjih razlik v barvnem tonu, oceni sijaja in ravnosti površine med vzorci A, B, C in D, pri vzorcih E pa smo opazili posivitev in povečano motnost površine.

Z metodo UPS smo ugotovili tudi, da med posameznimi premaznimi sistemi obstajajo značilne razlike v sposobnosti preprečevanja navlaževanja lesa. V največji meri so odvisne od kemijske sestave veziva in zgradbe premaznega sistema. S statistično primerjavo regresijskih premic  $Y=A+BX$ , dobljenih s transformacijo regresijskih krivulj  $y=ax^b$ , ki prikazujejo vlažnost lesa vzorcev med umetnim pospešenim staranjem, smo ugotovili, da obstajajo značilne razlike med skupino premazov B, C, E in premazom A ter premazom D, medtem ko med premazi B, C in E razlike niso statistično značilne. Najbolje sta se izkazala vodna akrilna premazna sistema B in C, kombinacija alkidne impregnacijske ter pokrivne akrilne lazure se je v tem poskusu pokazala kot manj ustrezna, saj so se ti vzorci med UPS najhitreje navlaževali. Sposobnost preprečevanja navlaževanja lesa, je eden najpomembnejših kriterijev zaščitnih lastnosti premaza, ker je neposredno povezana z dimenzijsko stabilnostjo stavbno mizarskih izdelkov, dovzetnostjo za biološki razkroj in za zmanjšanje adhezijske povezave med premazom in lesom (SELL 1985).

Razlike izmerjenih vrednosti sijaja površin vzorcev zaradi staranja so značilne na stopnji tveganja  $< 0.5$ , razen pri vzorcih A, kjer razlika ni signifikantna in pri vzorcu E, kjer je razlika značilna na stopnji tveganja  $< 0.001$ . Vodni akrilni premazni sistemi so pokazali dobro obstojnost sijaja.

Sprememba sijaja med staranjem premaznega sistema torej ne more biti edini kriterij za odločitev o izbiri posameznega premaza, je pa koristen podatek, ki skupaj še z drugimi lastnostmi (paroprepustnost, elastičnost, UV- prepustnost) prispeva k celovitejšemu vrednotenju kakovosti posameznega premaznega sredstva.

Metoda umetnega pospešenega staranja se je izkazala primerna za komparativne analize lastnosti različnih premaznih sredstev in sistemov, saj daje hitre, realne in praktično uporabne podatke za oceno zaščitne sposobnosti, trajnosti in nenazadnje kakovosti premaznih sredstev.

## SUMMARY

The aim of the present research at the Biotechnical faculty, Department of Wood Science and Technology in Ljubljana was to determine the correlations and differences between wooden samples finished with 5 different exterior pigmented stains systems. The samples of spruce/fir (*Picea abies/Abies alba*) (length 250mm, wid 100mm and thick 20mm), with initial average wood moisture content of 12,3% were prepared in the Laboratory for Wood finishing. Two coat were applied (the first with a brush, the second with airless spraying) of various exterior stains systems as follows:

- A - acrylic latex impregnating stain and acrylic latex film-formig stain (type 1)
- B - acrylic latex impregnating stain and acrylic latex film-formig stain (type 2)
- C - acrylic latex impregnating stain and acrylic latex film-formig stain (type 3)
- D - alkyd impregnation stain on solvent base and acrylic latex film-formig stain (type 1)
- E - alkyd impregnation stain on solvent base and alkyd film-formig stain on solvent base
- F - untreated control samples

The method used was the accelerated artificial weathering. The apparatus is divided into two separated chambers. In the first one the samples are treated with artificial rain (aqua destilata) and in the other they are exposed to IR and UV light sources. One cycle consists of the following phases: artificial rain, lasting 22 minutes; rest, lasting 9 minutes; UV and IR irradiation 3 minutes; UV irradiation 21 minutes; UV and IR irradiation 3 minutes and rest 2 minutes.

The specimens were exposed in a device over a period of 500 cycles or hours. Every 50 hours of treatment the single samples was weighted in order to determine the water uptake. After the test the measured data were transformed into regression curves type  $y = ax^b$ , of wood moisture increase during the test for every paint type. It was found out that there were very small differences between samples B, C and E regarding the water uptake 14.4 - 14.9% at the end of the test, on the other hand the values of wood moisture of samples A in D increased faster and reached at cycle 50<sup>th</sup> 15.7 and 17% and at cycle 500<sup>th</sup> 16.6 and 18.3%. The statistical analysis did not show any significant differences in water moisture increase between paint types B, C and E.

The surface gloss was measured before and after the weathering. The measurements were carried out with Laboratory-reflectometer at the reflection angle 60°. The results proved smaller changes in paint surface gloss caused by accelerated artificial weathering for samples A, B and D, significant gloss decrease for sample C and quite significant decline for the E type specimens. The statistical analysis of gloss for the samples A did not explain any significant changes.

One of the most important criteria in evaluating the surface protection function of coatings is the change of wood moisture during the weathering. It is directly connected with the dimension changes of the wood joinery, possibility of wood

decay, and shelling of coating during the adhesion failures (SELL 1985). Considering this condition the acrylic stain systems B and C and the alkyd one performed as the best. The paint gloss change is not so important and should also proved to be measured over a longer period.

Further investigations will have to find out the role of permeability of coatings on the wood - coating system durability and the correlations between the method of accelerated artificial weathering and outdoor exposure.

#### ZAHVALA

*Raziskavo so poleg Biotehniške fakultete, Oddelka za lesarstvo, omogočili Color Medvode z vzorci premaznih sredstev in Jelovica Škofja Loka, ki je prispevala les za vzorce Posebna zahvala tudi g. mag. Vladimirju Puhku za strokovno pomoč pri statistični obdelavi podatkov in g. Borutu Kričju pri opravljanju meritev.*

#### VIRI

- AHOLA, P., 1991. Moisture transport in wood coated with joinery paints. - Holz als Roh- und Werkstoff 49, s. 428-432.
- BIERWAGEN, G.P., 1987. The Science of Durability of Organic Coatings: A Foreword. - Progress in Organic Coatings 15, s. 179-195.
- BODNER, J./ JANOTA, O./ INDOME, G.H., 1989. Physikalische Abbauvorgänge bei Außenanstrichen auf Wasser- und Lösungsmittelbasis. - Holzforschung und Holzverwertung, 4, s. 59-62
- DIN 67530, 1982. Reflektometer als Hilfsmittel zur Glanzbeurteilung an ebenen Anstrich- und Kunststoff- Oberflächen, s. 5
- ELLINGER, M., 1977. Weathering Tests. -Progress in Organic Coatings 5, s. 21-34.
- FEIST, W.C. 1990. Outdoor Wood Weathering and Protection. In Rowel et al. : Archaeological wood: properties, chemistry and

- perservation. *Advances in Chemistry Series 225. Chapter 11*, s. 264-298.
- FISCHER, R.M./ KETOLA, W.D./ MURRAY, W.P., 1991. Inherent variability in accelerated weathering devices. - *Progress in Organic Coatings*, 19, s. 165-179.
- KNEHTL, B., 1993. Trendi na področju ekologije pri površinski obdelavi lesa. - *Les*, 45, 11, s. 319-324.
- KRIČEJ, B., 1976. Umetno pospešeno staranje lazurnih impregnacijskih premazov. - *Les*, 28,9-10, s. 179-184.
- MIHEVC, V. et al., 1981. Vpliv klime na kvaliteto površinske obdelave lesnih izdelkov na fasadah zgradb. - *Raziskovalna naloga*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo s. 190.
- SCHMITZ, G. / EMMERICH, D. 1988. Umweltfreundliche Lack- und Lasursysteme. *Bau und Möbelschreiner*, Teil 1, 2, s. 31-33; Teil 2, 3, s. 94-95.
- SELL, J. 1985. Physikalische Vorgänge in wetterbeanspruchten Holzbauteilen. - *Holz als Roh- und Werkstoff* 43, s. 259-267.
- SELL, J. / FEIST, W.C. 1986. U.S. and European finishes for weatherexposed wood - a comparison. - *Forest Products Journal* 36, 4, s. 37-41.