

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Klemen VAUKAN

**PRIMERJAVA REZULTATOV MERITEV
DEBELINE SUHEGA FILMA IZ RAZLIČNIH
EVROPSKIH LABORATORIJEV**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Klemen VAUKAN

**PRIMERJAVA REZULTATOV MERITEV DEBELINE
SUHEGA FILMA IZ RAZLIČNIH EVROPSKIH
LABORATORIJEV**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

**COMPARISON OF THE RESULTS OF THE DRY FILM
THICKNESS MEASUREMENTS FROM SEVERAL
EUROPEAN LABORATORIES**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2013

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Izvedeno je bilo na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin, na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomske naloge imenoval prof. dr. Marka PETRIČA, za somentorja asist. dr. Matjaž PAVLIČA, za recenzenta pa prof. dr. Milana ŠERNEKA.

Mentor: prof. dr. Marko PETRIČ

Somentor: asist. dr. Matjaž PAVLIČ

Recenzent: prof. dr. Milan ŠERNEK

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Klemen VAUKAN

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*829.1
KG	Les/ premazni sistem/ debelina
AV	VAUKAN, Klemen
SA	PETRIČ, Marko (mentor)/PAVLIČ, Matjaž (somentor)/ŠERNEK, Milan (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2013
IN	PRIMERJAVA REZULTATOV MERITEV DEBELINE SUHEGA FILMA IZ RAZLIČNIH EVROPSKIH LABORATORIJEV
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	VIII, 45 str., 6 pregl., 32 sl., 42 vir.
IJ	sl
JL	sl/ en
AI	V okviru evropskega primerjalnega preizkusa (<i>Round Robin Test</i>) smo določali debeline suhega filma različnih premaznih sistemov na 3 lesnih podlagah (les smreke, bukve in merantija). Vzorce je pripravil inštitut Holzforschung iz Avstrije, meritve v prečnem prerezu z mikroskopom in z ultrazvočno metodo pa so bile izvedene v Laboratoriju za obdelavo površin na Biotehniški fakulteti in v več priznanih evropskih preskuševalnih laboratorijsih. Dobljene rezultate smo analizirali in poiščevali poiskati vzroke za morebitne razlike v meritvah. Ugotovili smo, da na točnost meritev vpliva več dejavnikov: človeški faktor, uporaba različne opreme, merilna negotovost opreme. Iz pridobljenih podatkov je bilo razvidno, da so imeli naši rezultati meritev v primerjavi z rezultati ostalih laboratorijskih manjše variiranje in da so naše vrednosti nekje v sredini vseh meritev, kar je gotovo pokazatelj dobrega dela.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Vs
DC	UDC 630*829.1
CX	wood/coating system/thickness
AU	VAUKAN, Klemen
AA	PETRIČ, Marko (supervisor)/PAVLIČ, Matjaž (co-supervisor)/ ŠERNEK, Milan (reviewer)
PP	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY	2013
TI	COMPARISON OF THE RESULTS OF THE DRY FILM THICKNESS MEASURMENTS FROM SEVERAL EUROPEAN LABORATORIES
DT	Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO	VIII, 45 p., 6 tab, 32 fig., 42. ref.
LA	sl
AL	sl/ en
AB	Within the context of European Round Robin Test we were determining the thickness of dry film of various coating systems on 3 different wooden substrates (spruce, beech, meranti). The samples were prepared by the Austrian Holzforschung Institute; the measurements of the cross cut wood with a microscope and ultrasound method were carried out in the Laboratory for Surface Treatments at the Biotechnical Faculty, and in several accredited European testing facilities. The test results were analyzed and used to find reasons for the eventual differences in the measurements. We found many influences that affect the accuracy of the measurements; the human factor, the use of different equipment, and the measurement uncertainty of the instruments. From the findings it was clear that our test results, in comparison to the test results of other laboratories, had less variation. They are somewhere in the middle of all measurements, which is a reflection of the tenacity of our work.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VI
KAZALO SLIK	VII
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA.....	2
1.2 CILJI NALOGE.....	2
2 PREGLED OBJAV IN TEORETIČNIH OSNOV.....	3
2.1 VRSTE PREMAZNIH SREDSTEV	3
2.2 LASTNOSTI PREMAZNIH SREDSTEV	6
2.3 STANDARDNE METODE PRESKUŠANJA	9
3 MATERIALI IN METODE	11
3.1 MATERIALI	11
3.1.1 Smreka, <i>Picea abies</i> (L.) Karst.	12
3.1.2 Bukev, <i>Fagus sylvatica</i> L.	13
3.1.3 Meranti, <i>Shorea sp.</i>	14
3.2 PRIPRAVA VZORCEV.....	14
3.2.1 Mikroskopska metoda	14
3.2.2 Ultrazvočna metoda	15
3.3 METODA DELA.....	16
3.3.1 Merjenje debeline suhega filma premaznega sistema z mikroskopom ..	16
3.3.2 Merjenje debeline suhega filma premaznega sistema z ultrazvokom	17
4 REZULTATI.....	20
4.1 MERITVE RAZLIČNIH IZVAJALCEV NA RAZLIČNI OPREMI	20
4.1.1 Smreka	20
4.1.2 Bukev	22
4.1.3 Meranti	24
4.1.4 Razprava	26
4.2 VPLIV VRSTE LESA NA DEBELINO SUHEGA FILMA.....	27
4.2.1 Mikroskopska metoda	27
4.2.2 Ultrazvočna metoda	28
4.2.3 Razprava	29
4.3 PRIMERJAVA REZULTATOV MERITEV DEBELINE SUHEGA FILMA IZ RAZLIČNIH EVROPSKIH LABORATORIJEV	29
4.3.1 Mikroskopska metoda	30
4.3.2 Ultrazvočna metoda	34
4.3.3 Razprava	36
5 SKLEPI	37
6 POVZETEK	38
7 VIRI	39
ZAHVALA	43

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primerjava debelin suhega filma (μm) in KV, izmerjenih v različnih laboratorijih (mikroskopska metoda): podlaga smreka	31
Preglednica 2: Primerjava debelin suhega filma (μm) in KV, izmerjenih v različnih laboratorijih (mikroskopska metoda): podlaga bukev	32
Preglednica 3: Primerjava debelin suhega filma (μm) in KV, izmerjenih v različnih laboratorijih (mikroskopska metoda): podlaga meranti	33
Preglednica 4: Primerjava debelin suhega filma (μm) in KV, izmerjenih v različnih laboratorijih (ultrazvočna metoda): podlaga smreka	34
Preglednica 5: Primerjava debelin suhega filma (μm) in KV, izmerjenih v različnih laboratorijih (ultrazvočna metoda): podlaga bukev	35
Preglednica 6: Primerjava debelin suhega filma (μm) in KV, izmerjenih v različnih laboratorijih (ultrazvočna metoda): podlaga meranti	35

KAZALO SLIK

Slika 1: Smrekov les	12
Slika 2: Bukov les.....	13
Slika 3: Merantijev les.....	14
Slika 4: Vzorci za merjenje debeline suhega premazanega sistema z mikroskopom.....	15
Slika 5: Vzorec za merjenje debeline suhega premaznega sistema z mikroskopom.....	15
Slika 6: Vzorec z meritvenimi mesti	15
Slika 7: Vzorci za merjenje debeline suhega premaznega sistema z ultrazvokom	16
Slika 8: Mikroskop Olympus SZH	16
Slika 9: Mikroskop Novex RZT-SF	17
Slika 10: Ultrazvočni merilnik DeFelsco ProsiTector 200.....	18
Slika 11: Princip delovanja ultrazvočnega merilnika DeFelsco ProsiTector 200 (SIST EN ISO 2808:2007)	18
Slika 12: Merilna mesta na vzorcu	19
Slika 13: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda): smreka, majhna debelina suhega filma.....	21
Slika 14: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda): smreka, srednja debelina suhega filma.....	21
Slika 15: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda): smreka, velika debelina suhega filma.....	22
Slika 16: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda): bukev, majhna debelina suhega filma.....	23
Slika 17: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda): bukev, srednja debelina suhega filma.....	23
Slika 18: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda): bukev, velika debelina suhega filma.....	24
Slika 19: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda): meranti, majhna debelina suhega filma.....	24
Slika 20: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda):meranti , srednja debelina suhega filma.....	25
Slika 21: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda): meranti, visoka debelina suhega filma.....	25
Slika 22: Slika merantija v prečnem prerezu.....	26
Slika 23: Slika smreke v prečnem prerezu	26
Slika 24: Slika bukve v prečnem prerezu	27
Slika 25: Debolina suhega premaznega sistema pri različnih drevesnih vrstah (mikroskopska metoda)	28
Slika 26: Debolina suhega premaznega sistema med različnimi drevesnimi vrstami (ultrazvočna metoda)	29
Slika 27: Primerjava debelin, izmerjenih v različnih laboratorijsih (mikroskopska metoda): smreka.....	31
Slika 28: Primerjava debelin, izmerjenih v različnih laboratorijsih (mikroskopska metoda): bukev	32
Slika 29: Primerjava debelin, izmerjenih v različnih laboratorijsih (mikroskopska metoda): meranti	33

Slika 30: Primerjava debelin, izmerjenih v različnih laboratorijsih (ultrazvočna metoda): smreka.....	34
Slika 31: Primerjava debelin, izmerjenih v različnih laboratorijsih (ultrazvočna metoda): bukev	35
Slika 32: Primerjava debelin, izmerjenih v različnih laboratorijsih (ultrazvočna metoda): meranti	36

1 UVOD

Trajnost površinskih premazov na lesu, ki je v uporabi na prostem in izpostavljen vremenskim vplivom, je relativno slaba. Zaradi tega je potrebno pogosto obnavljanje, kar zmanjšuje konkurenčnost stavbnega pohištva iz lesa v primerjavi z izdelki iz sintetičnih polimernih materialov ali aluminija. Uporaba okoljsko najprimernejšega, naravnega materiala – lesa, za izdelavo stavbnega pohištva, različnih opažev, oblog, ograj, ipd., bi lokalno in globalno zelo pozitivno vplivala na zmanjševanje onesnaževanja okolja in obenem pripomogla k blažitvi podnebnih sprememb. Po vsej verjetnosti bi se potrošniki v mnogo večji meri odločali za uporabo lesenih izdelkov, če bi se intervali med potrebnimi obnavljanji premazov za les podaljšali.

Industrija barv in premazov je sposobna izdelati kvalitetne površinske zaščitne prevleke, ki dolgotrajno kljubujejo pogostim temperaturnim in vlažnostnim spremembam ter obsevanju z ultravijoličnimi žarki. Problem pa je v substratu – lesu, katerega najbolj neugodna lastnost je dimenzijska nestabilnost. Zaradi uravnovešanja vlažnosti se les krči in razteza, kar povzroča napetosti v lesu, na spoju med lesom in površinskim premazom in v samem filmu premaza. Posledično začnejo površinski premazi pokati in padavinska voda vdre pod plast utrjenega filma. Pojavijo se mehurji in premaz se začne luščiti. Zaradi delovanja gliv modrivrsk in pravih razkrojevalk začne les pod poškodovanou prevleko modreti in propadati.

Zaradi navedenih razlogov je kakovostna površinska obdelava lesa v zunanji uporabi eden izmed pomembnejših dejavnikov, kot sta tudi penetracija premaznega sredstva v les in debelina suhega premaznega sredstva. Debelina suhega premaznega sredstva ima zelo pomembno vlogo pri lastnostih utrjenega filma in pri tem vpliva na celotni premazni sistem.

Za merjenje debeline suhega premaznega sistema poznamo več metod, ki se delijo na destruktivne in nedestruktivne. Pod nedestruktivne metode spadajo meritve z ultrazvočnimi meriteli, feromagnetnimi meriteli in naprave, ki izkoriščajo optične lastnosti premaza. Pod destruktivne metode pa spadajo meritve, opravljene z meritno urico, po metodi z vrtanjem, po metodi s klinastim odrezom in mikroskopski metodi.

S problematiko merjenja debeline suhega filma se je začela ukvarjati 2. skupina 139. tehničnega odbora Evropskega komiteja za standardizacijo (CEN TC 139 WG2 – Coating materials and coating systems for exterior wood), ki je ugotovila, da celo akreditirani laboratoriji po Evropi kljub standardizirani metodni debelino suhega filma premaznih sredstev in/ali premaznih sistemov za zaščito lesa v zunanji uporabi določajo na različne načine.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Debelina suhega filma premaznega sistema ima velik vpliv na končne lastnosti površinsko obdelane površine oz. površinskega sistema. Pri preskušanju lastnosti površin, za definiranje vzorca vedno poleg uporabljenih materialov (vrsta podlage in uporabljenih premazov) navajamo še količine nanosov premazov in/ali izmerjeno debelino suhega filma. Le-to pa lahko po standardu SIST EN ISO 2808:2007 izmerimo po več metodah. Najbolj uporabljeni metodi sta merjenje v prečnem prerezu z mikroskopom in ultrazvočna metoda. Obe imata svoje prednosti in pomanjkljivosti, rezultati, pridobljeni z dvema različnima metodama, pa gotovo niso vedno enaki. Ultrazvočna metoda se zdi dokaj natančna. Verodostojnost njenih meritev je verjetno bolj odvisna od natančnosti naprave, njene kalibracije in homogenosti merjenih materialov. Pri merjenju debeline suhega filma v prečnem prerezu pa je subjektivni vpliv človeškega dejavnika na rezultate meritve gotovo večji.

1.2 CILJI NALOGE

V okviru naloge se bomo vključili v evropski primerjalni preizkus (*Round Robin Test*) določanja debeline suhega filma različnih premaznih sistemov na treh lesnih podlagah (les smreke, bukve in merantija). Vzorce bo pripravil inštitut Holzforschung iz Avstrije, meritve v prečnem prerezu z mikroskopom in z ultrazvočno metodo pa bodo izvedene v laboratoriju za obdelavo površin na Biotehniški fakulteti in v več priznanih evropskih preskuševalnih laboratorijih. Dobljene rezultate bomo analizirali in poskušali poiskati vzroke za eventualne razlike v meritvah.

2 PREGLED OBJAV IN TEORETIČNIH OSNOV

(povzeto po Pavlič, 2010)

Les v zunanji uporabi je kot naravno razgradljiv material konstantno podvržen degradaciji zaradi biotskih in abiotiskih dejavnikov, kot so vlažnost, temperatura, sončna svetloba, onesnažen zrak ... Pred slednjimi ga najobičajneje zaščitimo s površinsko zaščito s premaznimi sredstvi oz. sistemi. Površinska zaščita lesa ima poleg zaščitne tudi dekorativno vlogo. Lahko nastopa popolnoma samostojno, še najbolje pa je, če sledi konstrukcijski in kemični zaščiti.

Trajnost premaza, ki les ščiti pred zunanjimi vplivi (abiotiskimi dejavniki), je odvisna od lastnosti in priprave lesa, ustrezne izbire premaznega sredstva glede na namen uporabe izdelka, načina in kvalitete nanašanja, uporabe konstrukcijske zaščite in vplivov okolja, v katerem se premazan izdelek nahaja (Pavlič in Mihevc, 2001). Učinkovitost površinske zaščite pa ni odvisna samo od premaza samega, temveč tudi od sinergije med uporabljenim premaznim sistemom (sestavljen iz enega ali več slojev istega ali različnih premazov) in lesno podlago. To dvoje skupaj tvori tako imenovan površinski sistem (sistem les – tekoč premaz ali sistem les – utrjen premaz) (Pavlič in sod., 2003). Seveda pa zopet ne moremo mimo dejstva, da je kakovost površinskega premaza oz. sistema pri tem še kako pomembna. Tako moramo biti pri izbiri premaznega sredstva zelo previdni, saj se le-ti med sabo razlikujejo po lastnostih, namembnosti in seveda tudi kakovosti.

2.1 VRSTE PREMAZNIH SREDSTEV

V literaturi se pojavljajo različne razvrstitev sredstev za zaščito lesa pred vremenskimi vplivi (Miller, 1980; Pečenko, 1987; Feist, 1996; Feist, 1997; Mihevc 1999; SIST EN 927-1:1997). Tuji avtorji za enaka sredstva uporabljajo različne razdelitve in izraze. Za mnoge izraze v slovenščini niti ne najdemo ustreznega prevoda.

Pri nas se je do pred kratkim še najbolj uveljavila razvrstitev (Pečenko, 1987), ki premazna sredstva razdeli z vidika materialov, primernih za zaščito lesa pred vremenskimi vplivi, na naslednje štiri tipe:

- biocidna sredstva za zaščito lesa,
- lak emajle,
- lazure,
- lake.

Biocidna sredstva se pri površinski zaščiti navajajo zato, ker jih nanašamo izključno na površino, z namenom zaščite pred biotskimi dejavniki.

Lak emajli (opleski) so filmotvorna debeloslojna premazna zaščitna sredstva, s katerimi popolnoma prekrijemo lesno teksturom in tako tudi eventualne možne napake lesa. Vsebujejo veliko količino pigmentov, zaradi česar jih je na trgu možno dobiti v raznih barvnih odtenkih (Feist, 1997). Njihovi poglaviti prednosti sta dobra vodoodbojnost in nizka paroprepustnost, ki je obenem tudi njihova največja pomanjkljivost. Ob izpostavljenosti izdelkov vremenskim vplivom prihaja do erozije premaza in difuzije vlage skozi film v les. Prihaja do "gibanja" lesa in tako do nastanka mikro razpok v filmu premaza. Absorbirana vlaga v lesu se tako akumulira, kar povzroča mehurjenje in odstopanje (luščenje) premaznega filma (Miller, 1980; Pečenko, 1987; Feist, 1997). Pri ponovnem premazovanju moramo odstraniti celoten predhodni premaz mehansko s struganjem z lopatico, pri čemer je treba lak predhodno omehčati s plamenom, vročim zrakom ali kemičnim odstranjevalcem (»lavo«) (Pečenko, 1987; Mihevc, 1999). Novejši pokrivni premazi za površinsko zaščito lesa v zunanjji uporabi se od konvencionalnih emajlov že nekoliko razlikujejo. Kljub temu, da so običajno primerni tudi za nanašanje na druge materiale (kovine), so bolj prožni in tako lažje sledijo dilatacijam podlage. Pri obnavljanju moramo popolnoma odstraniti le poškodovane premaze, nepoškodovane le očistimo in obrusimo. Pred njihovo uporabo na lesu pa je zelo priporočljivo predhodno uporabiti ustrezni temeljni premaz.

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 prihaja do podobnih težav kot pri lak emajlih. S kvalitetnim lakom, nanesenim na korektno pripravljeno površino, je možno doseči dobre rezultate, vendar ne smemo zanemariti dejstva, da je les mogoče zaščititi pred delovanjem sončne svetlobe le s pigmenti (Pečenko, 1987). Lahko se nam zgodi, da les pod filmom laka že po nekaj letih izpostavljenosti zaradi fotodegradacije močno spremeni svojo barvo. Uporaba lakov za vremensko zaščito torej ni priporočljiva, razen če je zagotovljeno redno vzdrževanje, ki pa je relativno draga.

Lasure so na naše tržišče prišle iz zahodne oziroma severne Evrope in so v relativno kratkem času popolnoma osvojile potrošnike. Uporabljajo se v industriji stavbnega pohištva, predvsem v proizvodnji oken in vrat, za površinsko obdelavo lesenih konstrukcij, lesenih ograj, opažev ter vseh ostalih izdelkov, ki so izpostavljeni vremenskim vplivom (Kričej, 1976). Enostavna površinska obdelava, videz in enostavno obnavljanje so faktorji, ki so pripomogli k vse večji uporabi teh premazov. Za razliko od lak emajlov so lasure manj pigmentirani premazi, ki na lesu tvorijo tanek film in površino lesaobarvajo transparentno, in sicer 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 funkcija lazur je odbijanje tekoče vode, saj imajo izrazito vodoodbojno površino. Zaradi svoje velike permeabilnosti omogočajo lesu "dihanje", kar pa ima tudi svojo slabo stran; vlažnost lesa niha mnogo bolj kot pri neprepustnih ali malo prepustnih premazih, vendar se vlaga v lesu ne akumulira. Lazure

pod vremenskimi vplivi počasi erodirajo, debelina filma se tanjša. Debelejši sloji, kot so filmi lak emajlov in lakov, pa postajajo krhki, pokajo in se luščijo. Nedvomna prednost lazur je enostavnost njihovega obnavljanja, saj površino pred ponovnim nanosom običajno samo skrtačimo in obrišemo. Z enim ali dvema nanosoma pa jo osvežimo (Pečenko, 1987).

V preteklosti so bile najbolj poznane alkidne in akrilne lazure na osnovi organskih topil. Danes jih imenujemo konvencionalne lazure. Njihova uporaba se zaradi okoljske osveščenosti močno zmanjšuje, saj vsebujejo velik delež organskih topil oz. hlapnih organskih snovi (HOS). Vse bolj pa se uveljavljajo premazi z visoko vsebnostjo suhe snovi (*high solid stains*) in lazure, ki uporabljajo kot topilo vodo (*waterborne stains*) (Martin, 1996; Dongen in sod., 1998). Z uporabo lazur z visoko vsebnostjo suhe snovi lahko v primerjavi s konvencionalnimi zmanjšamo emisijo hlapnih organskih komponent za 60 %, z lazurami na vodni osnovi pa še za dodatnih 10 % (Dongen in sod., 1998).

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,
- tankoslojne,
- debeloslojne,
- prekrivne lazure.

Proizvajalci pa pri poimenovanju premaznih sredstev vse pogosteje uporabljajo standard SIST EN 927-1:1997, ki premaze ali premazne sisteme za površinsko zaščito lesa v eksterieru razvršča po določenih lastnostih, in sicer glede na:

- kategorijo uporabe,
- izgled,
- pogoje izpostavitve.

Znotraj posameznih kategorij uporabe standard SIST EN 927-1:1997 loči:

- nestabilno področje (dilatacija podlage je dovoljena, npr. za zunanje fasadne prekrivajoče se lesene obloge, ograje, vrtne lope),
- srednje stabilno področje (dovoljena je majhna dilatacija podlage, npr. za zunanje fasadne lesene obloge na utor in pero, lesene hiše in lope, vrtno pohištvo ...),
- stabilno področje (dovoljena je le minimalna dilatacija podlage, npr. za stavbno pohištvo).

Po izgledu standard premaze ali premazne sisteme za površinsko zaščito lesa v eksterieru razvršča glede na njihovo:

- slojnost (minimalno slojen: debelina suhega filma manj kot 5 µm, tankoslojen: debelina suhega filma od 5 µm do 20 µm, srednjeslojen: debelina suhega filma

večja kot $20 \mu\text{m}$ in manjša ali enaka $60 \mu\text{m}$, debeloslojen: debelina suhega filma večja kot $60 \mu\text{m}$),

- prekrivnost ali pokrivenost, tudi kritnost (prekriven ali pokriven, poltransparenten, transparenten),
- sijaj (mat: sijaj manjši od 10, polmat: sijaj večji kot 10 in manjši ali enak 35, polsijajen: sijaj večji kot 35 in manjši ali enak 60, sijajen: sijaj večji kot 60 in manjši ali enak 80, visokosijajen: sijaj večji kot 80).

Pogoje izpostavitve standard definira glede na vremenske pogoje in izvedbo konstrukcije in tako loči blage, srednje težke in težke pogoje izpostavitve. Tako lahko po standardu SIST EN 927-1:1997 glede na različno kombinacijo razvrstitev dobimo kar 540 različnih poimenovanj premazov ali premaznih sistemov za površinsko zaščito lesa v eksterieru.

2.2 LASTNOSTI PREMAZNIH SREDSTEV

Premazi na lesu so neprestano izpostavljeni spremenljivim vremenskim razmeram, zato se jih morajo s svojimi fizikalnimi lastnostmi stalno prilagajati. Tako pričakujemo, da so odporni proti UV-sevanju in predstavljajo zaščito pred fotodegradacijo podlage; da imajo majhen temperturni razteznostni koeficient; da so elastični in sledijo delovanju lesa; da dobro penetrirajo v les in se tako nanj dobro oprimejo; da so primerno permeabilni za prehajanje vlage; da so enostavni za uporabo itd. Vse to pa seveda ni odvisno samo od premaza, temveč tudi od podlage, s katero skupaj tvorita površinski sistem (Pavlič in sod., 2003), o čemer smo že govorili. Vzrok za razlike v lastnostih premazov pa lahko gotovo iščemo v njihovi različni sestavi.

Akrilni premazi na vodni osnovi imajo v splošnem večjo viskoznost, gostoto in površinsko napetost kot alkidni premazi na osnovi organskih topil (Brock in sod., 2000; Pavlič, 2009). Višjo gostoto in površinsko napetost premazov na vodni osnovi lahko pripisemo vplivu velike vsebnosti vode. Organska topila, ki jih najpogosteje uporabljajo v industriji premazov, imajo nižjo gostoto kot voda. Premazom na vodni osnovi za boljše omakanje lesa dodajajo surfaktante, s katerimi znižajo površinsko napetost premaza. A ker gre za manjše količine teh dodatkov, je vpliv visoke površinske napetosti vode (73 mN/m) v premazih še vedno prisoten (Brock in sod., 2000).

Iz literature lahko tudi zasledimo, da vrednost pH pri konvencionalnih premazih na osnovi organskih topil nima bistvene vloge. Drugače je pri premazih na vodni osnovi, saj je od vrednosti pH, ki se običajno nahaja okoli 7, odvisna stabilnost formulacije (Brock in sod., 2000).

Od lastnosti tekočega premaza je seveda tudi odvisno, kako se bo le-ta obnašal na lesni podlagi. Premazi z nižjo viskoznostjo, stičnim kotom na substratih, vrednostjo pH, gostoto

in površinsko napetostjo, v les običajno globlje penetrirajo. Vse to so torej tudi razlogi za globljo penetracijo alkidnih premazov na osnovi organskih topil v primerjavi z akrilnimi premazi na vodni osnovi (De Meijer in sod., 1998, 2001; Rijckaert in sod., 2001; Pavlič, 2009). Bistvena razlika med tekočimi filmi akrilnih premazov na vodni osnovi in premazov na osnovi organskih topil je še v hitrosti sušenja. Film premazov na vodni osnovi se običajno sušijo hitreje. O tem nas prepriča dejstvo, da filmi premazov na vodni osnovi že v nekaj dneh od nanosa dosežejo večjo trdoto kot filmi premazov na osnovi organskih topil (Pavlič, 2009).

Če so premazi dovolj prožni oz. elastični, se lahko prilagajajo večjim dilatacijam lesa v zunanji uporabi. Prožnost je dejansko lastnost premaza, s katero povezujemo tudi njegovo trajnost. S staranjem pa filmi premazov postajajo čedalje bolj trdi in krhki. Vzrok za to je v porastu stopnje zamreženja polimera pod vplivom staranja in UV-sevanja, pri čemer narašča tudi temperatura steklastega prehoda (Ljuljka, 1990). UV-sevanje povzroča tudi barvne spremembe na premazih, saj ti postajajo bolj rumenasti in motni (Ambrosi in Offredi, 1996).

Če je temperatura steklastega prehoda premaza pod temperaturo, pri kateri premaz uporabljamo, je premaz mehkejši, prožnejši in ima povečano absorpcijo vlage ter večji nabrek. Če je temperatura steklastega prehoda nad temperaturo, pri kateri ga uporabljamo, je premaz trši, vendar tudi bolj krhek, ima nižjo adsorpcijo vlage in manjši nabrek (Zorll, 2000). Temperatura steklastega prehoda je odvisna od sestave premaza in od načina utrjevanja. Alkidnim premazom zaradi vpliva staranja temperatura steklastega prehoda narašča hitreje kot akrilnim. To pomeni, da so alkidni premazi v zimskem času pri nizkih temperaturah manj zmožni slediti dilatacijam podlage in posledično lahko prej razpokajo ter se odluščijo kot akrilni (Jaić, 2000).

Prepustnost premaza je že vrsto let predmet številnih raziskav (Sell, 1975; Feist in sod., 1985, Graystone, 1998; Arnold, 1999; Ekstedt, 2001) in je gotovo ena od pomembnejših lastnosti premaza. Kljub obsežnemu raziskovalnemu delu pa vprašanje o optimalni prepustnosti oz. permeabilnosti še vedno ostaja neodgovorjeno. Malo prepustni premazi zagotavljajo dobro zaščito proti zunanji vlagi, vendar nevarnost vdora skozi poškodbe filma, ki se slej ko prej pojavi, še vedno ostaja (Janotta, 1974; De Meijer, 1999; Derbyshire, 1999). Ta vлага pa se ob sušnem obdobju in segrevanju površin oz. filma laka lahko akumulira pod površino filma ter povzroča mehurjenje premaza, pozneje tudi luščenje.

Po drugi strani pa zelo prepustni premazi ne prispevajo k večji dimenzijski stabilnosti podlage, zaradi katere bi lahko bile že omenjene napetosti oz. obremenitve dosti manjše. Prepustnost utrjenega filma je odvisna od številnih dejavnikov, kot so število nanosov in njihova količina, stopnja in vrsta pigmentacije ter drugih dodatkov, tip veziva in topila ...

(De Meijer, 1999; Van der Wel in Adan, 1999). Splošno je znano, da imajo akrilni premazi večjo prepustnost kot alkidni (Ahola in sod., 1999; De Meijer in sod., 2000; Wegen in Hellwig, 2000; Ekstedt in Östberg, 2001); prav tako imajo premazi na vodni osnovi večjo prepustnost kot premazi istega veziva na osnovi organskih topil (De Meijer, 1999). Permeabilnost premaza se lahko zaradi staranja zmanjša ali poveča (Derbyshire in Miller, 1996; Mihevc in sod., 1995). Mnogi dodatki, ki so za premaz esencialnega pomena, lahko vsebujejo hidrofilne dele, zaradi katerih se poveča higroskopnost premaza (Van der Wel in Adan, 1999).

Od prepustnosti filma je odvisna tudi odpornost sistema les – utrjen premaz proti glivam modrkvam in glivam pravim razkrojevalkam. Preko bolj prepustnega filma glice s svojimi hifami lažje in hitreje prodrejo ter tako okužijo les pod njim.

Kako trajen bo premaz oz. premazni sistem na podlagi pa je v veliki meri odvisno tudi od debeline suhega filma. Z večjo debelino suhega filma oz. količino nanosa premazov nujno ne dosežemo boljših oz. trajnejših rezultatov. Z večjo debelino suhega filma zmanjšamo prepustnost, kar je lahko tudi neugodno, zelo znan pa je tudi negativni vpliv prevelike debeline suhega filma na njegovo oprijemljivost (Brock in sod., 2000).

Čisto posebno poglavje v lastnostih in sestavi pa so tako imenovani novodobni nano premazi, ki so na trgu že kar nekaj časa, njihova uporaba na lesu pa je bila omejena predvsem na eksterier.

Nanomaterial je snov, ki vsebuje nanostrukture dimenzij med 1 nm in 100 nm. Natančneje, velikost vsaj ene izmed dimenzij nanostrukture mora biti manjša od 100 nm. 100 nm je dimenzijska meja, pri katerih se lastnosti nanomateriala bistveno razlikujejo od lastnosti masivnega materiala. Zaradi svojih izredno majhnih dimenzij imajo namreč nanomateriali drugačne lastnosti od običajnih materialov. Nanostrukture so lahko plastovitih oblik, v obliki nanocevk in nanovlaken ter kot tridimensionalni nanodelci. Za plastovite nanostrukture je značilno, da je debelina plasti manjša od 100 nm. V to skupino sodijo npr. nanofilmi ali nano površinski premazi. Slednjih ne smemo mešati z »nano premazi«, ki to niso glede na debelino plasti, temveč jih tako imenujemo zaradi vsebnosti nanodelcev v filmu premaza.

S premazi, ki vsebujejo nanodelce in modificirajo površino lesa na molekularnem nivoju, so dosegli izvrstno hidrofobnost površin. Tudi umazanija v snovi, ki so obdelane s takimi premazi, slabše prodira. S pomočjo nanotehnologije so izdelali površinske premaze, ki imajo boljše mehanske lastnosti (večjo odpornost proti udarcem in razenju), povečano ognjeodpornost, odpornost proti vremenskim vplivom (vlagi, UV žarkom) ter proti biotskim dejavnikom razkroja.

2.3 STANDARDNE METODE PRESKUŠANJA

Veliko vlogo pri vrednotenju kakovosti premazov oz. premaznih sistemov ima seveda standardizacija oz. standardi, v katerih so natančno definirane metode za določanje lastnosti. Preskušanje premazov za interier je zaradi daljše zgodovine njihove uporabe veliko bolj razvito in definirano kot preskušanje premazov za eksterier. Tako imamo za preskušanje izključno premazov in premaznih sistemov za zunanjo zaščito lesa veliko manj standardiziranih metod.

S pripravo standardov za preskušanje in vrednotenje kakovosti premazov in premaznih sistemov za površinsko zaščito lesa v zunanji uporabi se ukvarja druga delovna skupina 139 tehničnega odbora Evropskega komiteja za standardizacijo (CEN TC 139 WG2 – Coating materials and coating systems for exterior wood). V letu 2000 so bili formirani prvi evropski standardi (skupina EN 927 standardov) za to področje, ki so bili že leta 2001 privzeti v SIST standarde. Do sedaj pa je ta skupina pripravila pet sedaj veljavnih standardov. To so:

- SIST EN 927-1:1997 Barve in laki - Premazi in premazni sistemi za zunanjo zaščito lesa - 1. del: Razvrstitev in izbor - Paints and varnishes - Coating materials and coating systems for exterior wood - Part 1: Classification and selection. Ta standard definira sistem klasificiranja premazov oz. premaznih sistemov za zunanjo zaščito lesa glede na uporabo, izgled in izpostavljenost glede na zunanje razmere. Pri tem standardu je debelina suhega filma oz. premaznega sistema eden od pomembnejših faktorjev in se določa po standardu ISO 2808:1991; metoda 5A.
- SIST EN 927-2:2006 Barve in laki - Premazi in premazni sistemi za zunanjo zaščito lesa - 2. del: Specifikacija lastnosti - Paints and varnishes - Coating materials and coating systems for exterior wood - Part 2: Performance specification. Ta standard določa zahteve za premaze in premazne sisteme za eksterier glede na njihove lastnosti. Zahteve so podane glede na končno uporabo in izpostavljenost glede na zunanje razmere pri normalnih vremenskih pogojih.
- SIST EN 927-3:2007 Barve in laki - Premazi in premazni sistemi za zunanjo zaščito lesa - 3. del: Preskus s staranjem v naravnih razmerah - Paints and varnishes - Coating materials and coating systems for exterior wood - Part 3: Natural weathering test. Ta standard definira preizkus staranja premazov in premaznih sistemov v naravnih razmerah, ki so namenjeni za dekoracijo in zaščito lesa. Pri tem standardu je debelina suhega filma oz. premaznega sistema eden od pomembnejših faktorjev in se določa po standardu EN ISO 2808:2004; metoda 6A.
- SIST EN 927-5:2007 Barve in laki - Premazi in premazni sistemi za zunanjo zaščito lesa - 5. del: Ocenjevanje prepustnosti vode - Paints and varnishes - Coating materials and coating systems for exterior wood - Part 5: Assessment of the liquid water permeability. Ta standard opisuje metodo za ocenjevanje prepustnosti vode premazov in premaznih sistemov za zunanjo zaščito lesa. Pri tem standardu je

debelina suhega filma oz. premaznega sistema eden od pomembnejših faktorjev in se določa po standardu EN ISO 2808:2004; metoda 6A.

- SIST EN 927-6:2007 - Barve in laki - Premazi in premazni sistemi za zunanjo zaščito lesa - 6. del: Izpostava premazov za les umetnemu staranju s fluorescentnimi UV svetilkami in vodo - Paints and varnishes - Coating materials and coating systems for exterior wood - Part 6: Exposure of wood coatings to artificial weathering using fluorescent UV lamps and water. Ta standard definira metodo za določanje odpornosti premazov in premaznih sistemov na umetno staranje s fluorescentnimi UV svetilkami in vodo. Pri tem standardu je debelina suhega filma oz. premaznega sistema eden od pomembnejših faktorjev in se določa po standardu ISO 2808:1997.

3 MATERIALI IN METODE

V okviru naloge smo se vključili v evropski primerjalni preskus (*Round Robin Test*) določanja debeline suhega filma različnih premaznih sistemov na treh lesnih podlagah. Namen tega preskusa je bil ugotavljanje odstopanj rezultatov meritev med različnimi laboratoriji. V preskus je bilo vključenih enajst laboratorijev pri metodi za merjenje v prečnem prerezu z mikroskopom (*Holzforschung Austria; Ofi Technologie & Innovation GmbH, Austria; SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Sweden; Overfladeteknik / Coating Consultancy, Denmark; Teknos A/S, Denmark; Department of Wood Science and Technology, Slovenia; CATAS s, Italy; ADLER-Werk Lackfabrik, Austria; Akz-o Nobel Deco GmbH, Germany; Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut, WKI, Germany; Labomat, France*) in trije laboratoriji pri metodi za merjenje z ultrazvokom (*SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Sweden; Department of Wood Science and Technology, Slovenia; Labomat Essor, France*).

V naši nalogi smo osnovni namen primerjalnega preskusa še razširili in tako naredili analizo vpliva človeškega faktorja in različne merilne opreme. Tako smo najprej proučevali vpliv različnih izvajalcev meritev na mikroskopu vrste Olympus na dobljene vrednosti. Za analizo vpliva različnih mikroskopov pa smo iste vzorce pomerili še z mikroskopom vrste Novex.

3.1 MATERIALI

Vzorce za primerjavo je pripravil Holzforschung Austria. Izdelani so bili iz treh različnih drevesnih vrst, in sicer iz lesa smreke (*Picea abies* (L.) Karst. - oznaka vzorcev: **S**), bukve (*Fagus sylvatica* L. - oznaka vzorcev: **B**) in merantija (*Shorea sp.* - oznaka vzorcev: **M**).

Za površinsko obdelavo so uporabili tri različne premazne sisteme z uporabo iste belo pigmentirane prekrivne debeloslojne lazure na vodni osnovi. Vsak sistem so tvorili z dvema nanosoma, nanosi pa so bili različni. Tako so dobili tri premazne sisteme z različno debelino suhega filma.

Za vsako drevesno vrsto so pripravili po šest vzorcev, po tri za merjenje debeline suhega filma premaznega sistema z mikroskopsko metodo in po tri za merjenje debeline suhega filma premaznega sistema z ultrazvokom. Vsak od treh vzorcev iste drevesne vrste za eno metodo je tako imel različno debelino suhega filma premaznega sistema, majhno (< 20 µm – premazni sistem **1**), srednjo (od 20 µm do 60 µm – premazni sistem **2**) in veliko (približno 100 µm – premazni sistem **3**). Priprava vzorcev za merjenje je opisana v poglavju 3.2.

3.1.1 Smreka, *Picea abies* (L.) Karst.

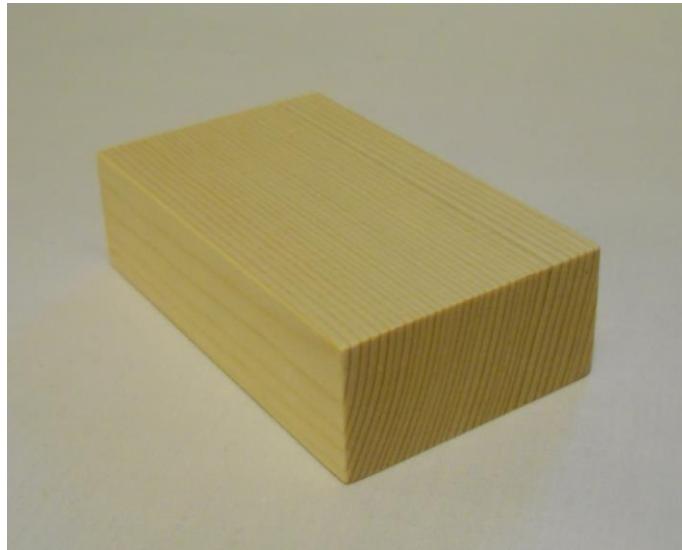
(Povzeto po Čufar, 2006)

Smreka je avtohton v severni Evropi in gorovjih srednje Evrope. Zanjo je značilno ravno, vitko, polnolesno deblo z malo vejami (razen pri prosti rastočih drevesih). Zraste do višine 30 m do 50 m in premera do (120(200)) cm.

Smrekovina ima neobarvano jedrovino, zato se beljava in jedrovina ne ločita (slika 1). Les je večinoma rumenkasto bel. Branike so razločne. Prehod iz ranega v kasni les je večinoma postopen. Pri razžaganem lesu se velikokrat pojavijo smolni žepki.

Les je mehek in srednje gost ($300 \text{ kg/m}^3, \dots 430 \text{ kg/m}^3, \dots 640 \text{ kg/m}^3$), krči se zmerno. Je elastičen, trden in se suši brez težav. Les se lahko cepi in lušči, je malo nagnjen k zvijjanju in pokanju in se z lakkoto obdeluje. Brez težav se površinsko obdeluje z vsemi komercialnimi laki.

Uporaba smrekovega lesa je raznovrstna, od gradbenega do konstrukcijskega lesa za visoke in nizke gradnje, ter tudi za notranjo opremo. Les je primeren tudi za proizvodnjo lesnih tvoriv. Pogosto se uporablja za pohištvo.



Slika 1: Smrekov les

3.1.2 Bukev, *Fagus sylvatica* L.

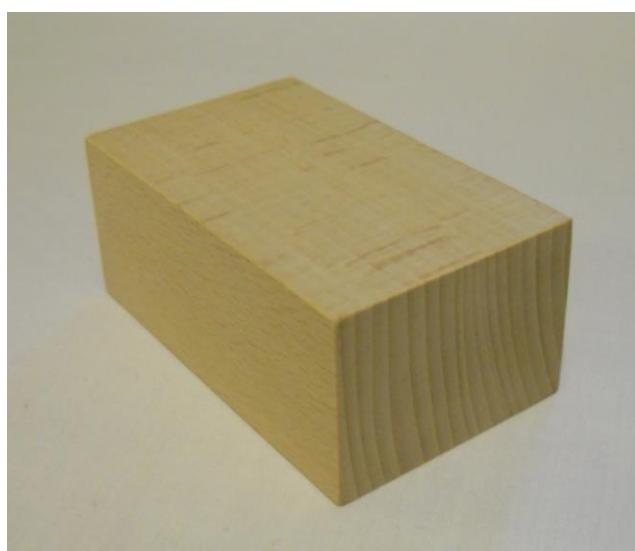
(Povzeto po Čufar, 2006)

Bukev je naš najbolj razširjen listavec in naša najpomembnejša lesna vrsta. Razširjena je po dolinah in sredogorjih zahodne, srednje in južne Evrope do Kavkaza. Zraste do višine 30 m in premera 100 cm do 150 cm.

Les je rdečkasto bel, normalno brez obarvane jedrovine (slika 2). Pri starejših drevesih se na prečnem prerezu navadno pojavlja nepravilno obarvan, rdečerjav diskoloriran les, imenovan »rdeče srce«. Branike so razločne. Kasni les je nekoliko temnejši od ranega. Zelo značilni so številni široki trakovi, ki so na tangencialni površini vidni kot rdečkasta vretenca, na radialni pa kot očitna, do več milimetrov visoka zrcalca, ki zelo vplivajo na videz lesa.

Les ima visoko gostoto ($490 \text{ kg/m}^3, \dots 680 \text{ kg/m}^3, \dots 880 \text{ kg/m}^3$), je trd in se zelo krči in nabreka. Les je zelo žilav, malo elastičen in zelo trden. Dobro se cepi in predvsem po parjenju se dobro upogiba in krivi. Nezaščiten je na prostem zmerno trajen. Brez težav se ročno in strojno obdeluje, vendar se zaradi visoke gostote lesa poveča poraba energije. Lepo se lušči in reže v furnirje. Dobro se struži in polira. Površina se brez težav obdeluje z vsemi komercialnimi laki.

Uporaba bukovega lesa je raznovrstna. Bukovina je odlična za izdelavo železniških pragov, vendar mora biti za ta namen ustrezno impregnirana. Kot gradbeni in konstrukcijski les se uporablja predvsem pri srednje obremenjenih notranjih konstrukcijah. Bukovina je izhodiščni material oplemenitenih lesnih tvoriv, kot prešan masiven les.



Slika 2: Bukov les

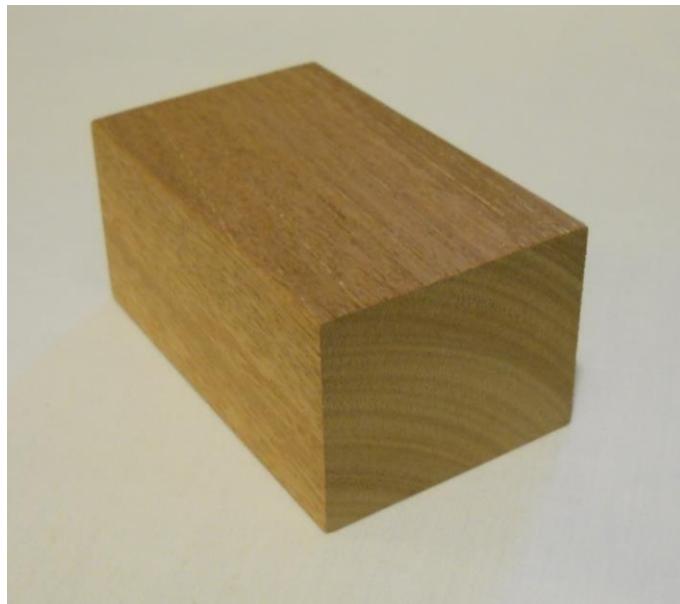
3.1.3 Meranti, *Shorea sp.*

(povzeto po Čufar 2006)

Meranti raste na Filipinah, v Indoneziji in Maleziji. Je listopadno vednozeleno drevo, ki raste do 50 m in premera do 120 cm.

Les je rdečkaste barve, ker vsebuje rdeče jerdrovinske snovi (slika 3). Gostota lesa v zračno suhem stanju je od 450 kg/m^3 do 810 kg/m^3 . Gostota navadno narašča z intenzivnostjo barve. Trakovi so na radialnem prerezu vidni kot značilna zrcalca.

Les je primeren za vezan les, nosilne konstrukcije, okna, notranjo opremo. Okužba z insekti ni redka. Obdeluje in suši se brez težav. Površina se brez težav obdeluje z vsemi komercialnimi laki.

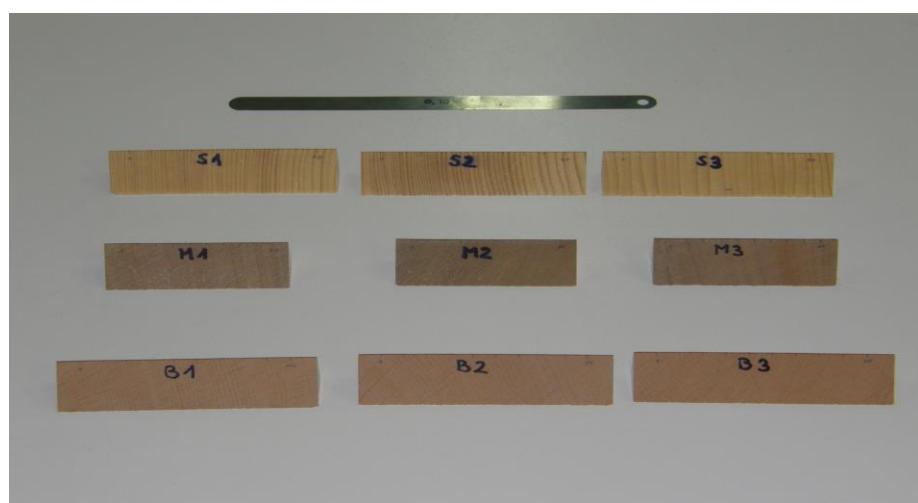


Slika 3: Merantijev les

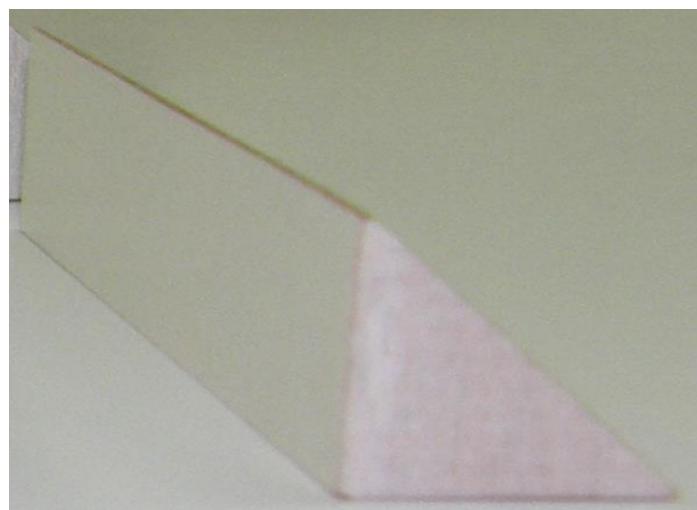
3.2 PRIPRAVA VZORCEV

3.2.1 Mikroskopska metoda

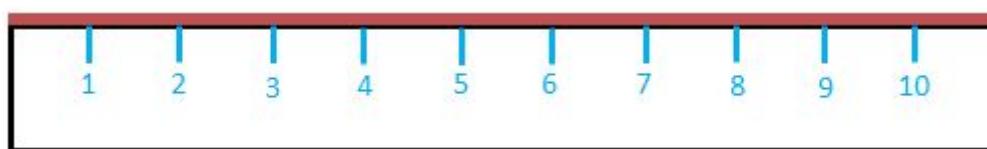
Iz vsake letve smo prečno na vlakna izžagali vzorce pod kotom 45° . Nato smo z britvico prečno na vlakna posneli rob in ustvarili gladko, ravno površino, primerno za opazovanje pod mikroskopom (sliki 4 in 5). Na vzorcih smo s svinčnikom označili deset meritnih mest, ki so bila enakomerno razporejena po vzorcu (slika 6).



Slika 4: Vzorci za merjenje debeline suhega premazanega sistema z mikroskopom



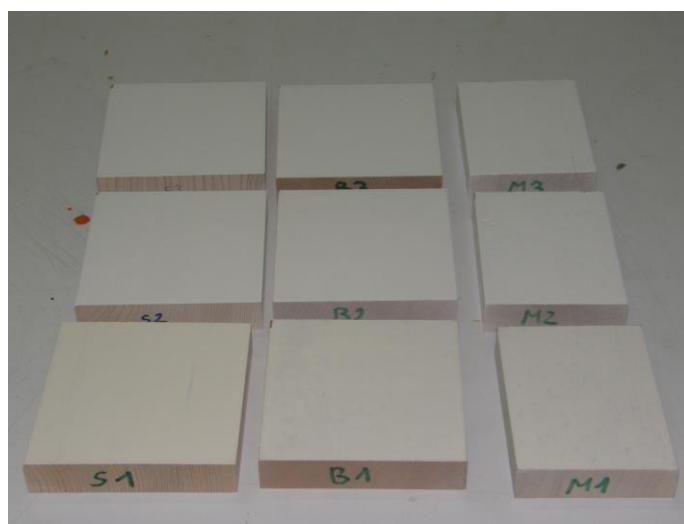
Slika 5: Vzorec za merjenje debeline suhega premaznega sistema z mikroskopom



Slika 6: Vzorec z meritvenimi mesti

3.2.2 Ultrazvočna metoda

Vzorci za merjenje debeline premaznega sistema z ultrazvokom so bili večjih dimenzij in z velikostjo merilne površine vsaj $100 \text{ mm} \times 80 \text{ mm}$. Merilna mesta smo izbrali poljubno (slika 7).

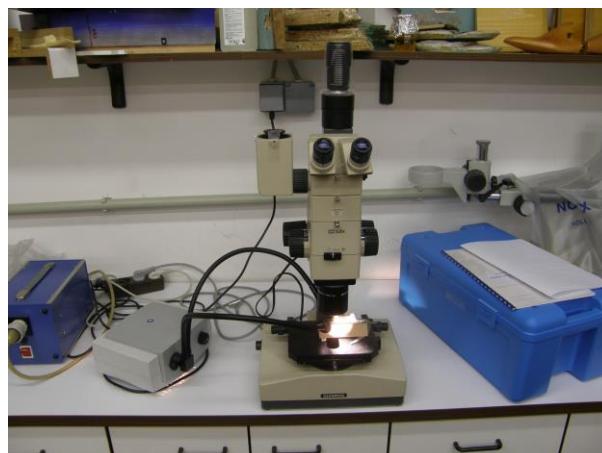


Slika 7: Vzorci za merjenje debeline suhega premaznega sistema z ultrazvokom

3.3 METODA DELA

3.3.1 Merjenje debeline suhega filma premaznega sistema z mikroskopom

Debelino suhega filma premaznega sistema smo merili z dvema stereo-mikroskopoma, in sicer Olympus SZH (slika 8) ter Novex RZT-SF (slika 9) po standardu SIST EN ISO 2808:2007 (metoda 6A).



Slika 8: Mikroskop Olympus SZH



Slika 9: Mikroskop Novex RZT-SF

Preden smo začeli z meritvami, smo merilno skalo pri obeh mikroskopih umerili s pomočjo merjenja kalibrirane merilne skale z razponom 2 mm. Tako smo ugotovili, da nam pri mikroskopu vrste Olympus 1 cm skale pri maksimalni 120-kratni povečavi pomeni 82 μm na merjenem vzorcu, pri mikroskopu Novex, prav tako pri maksimalni 100-kratni povečavi, pa 108 μm . Tako smo vse dobljene meritve v cm pri mikroskopu vrste Olympus pomnožili z vrednostjo 82, meritve, dobljene z mikroskopom Novex pa z vrednostjo 108, da smo dobili realno izmerjeno debelino suhega filma premaznega sistema v μm .

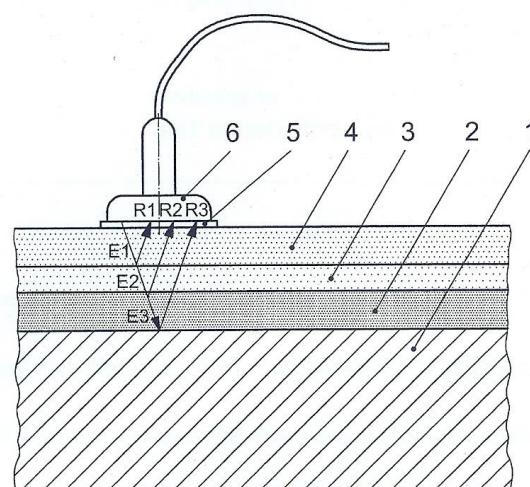
3.3.2 Merjenje debeline suhega filma premaznega sistema z ultrazvokom

Meritve smo izvajali z ultrazvočnim merilnikom DeFelsco ProsiTector 200 (sliki 10 in 11) po standardu SIST EN ISO 2808:2007 (metoda 10A).

Pred uporabo ultrazvočnega merilnika smo morali preveriti, ali so njegove meritve točne. Pri tem smo si pomagali s posebnimi standardiziranimi ploščicami, da smo instrument umerili. Nato smo začeli z merjenjem.



Slika 10: Ultrazvočni merilnik DeFelsco ProsiTector 200



Key

- 1 substrate
- 2 coating 1
- 3 coating 2
- 4 coating 3
- 5 couplant
- 6 probe (transmitter and receiver)
- E pulse penetrating into coating
- R reflected pulses

Slika 11: Princip delovanja ultrazvočnega merilnika DeFelsco ProsiTector 200 (SIST EN ISO 2808:2007)

Najprej smo na mesto, kjer smo opravili meritev, nanesli poseben gel in nato opravili meritev (slika 12). Opravili smo po dvajset meritev na vzorec. Merili smo na naključnih mestih.



Slika 12: Merilna mesta na vzorcu

4 REZULTATI

4.1 MERITVE RAZLIČNIH IZVAJALCEV NA RAZLIČNI OPREMI

Rezultati meritev z mikroskopsko metodo na vseh merilnih mestih so prikazani na slikah od 13 do 21, in sicer za vsako drevesno vrsto in za vsak premazni sistem posebej. Meritve smo prikazali grafično, da poudarimo razlike v debelini suhega filma po širini vzorca (10 merilnih mest). V vsakem grafu so prikazani po trije meritveni profili debeline suhega filma. Namreč, meritve na mikroskopu vrste Olympus sta izvajala dva merilca, na mikroskopu vrste Novex pa samo en:

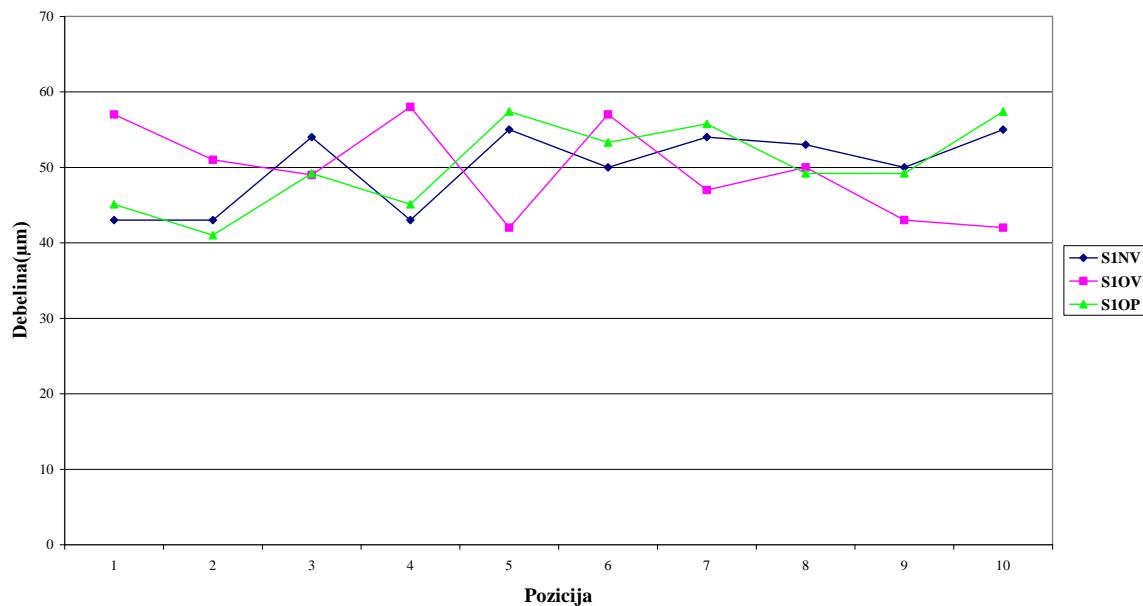
- NV – mikroskop vrste Novex, izvajalec meritev: K. Vaukan
- OV – mikroskop vrste Olympus, izvajalec meritev: K. Vaukan
- OP – mikroskop vrste Olympus, izvajalec meritev: M. Pavlič

Iz profilov meritev debeline lahko razberemo, da so rezultati v nekaterih primerih zelo različni, v nekaterih pa zelo podobni. Največje razlike med rezultati meritev opazimo pri majhnem nanosu (slike 13, 16 in 19), pri drugem in tretjem nanosu (slike 14, 15, 17 in 18) pa se razlike zmanjšajo, razen pri vrsti meranti, kjer so pri vseh treh nanosih (slike 19, 20 in 21) opazne dokaj velike razlike.

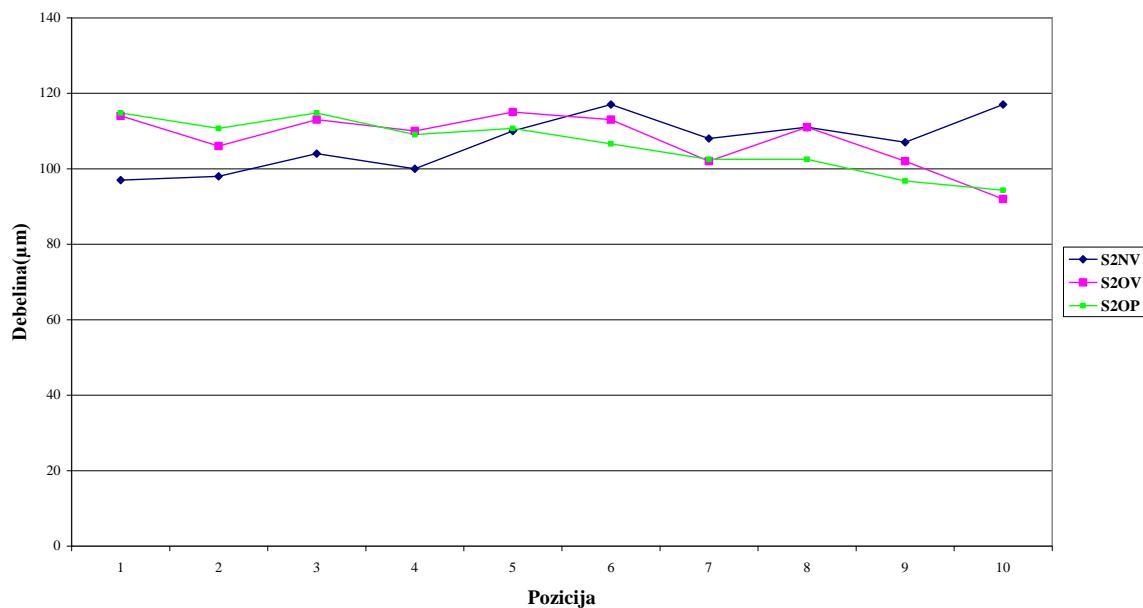
Iz vseh grafov na slikah od 13 do 21 lahko razberemo, da so si meritve dveh izvajalcev OV in OP na istem mikroskopu vrste Olympus dokaj podobne in minimalno odstopajo, kar za meritve NV na drugem mikroskopu vrste Novex ne moremo trditi. Največja odstopanja med meritvami NV, OV in OP lahko opazimo na slikah 16, 20 in 21, najmanjša pa na slikah 17 in 18.

4.1.1 Smreka

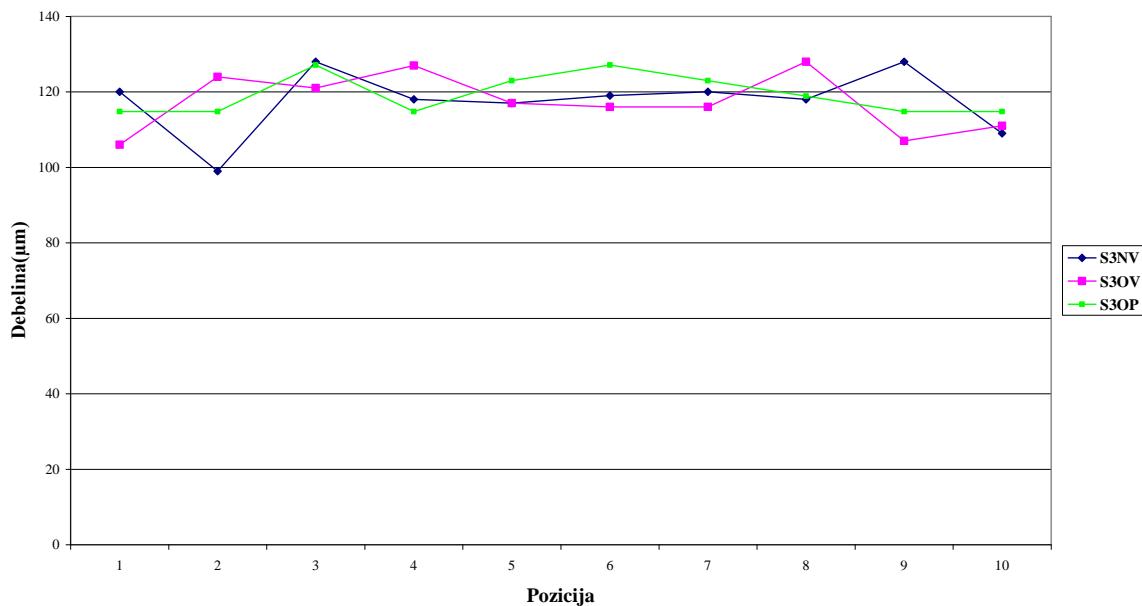
Iz grafov lahko razberemo, da so največje razlike med meritvami pri premaznem sistemu z majhno debelino suhega filma (slika 13). Meritve NV in OP so si zelo podobne, meritve OV pa dokaj odstopajo. Razlika med vsemi tremi meritvami se zmanjša v primeru premaznega sistema s srednjo in veliko debelino suhega filma (slike 14 in 15). Pri sistemu z veliko debelino suhega filma (slika 15) opazimo rahlo odstopanje meritev NV, ampak samo na začetku in koncu grafa, se pravi na obeh robovih vzorca.



Slika 13: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda): smreka, majhna debelina suhega filma



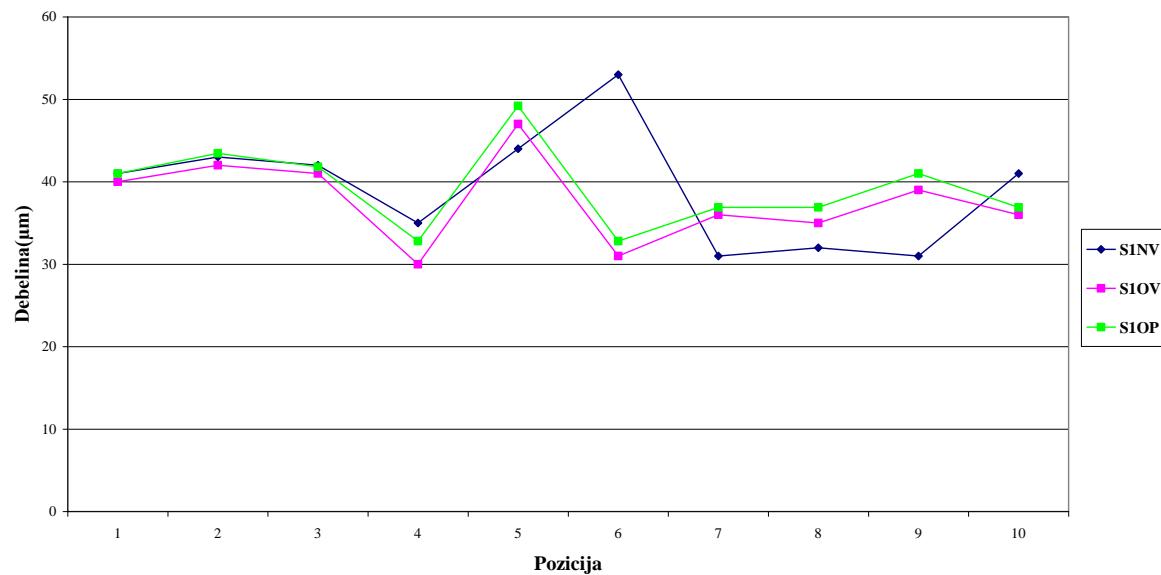
Slika 14: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda): smreka, srednja debelina suhega filma



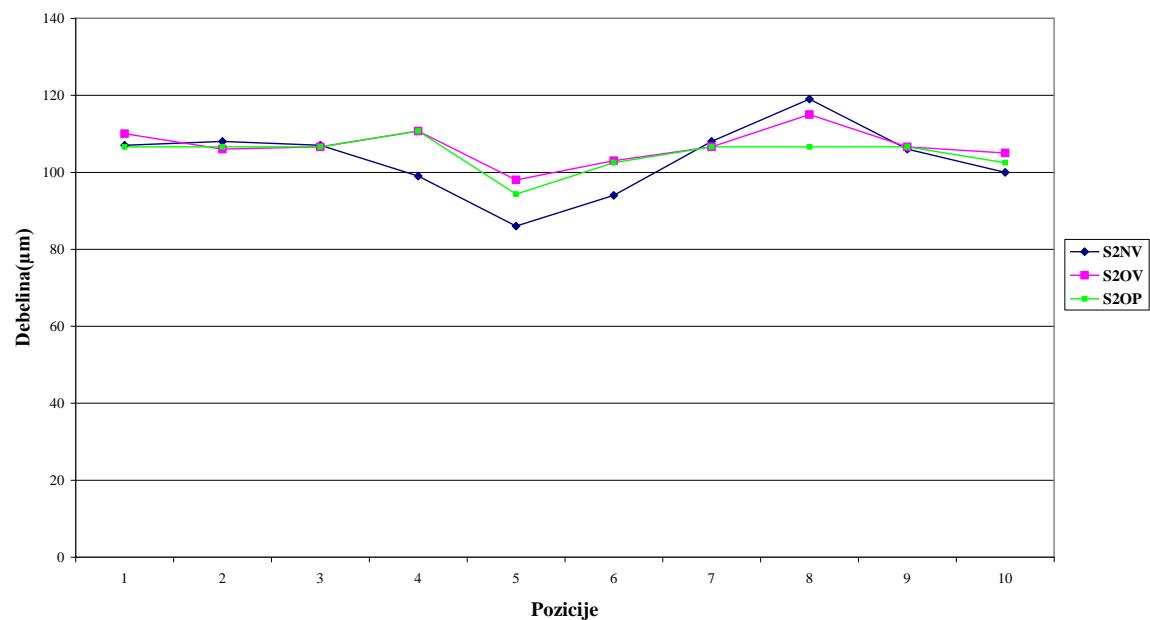
Slika 15: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda): smreka, velika debelina suhega filma

4.1.2 Bukev

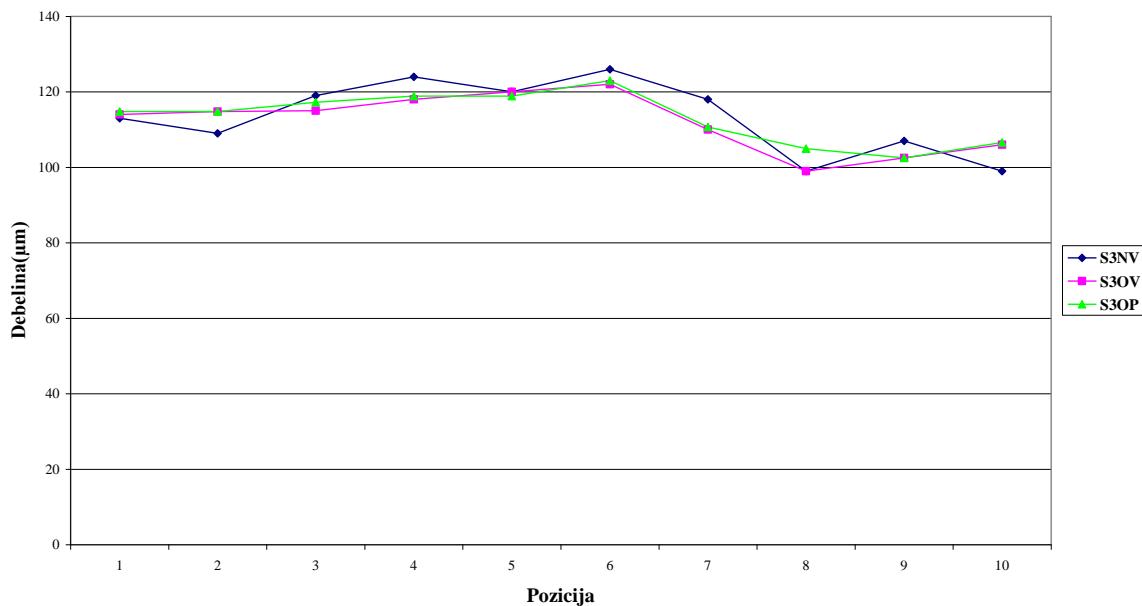
Iz grafov lahko razberemo, da med meritvami OP in OV pri vseh treh nanosih ni velikih razlik oz. so te razlike minimalne (slike 16, 17 in 18). Večje razlike opazimo samo pri meritvah NV pri majhni debelini suhega filma (slika 18), tudi pri srednji debelini suhega filma opazimo odstopanja, vendar niso tako izrazita (slika 19). Pri veliki debelini suhega filma razlik med meritvami OV in OP skoraj ni, meritve NV pa zelo malo odstopajo (slika 20).



Slika 16: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda): bukev, majhna debelina suhega filma



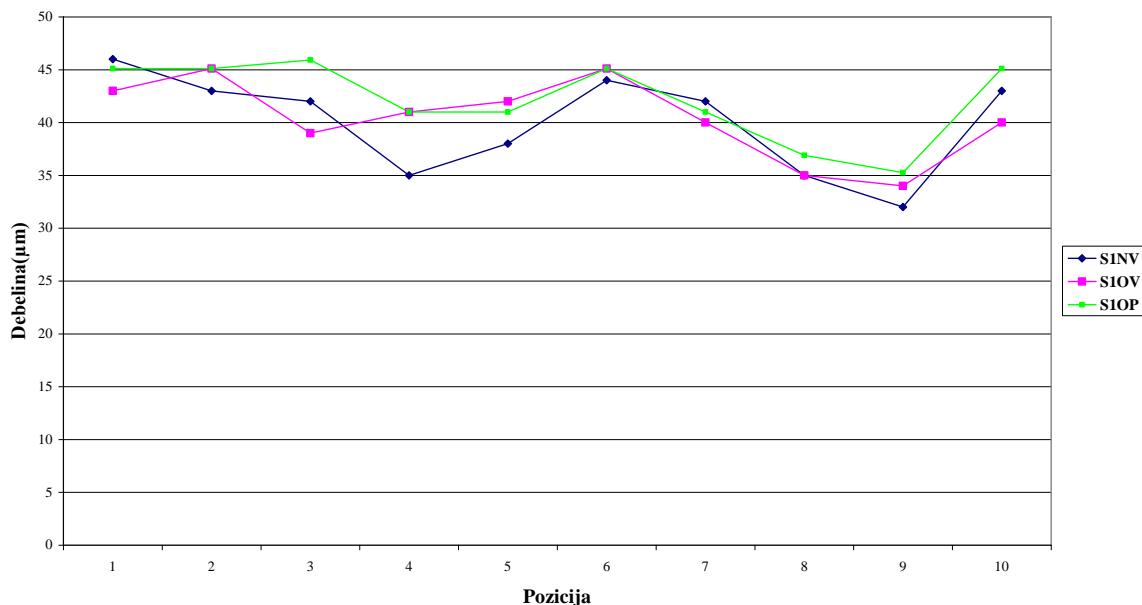
Slika 17: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda): bukev, srednja debelina suhega filma



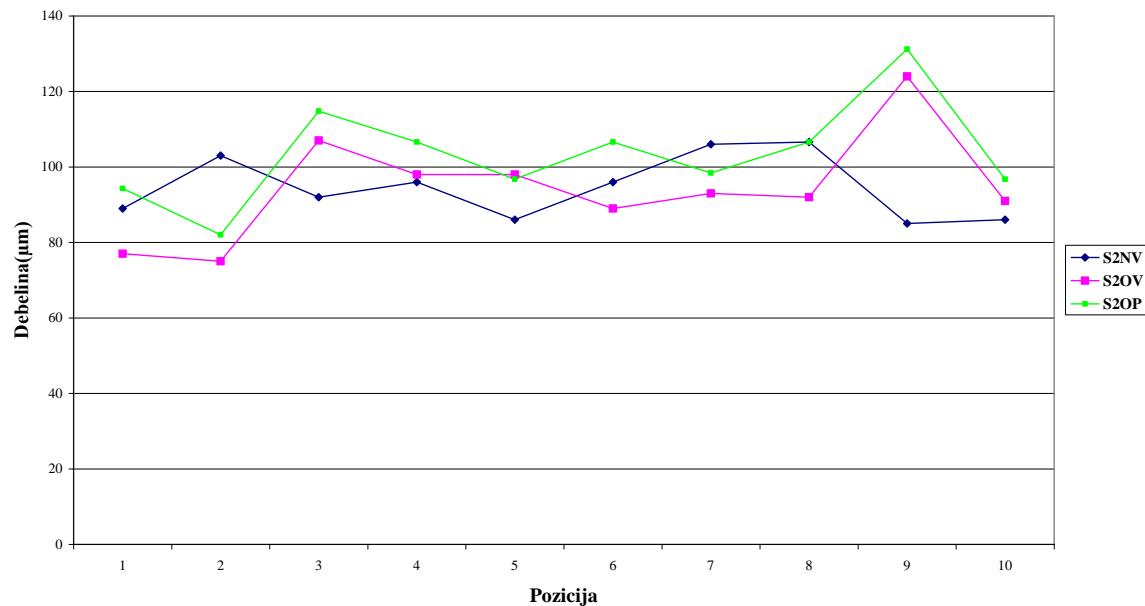
Slika 18: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda): bukev, velika debelina suhega filma

4.1.3 Meranti

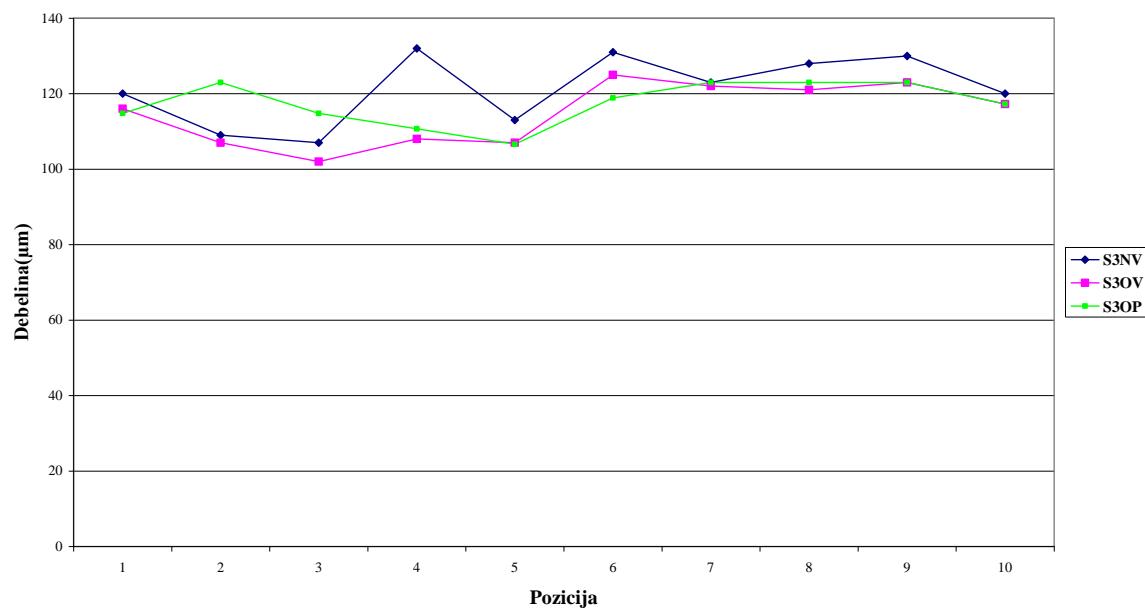
Iz grafov lahko razberemo, da so med meritvami OP in OV pri majhni in veliki debelini suhega filma razlike majhne (sliki 19 in 20). Večje razlike pa opazimo pri srednji debelini suhega filma (slika 22). Meritve NV odstopajo pri vseh treh debelinah suhega filma (slike 19, 20 in 21).



Slika 19: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda): meranti, majhna debelina suhega filma



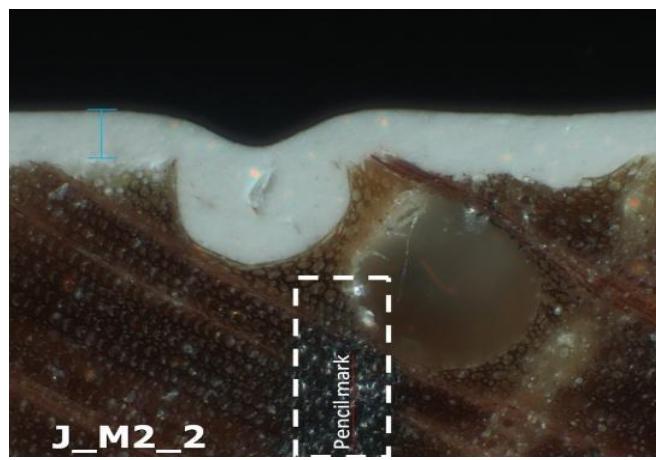
Slika 20: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda):meranti , srednja debelina suhega filma



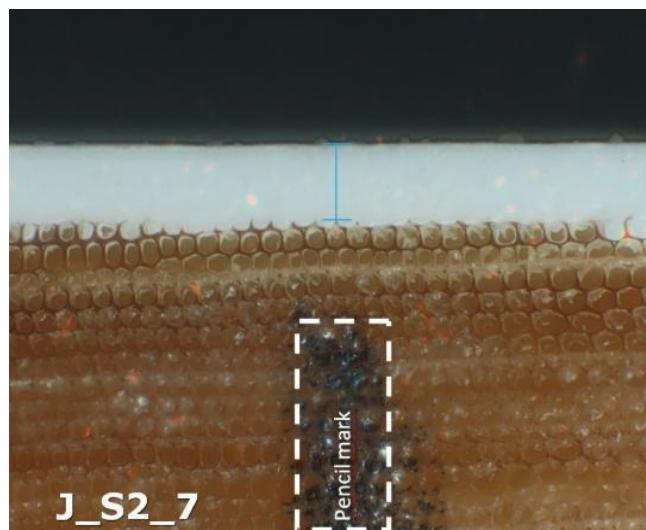
Slika 21: Rezultati meritev debeline (mikroskopska metoda): meranti, visoka debelina suhega filma

4.1.4 Razprava

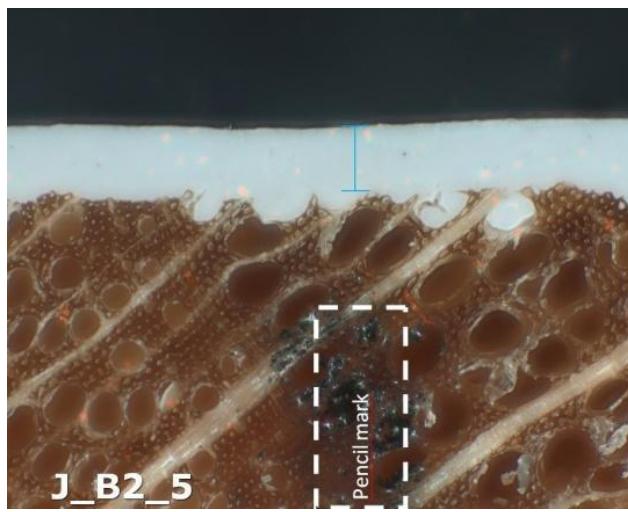
Do razlik med rezultati meritev pride zaradi različnih izvajalcev meritev in različne opreme, s katero smo izvajali meritve. Tukaj so v ospredju izkušnje, ki se odražajo v točnosti in natančnosti meritev. Probleme pri merjenju so nam povzročale predvsem odprte pore (sliki 22 in 24). Premazno sredstvo se vpije v podlago in zapolni prazne prostore, tako je meja med podlago in premaznim sistemom zabrisana (slika 23). Ker standard ne določa točne meje med premaznim sistemom in podlago, je točnost meritev odvisna od izvajalca meritev



Slika 22: Slika merantija v prečnem prerezu



Slika 23: Slika smreke v prečnem prerezu



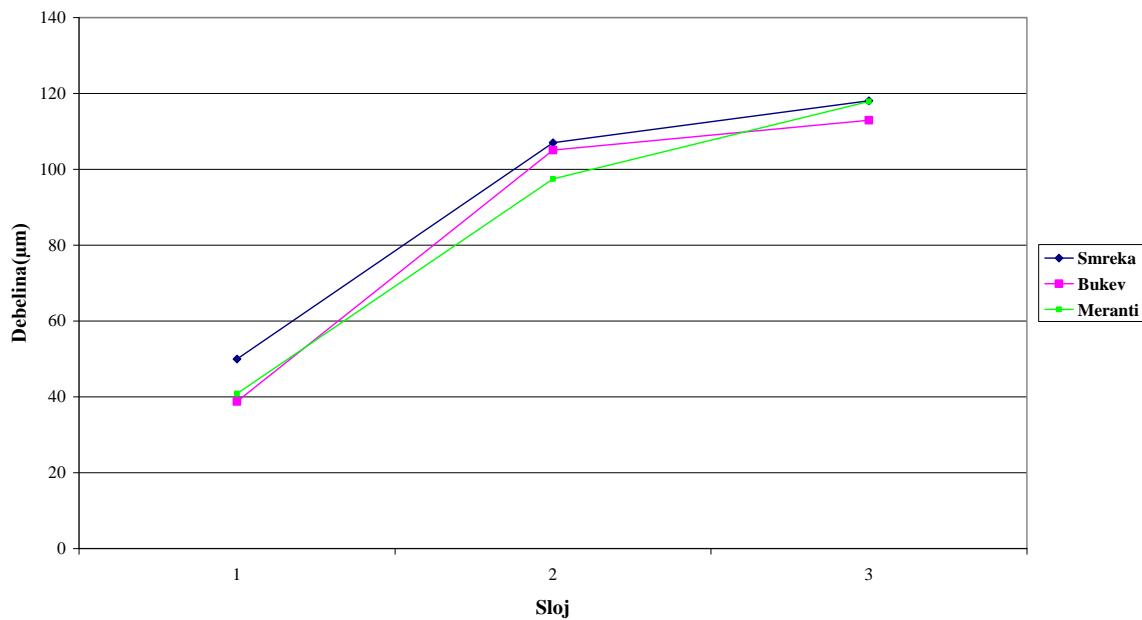
Slika 24: Slika bukve v prečnem prerezu

4.2 VPLIV VRSTE LESA NA DEBELINO SUHEGA FILMA

Rezultati meritev so prikazani na slikah 25 in 26 in prikazujejo odvisnost debeline suhega filma premaznega sistema od vrste lesa. Prikazujejo tudi odvisnost debeline suhega filma premaznega sistema od metode merjenja.

4.2.1 Mikroskopska metoda

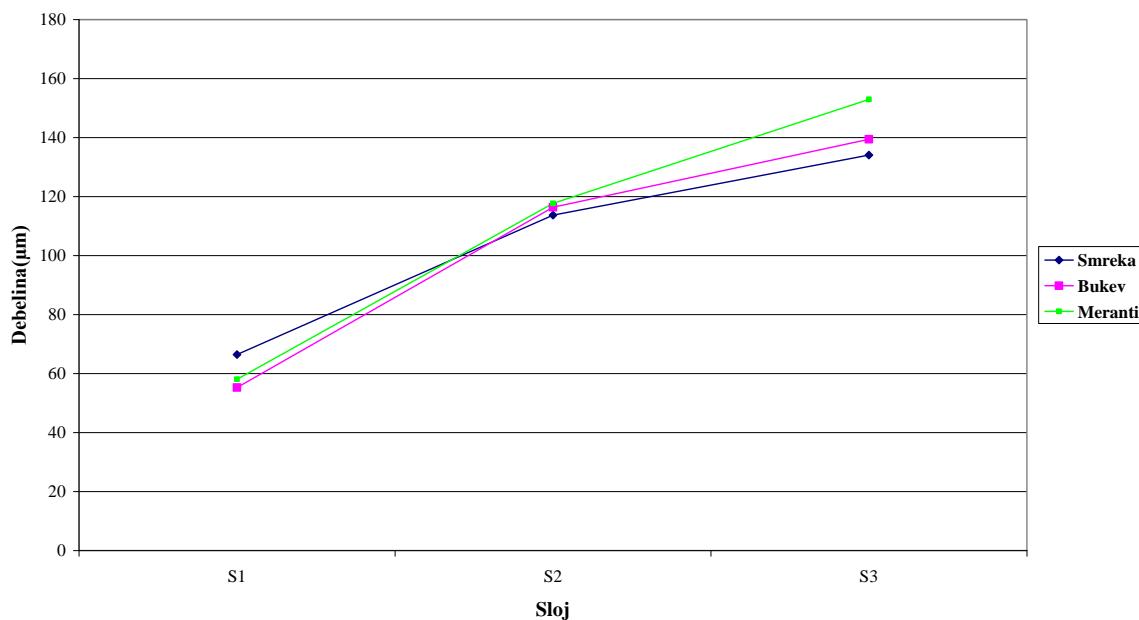
Iz grafa (slika 25) lahko razberemo, da imajo vsi površinski sistemi s podlago iz lesa smreke najvišje vrednosti debeline suhega filma. Pri majhni debelini suhega filma imata bukev in meranti nizke vrednosti, ki so manjše od vrednosti pri smreki. Pri srednji in visoki debelini suhega filma pa se vrednosti pri bukvi in merantiju približajo vrednostim pri smreki. Do tega pojava po vsej verjetnosti pride zaradi vpliva poroznosti lesa. Les bukve in merantija ima bolj odprte pore in je premaz v njih lažje penetriral, kar je rezultiralo v manjši debelini suhega filma in posledično celotne debeline suhega filma premaznega sistema. Ta vpliv pa je seveda lahko najbolj izrazit ravno pri sistemu z najmanjšo debelino suhega filma.



Slika 25: Debelina suhega premaznega sistema pri različnih drevesnih vrstah (mikroskopska metoda)

4.2.2 Ultrazvočna metoda

Iz grafa (slika 26) lahko razberemo, da imajo vsi površinski sistemi s podlago iz lesa smreke, bukve in merantija pri srednji debelini suhega filma (S2) zelo podobne vrednosti izmerjene debeline. Vrednosti pri bukvi in merantiju so si zelo podobne pri majhni in srednji debelini suhega filma. Na sredini območja S2 pa se vrednosti pri merantiju povečajo v primerjavi z vrednostmi pri smreki in bukvi. Do tega pojava pride po vsej verjetnosti zaradi poroznosti lesa merantija. Ker ima les velike pore, se je več premaznega sredstva usidralo v pore in posledično je bila plast premaznega sistema manjša, ko pa so se te pore zapolnile, se je začela debelina premaznega sistema večati, kar lahko razberemo iz grafa. Pri smreki in bukvi pa ne opazimo velikih razlik, saj je tudi les toliko manj porozen.



Slika 26: Debelina suhega premaznega sistema med različnimi drevesnimi vrstami (ultrazvočna metoda)

4.2.3 Razprava

Če primerjamo rezultate meritev obeh metod, opazimo, da so vrednosti, izmerjene z mikroskopsko metodo manjše od vrednosti, izmerjenih z ultrazvočno metodo. Do te t.i. napake pride zaradi metode merjenja.

Pri merjenju z ultrazvokom je zelo pomembna podlaga, ker pa je les porozen material, ultrazvočno sevanje prodre globlje pod površino kot bi žeeli. Zato dobimo nekoliko višje vrednosti. Z mikroskopsko metodo pa mi fizično ocenimo, kje je meja med premaznim sistemom in podlago in tako dobimo bolj točno debelino suhega premaznega sistema na določenem mestu.

Največjo razliko med metodama opazimo pri merantiju in bukvi, saj imata oba večje pore, ki jih naprava za merjenje z ultrazvokom zazna in posledično so rezultati nekoliko višji. Pri smreki so opazne razlike samo manjše, ker ima smreka manjše pore, ki ne vplivajo toliko na rezultate meritev z ultrazvokom.

4.3 PRIMERJAVA REZULTATOV MERITEV DEBELINE SUHEGA FILMA IZ RAZLIČNIH EVROPSKIH LABORATORIJEV

Rezultati meritev so prikazani na slikah od 27 do 32. Prikazujejo vrednosti, ki so jih izmerili vsi laboratorijsi, ki so sodelovali pri preizkušu.

Na preglednicah od 1 do 6 pa imamo poleg izmerjenih vrednosti podane tudi koeficiente variacije (KV). Ta koeficient nam pove, kolikšen odstotek aritmetične sredine predstavlja standardni odklon. Koeficient variacije je relativna mera variabilnosti in nam tako omogoča primerjavo variabilnosti različnih spremenljivk (Košmelj, 2001). V preglednicah so označene maksimalne (modra barva) in minimalne (zelena barva) vrednosti. Z rdečo barvo pa so označene vrednosti, ki smo jih izmerili v Laboratoriju za obdelavo površin Biotehniške fakultete na Oddelku za lesarstvo, na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin.

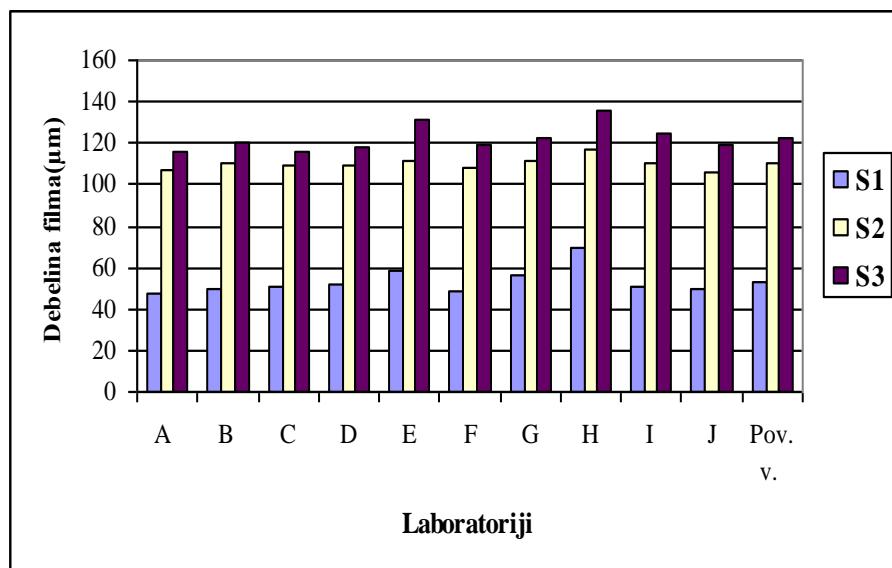
4.3.1 Mikroskopska metoda

Z mikroskopsko metodo je merilo 10 laboratoriјev, njihovi rezultati pa so predstavljeni v preglednicah (preglednice 1, 2 in 3) in grafično (slike 27, 28 in 29). V preglednicah so podane povprečne vrednosti meritev debeline suhega premaznega sistema, koeficient variacije (KV) in povprečni koeficient variacije.

Pri laboratoriјih (preglednice 1, 2 in 3), ki imajo koeficient variacije največji (laboratoriјi G, H, I), je njihova verodostojnost vprašljiva, saj preveč odstopajo od povprečja glede na vrednosti, ki so jih izmerili v ostalih laboratoriјih. Laboratoriјi z majhnim koeficientom variacije pa so po našem mnenju najbolj verodostojni, saj najmanj odstopajo od povprečja glede na vrednosti, ki so jih izmerili v ostalih laboratoriјih. Vrednosti koeficiente variacije našega laboratoriјa (laboratoriј J) so zelo blizu povprečni vrednosti glede na ostale laboratoriјe in iz tega lahko sklepamo, da smo meritve natančno in korektno izvedli.

Preglednica 1: Primerjava debelin suhega filma (μm) in KV, izmerjenih v različnih laboratorijih (mikroskopska metoda): podlaga smreka

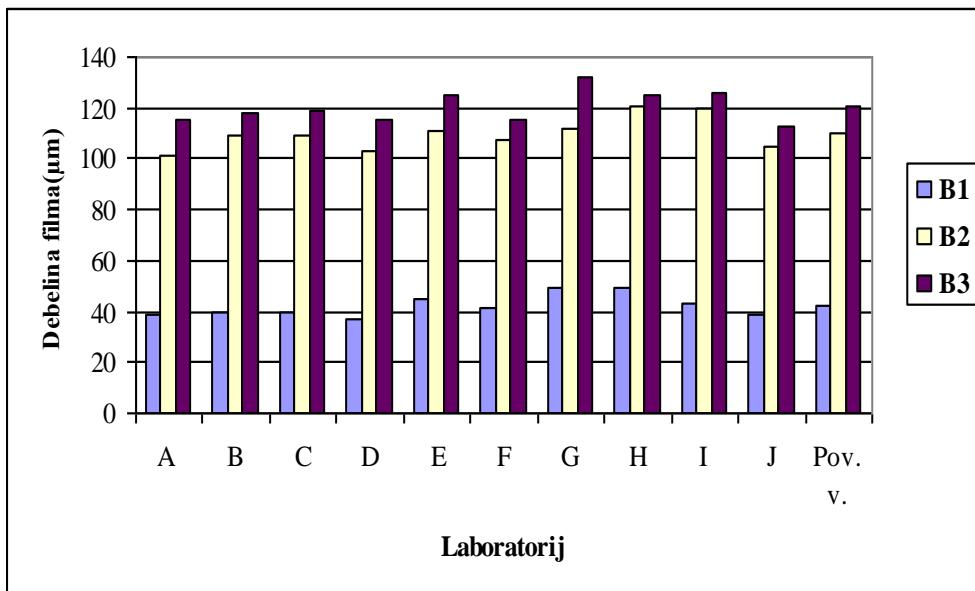
Laboratorij	S1	KV1	S2	KV2	S3	KV3
A	48	10,4	107	3,7	116	5,2
B	50	14	110	5,4	120	7,5
C	51	9,8	109	5,5	116	3,4
D	52	15,4	109	6,4	118	5,9
E	59	13,5	111	7,2	131	7,6
F	49	20,4	108	9,2	119	9,2
G	56	17,8	111	5,4	122	4,9
H	69	8,6	117	5,9	136	7,4
I	51	21,5	110	8,2	125	9,6
J	50	12	106	6,6	119	4,2
Pov. v.	53,5	14,3	109,8	6,4	122,2	6,5



Slika 27: Primerjava debelin, izmerjenih v različnih laboratorijih (mikroskopska metoda): smreka

Preglednica 2: Primerjava debelin suhega filma (μm) in KV, izmerjenih v različnih laboratorijih (mikroskopska metoda): podlaga bukev

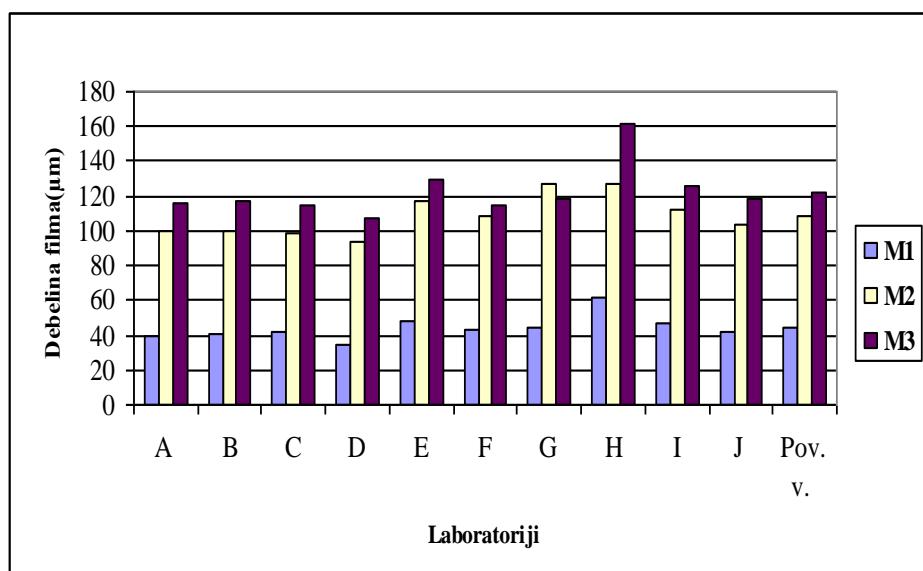
Laboratorij	B1	KV1	B2	KV2	B3	KV3
A	39	10,3	101	3,9	115	6,9
B	40	20	109	3,7	118	8,5
C	40	7,5	109	4,6	119	5,9
D	37	24,3	103	8,7	115	10,4
E	45	17,7	111	6,3	125	12
F	41	17	107	13,1	115	10,4
G	49	26,5	112	11,6	132	12,9
H	49	26,6	121	10,7	125	9,6
I	43	25,6	120	15,8	126	12,7
J	39	12,8	105	3,8	113	6,2
Pov. v.	42,2	18,8	109,8	8,2	120,3	9,6



Slika 28: Primerjava debelin, izmerjenih v različnih laboratorijih (mikroskopska metoda): bukev

Preglednica 3: Primerjava debelin suhega filma (μm) in KV, izmerjenih v različnih laboratorijih (mikroskopska metoda): podlaga meranti

Laboratorij	M1	KV1	M2	KV2	M3	KV3
A	40	12,5	100	10	116	5,1
B	41	14,6	100	18	117	7,6
C	42	7,1	99	9,1	115	4,3
D	35	20	94	19,1	107	16,8
E	48	22,9	117	23,1	130	18,5
F	43	27,9	108	14,8	115	9,6
G	44	15,9	127	30,7	118	13,5
H	62	11,3	127	14,2	162	39,5
I	47	40	112	12,9	126	20,6
J	42	9,5	103	12,6	118	5,1
Pov. v.	44,4	18,2	108,7	16,5	122,4	14,1



Slika 29: Primerjava debelin, izmerjenih v različnih laboratorijih (mikroskopska metoda): meranti

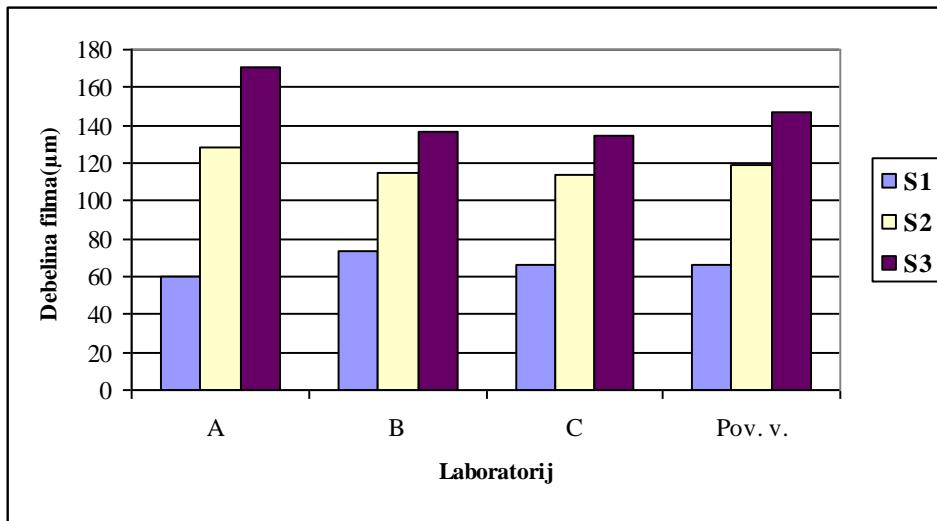
4.3.2 Ultrazvočna metoda

Z ultrazvočno metodo smo merili samo trije laboratoriji. Meritve našega laboratorija so označene z rdečo barvo (laboratorij C). Rezultati meritev so podani v preglednicah (preglednice 4, 5 in 6) in grafično (slike 30, 31 in 32).

Do razlik med izmerjenimi vrednostmi je prišlo po vsej verjetnosti zaradi uporabe različnih naprav za merjenje z ultrazvokom. Na rezultate vpliva tudi merilno mesto, kjer smo merili z ultrazvokom. Najbolj izstopajo podatki koeficiente variacije laboratorija (A) saj so povsod vrednosti enake nič in iz tega lahko sklepamo, da laboratorij (A) ni izvajal meritev v skladu s standardom SIST EN ISO 2808:2007; metoda 10A.

Preglednica 4: Primerjava debelin suhega filma (μm) in KV, izmerjenih v različnih laboratorijih (ultrazvočna metoda): podlaga smreka

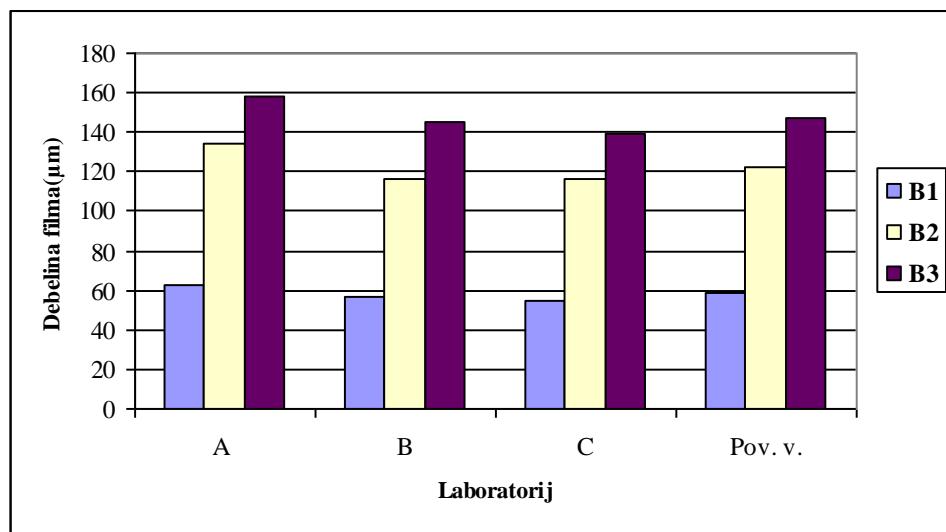
Laboratorij	S1	KV1	S2	KV2	S3	KV3
A	60	0	128	0	171	0
B	73	19,2	115	3,5	137	8,7
C	66	7,6	114	7,9	134	5,2
Pov. v.	66,3	8,9	119,0	3,8	147,3	4,6



Slika 30: Primerjava debelin, izmerjenih v različnih laboratorijih (ultrazvočna metoda): smreka

Preglednica 5: Primerjava debelin suhega filma (μm) in KV, izmerjenih v različnih laboratorijih (ultrazvočna metoda): podlaga bukev

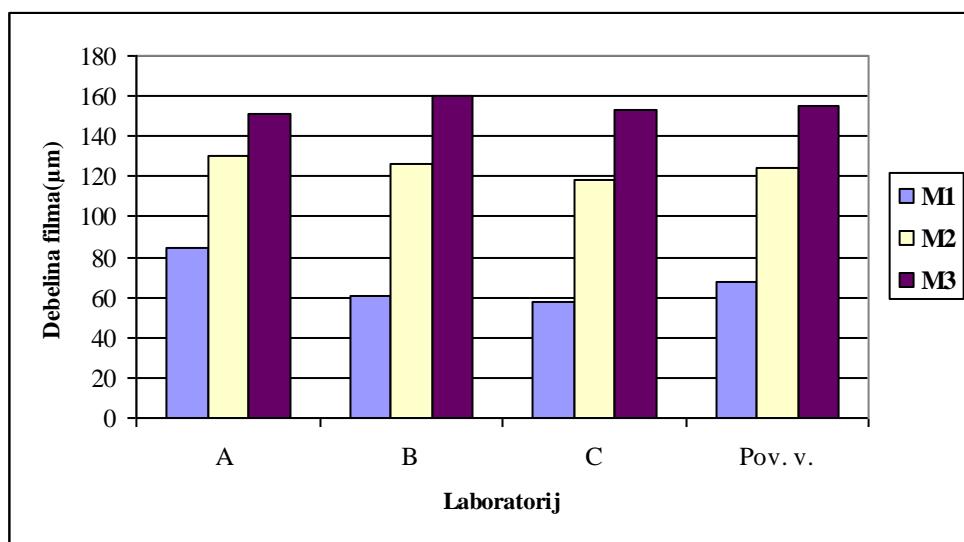
Laboratorij	B1	KV1	B2	KV2	B3	KV3
A	63	0	134	0	158	0
B	57	7	116	3,4	145	6,2
C	55	9,1	116	3,4	139	4,3
Pov. v.	58,3	5,4	122,0	2,3	147,3	3,5



Slika 31: Primerjava debelin, izmerjenih v različnih laboratorijih (ultrazvočna metoda): bukev

Preglednica 6: Primerjava debelin suhega filma (μm) in KV, izmerjenih v različnih laboratorijih (ultrazvočna metoda): podlaga meranti

Laboratorij	M1	KV1	M2	KV2	M3	KV3
A	85	0	130	0	151	0
B	61	3,2	126	3,9	160	4,4
C	58	6,9	118	4,2	153	3,9
Pov. v.	68	3,4	124,7	2,7	154,7	2,8



Slika 32: Primerjava debelin, izmerjenih v različnih laboratorijih (ultrazvočna metoda): meranti

4.3.3 Razprava

Če primerjamo rezultate meritev pri mikroskopski metodi, lahko opazimo, da laboratoriji G, H in I izstopajo zaradi višjih izmerjenih vrednosti debeline suhega premaznega sistema in višjih vrednosti indeksa koeficiente variacije glede na povprečne vrednosti. Na sliki (29) izstopa laboratorij G, saj so pri tretjem nanosu izmerili manjšo debelino suhega filma kot pri drugem nanosu, zato predvidevamo da je, glede na ostale laboratorije, prišlo do napake pri vnosu podatkov. Na isti sliki izstopa tudi laboratorij H, saj ima pri tretjem nanosu zelo veliko debelino suhega premaznega sistema, ki zelo odstopa od povprečja ostalih laboratorijev. Zato tudi tu predvidevamo, da je prišlo do napake pri vnosu podatkov. Pri ultrazvočni metodi pride do razlik med meritvami po vsej verjetnosti zaradi različnih naprav za merjenje z ultrazvokom in različnega mesta merjenja. Tu izstopa predvsem laboratorij A, saj so vse njegove vrednosti koeficiente variacije enake 0.

5 SKLEPI

Iz dobljenih rezultatov raziskave z mikroskopsko metodo smo ugotovili, da na končne rezultate vpliva več dejavnikov:

- Človeški faktor je eden od najpomembnejših dejavnikov, saj je vse odvisno od izvajalca meritev. Zelo je pomembno, da pravilno ocenimo mejo med suhim premazom in podlago. Tu pa lahko nastane problem, saj je les porozen material in posledično se premazno sredstvo absorbira globlje pod površino (pri bolj poroznih vrstah bolj, pri manj poroznih vrstah pa manj) in se meja med premaznim sredstvom in podlago zabriše oz. jo zelo težko opazimo ali pa je sploh ne.
- Izkušnje izvajalca meritev so drugi pomembnejši dejavnik, saj izvajalec že iz izkušenj opazi, kje točno je meja med premaznim sredstvom in podlago. Nekdo, ki te meritve opravlja prvič, bo pri drevesnih vrstah, kot je smreka, velikokrat v dilemi, kje je točna meja med premaznim sredstvom in podlago.
- Uporabljena strojna oprema je tretji tudi pomemben dejavnik, kot smo dokazali v našem preskusu, kjer smo primerjali meritve, opravljene na mikroskopih Olympus SZH in Novex RZT-SF. Teoretično bi morali biti odčitki enaki ali z zelo majhnim odstopanjem. Pri našem preskusu pa so se pokazala, v določenih primerih, kar velika odstopanja. Do tako velikih odstopanj je prišlo zaradi kvalitete mikroskopa, vsak mikroskop je imel drugačno povečavo (mikroskop Novex RZT-SF je imel manjšo povečavo, zato se je tudi težje odčitala meja med premaznim sredstvom in podlago), izvajalca meritev, neizkušenost izvajalca meritev.

Iz dobljenih rezultatov raziskave z ultrazvočno metodo smo ugotovili, da na končne rezultate vpliva več dejavnikov:

- Natančnost strojne opreme je zelo pomemben dejavnik, saj moramo napravo pred merjenjem pravilno umeriti s posebnimi standardiziranimi merilni ploščicami. Če tega postopka ne izvedemo pravilno, bodo naše meritve napačne.
- Isto mesto odčitavanja meritev je tudi pomemben dejavnik, saj moramo pred vsakim merjenjem na merilno mesto nanesti poseben gel. Med izvajanjem tega poskusa smo opazili, da mesto, kjer smo večkrat opravili meritev, nima več »leska«. Ugotovili smo, da je površina poškodovana in smo se teh merilnih mest izogibali.
- Različna strojna oprema je pomemben dejavnik, vendar nima tako velikega vpliva na rezultate meritev. Ultrazvočni merilniki se med seboj razlikujejo predvsem v kvaliteti in natančnosti, princip merjenja pa je povsod enak.

6 POVZETEK

V okviru naloge smo se vključili v evropski primerjalni preizkus (*Round Robin Test*) določanja debeline suhega filma različnih premaznih sistemov na treh lesnih podlagah (les smreke, bukve in merantija). Naredili smo še dodatne analize glede vpliva različnih izvajalcev meritev in uporabe različnih mikroskopov na rezultate meritev.

Vzorce je pripravil inštitut Holzforschung iz Avstrije, meritve v prečnem prerezu z mikroskopom in z ultrazvočno metodo pa so bile izvedene v laboratoriju za obdelavo površin na Biotehniški fakulteti in v več priznanih evropskih preskuševalnih laboratorijsih.

Dobljene rezultate smo analizirali in poizkušali poiskati vzroke za razlike v meritvah.

Pri mikroskopski metodi smo ugotovili, da na rezultate meritev najbolj vpliva izvajalec, saj on vizualno oceni, kje je meja med premaznim sistemom in podlago. Tu so v ospredju izkušnje, saj je v določenih primerih težko določiti mejo med premaznim sistemom in podlago, saj premazni sistem zapolni vse odprte celice na površini in se ta meja težko opazi. Pri ultrazvočni metodi pa predvidevamo, da pride do razlik med meritvami zaradi istega mesta odčitavanja meritev. Ker so vsi laboratoriji uporabljali iste vzorce in so vsi izvajali meritve na istih mestih, smo lahko na vzorcih opazili poškodovanov površino. Mi smo se teh mest izogibali, saj smo bili mnenja, da meritve na teh mestih ne bodo realne. Do razlik pride tudi zaradi uporabe različne opreme in kalibracije instrumentov.

Iz dobljenih rezultatov je razvidno, da so meritve, ki smo jih opravili v laboratoriju Biotehniške fakultete, med vsemi v okviru primerjalnega preizkusa, ene izmed najbolj točnih.

7 VIRI

- 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
- Ambrosi P., Offredi P. 1996. The painter's manual. Milan, Hb Pi.erre editrice: 209 str.
- Arnold M. 1999. Moisture content of wood painted with low VOC coatings during outdoor exposure test. V: Surface properties and durability of exterior wood building components: international conference. Turkulin H. (ur.). Zagreb, Šumarski fakultet: 132–141
- Brock T., Groteklaes M., Mischke P. 2000. European Coatings Handbook. Hannover, Vincentz Verlag: 410 str.
- Čufar K., 2006. anatomija lesa, 127-128. 142-143, 167-170
- De Meijer M. 1999. Interactions between wood and coatings with low organic solvent content. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen: 177 str.
- De Meijer M., Cremers J., Cobben W. 1998. Interrelations between the Performance of low-VOC Wood Coatings and the Dimensional Changes of the Wooden Substrate. V: First Wodcoatings Congress. Woodcoatings. Advances in Exterior Wood Coatings and CEN Standardisation. October 1998 Hague, Netherlands, Congress papers. Hague; Teddington: Paint research association, 1998
- De Meijer M., Haemers S., Cobben W., Militz H. 2000. Surface Energy Determinations of Wood: Comparison of Methods and Wood Species. *Langmuir*, 16: 9352–9359
- 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
- Derbyshire H. 1999. Surface coatings: protecting wooden joinery against moisture. V: Surface properties and durability of exterior wood building components: international conference. Turkulin H. (ur.). Faculty of Forestry, Zagreb
- Dongen J., Boekee D., Klaasen 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

Ekstedt J. 2001. Liquid Water Permeability of Exterior Wood Coatings – Testing According to a Proposed European Standard Method. Journal of Coatings Technology, 73, 914: 53–59

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

Feist W.C., Little J.K., Wenesheimer J.M. 1985. The Moisture-Excluding Effectiveness of Finishes on Wood Surfaces. Research Paper FPL 462. Madison: Forest Products Laboratory

Feist W.C. 1996. Painting and finishing Exterior Wood. Journal of Coatings Technology, 68, 856: 23–26

Feist W.C. 1997. The challenges of Selecting Finishes for Exterior Wood. Forest Product Journal, 47, 5: 16–20

Graystone J. 1998. Moisture Transport Trough Wood Coatings: The Unanswered Questions. V: First Wodcoatings Congress. Woodcoatings. Advances in Exterior Wood Coatings and CEN Standardisation. October 1998 Hague, Netherlands, Congress papers. Hague; Teddington: Paint research association, Paper 6

Jaić M. 2000. Površinska obrada drveta. Beograd, Zavod za grafičku tehniko Tehnološko – metalurškog fakulteta: 400 str.

Janotta O. 1974. Die Wasserdampfdurchlässigkeit von Anstrichmitteln. Teil 3: Holzforschung und Holzverwertung, 26, 1: 10–18

Kričej B. 1976. Umetno pospešeno staranje lazurnih in impregnacijskih premazov. Les, 28, 9–10: 179–184

Košmelj K. 2001. Uporabna statistika, Biotehniška fakulteta, 2001 (Ljubljana) : Statistični urad Republike Slovenije

Ljuljka B. 1990. Površinska obrada drva. Zagreb, Sveučelišna naklada d.o.o., 28–45, 216–226

Martin C.S. 1996. Exterior wood stains and lasures for the future. *Pigment & Resin Technology*, 25, 5: 29–33

Mihevc 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

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. Turkulin H. (ur.). Zagreb, University of Zagreb, Faculty of Forestry, 1999: Paper 1

Miller E.R. 1980. *Exterior Wood Stains*. Document 3135, IRG/WP: 5 str.

Pavlič M. 2010. Površinska obdelava lesa v eksterieru. V: Duji B., Kitek Kuzman M.. *Nove tehnologije v gradnji z lesom*. V Ljubljani: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, str. 50-61.

Pavlič M. 2009. Lastnosti površinskih premazov v odvisnosti od njegovih interakcij s termično modificiranim lesom - doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 155 str.

Pavlič M., Mihevc V. 2001. Zaščita lesa pred vremenskimi vplivi. *Les*, 53, 1–2: 15–20

Pavlič M., Kričej B., Tomažič M., Petrič M. 2003. Kakovost površinskih sistemov pohištva slovenskih proizvajalcev. *Les*, 55, 10: 322–327

Pečenko G. 1987. Lazurni premazi za les. *Les*, 39, 11–12: 335–337

Sell J. 1975. Basic requirements for the surface treatment of exterior wood surfaces: *Holz als Roh- und Werkstoff*, 33: 336–340

Rijckaert V., Van Acker J., Stevens M., De Meijer M., Militz H. 2001. Quantitative assessment of the penetration of water-borne and solvent-borne wood coatings in Scots pine sapwood. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 59, 4: 278–287

SIST EN 927-1. Barve in laki – Premazi in premazni sistemi za zunanjo zaščito lesa – 1. del: Razvrstitev in izbor – Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior wood – Part 1: Classification and selection. 1997: 10 str.

SIST EN 927-3. Barve in laki – Premazi in premazni sistemi za zunanjo zaščito lesa – 3.
del: Preskus s staranjem v naravnih razmerah – Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior wood – Part 3: Natural weathering test. 2007: 21 str.

SIST EN 927-2. Barve in laki – Premazi in premazni sistemi za zunanjo zaščito lesa – 2.
del: Specifikacija lastnosti – Paints and varnishes - Coating materials and coating systems for exterior wood – Part 2: Performance specification. 2006: 14 str.

SIST EN 927-5. Barve in laki – Premazi in premazni sistemi za zunanjo zaščito lesa – 5.
del: Ocenjevanje prepustnosti vode – Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior wood – Part 5: Assessment of the liquid water permeability. 2007: 6 str.

SIST EN 927-6. Barve in laki – Premazi in premazni sistemi za zunanjo zaščito lesa – 6.
del: Izpostava premazov za les umetnemu staranju s fluorescentnimi UV svetilkami in vodo – Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior wood – Part 6: Exposure of wood coatings to artificial weathering using fluorescent UV lamps and water. 2007: 19 str.

SIST EN ISO 2808 Barve in laki – Ugotavljanje debeline plasti (ISO 2808:2007) – Paints and varnishes – Determination of film thickness (ISO 2808:2007).: 16 str., 28 str.

Van der Wel G.K., Adan O.C.G 1999. Moisture in organic coatings – a review. Progress in Organic Coatings, 37: 1–14

Wegen W.H., Hellwig V. 2000. Artificial weathering of coatings Including Blue Stain Infection Under Laboratory Conditions. V: Second Wodcoatings Congress. Woodcoatings. Challenges and Solutions in the 21st Century: 23–25 October 2000 Hague, Netherlands, Congress papers. Hague; Teddington: Paint research association, 2000

Zorll U. 2000. European Coatings Handbook. Hannover, Vincentz Verlag: 41–45

ZAHVALA

Zahvaljujem se prof. dr. Marku Petriču za vodenje in pomoč pri pisanju diplomskega dela. Prav tako se zahvaljujem recenzentu prof. dr. Milanu Šerneku in somentorju asist. dr. Matjažu Pavliču, ki mi je s svojim znanjem ter nasveti pomagal izpeljati teste na preizkušancih.

Zahvaljujem se tudi vsem, ki ste kakorkoli pripomogli pri nastajanju diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi staršem ter ostalim družinskim članom, ki so mi vseskozi stali ob strani in me podpirali ter vzpodbjali pri študiju.