

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Matej BAJDE

**UVAJANJE VODNIH PREMAZOV V PROIZVODNJO
POHIŠTVA IZ HRASTOVINE**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

**INTRODUCTION OF WATERBORNE COATINGS INTO
OAK WOOD FURNITURE**

GRADUATION THESIS

University studies

Ljubljana 2008

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za pohištvo na Oddelku za lesarstvo, Biotehniške fakultete v Ljubljani, ter v podjetju LIP Radomlje d.d.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja določil prof. dr. Marka Petriča, za recenzenta pa prof. dr. Milana Šerneka.

Mentor: prof. dr. Marko Petrič,

Recenzent: prof. dr. Milan Šernek

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Matej BAJDE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 630*829.17
KG	hrastov les/površinska obdelava/HOS/vodni premaz
AV	BAJDE, Matej
SA	PETRIČ, Marko (mentor)/ŠERNEK Milan (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2008
IN	UVAJANJE VODNIH PREMAZOV V PROIZVODNJO POHIŠTVA IZ HRASTOVINE
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	IX, 56 str., 11 pregl., 42 sl., 23 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Zaradi omejitve izpustov hlapnih organskih spojin (HOS) lesnopredelovalne industrije v zrak je treba opraviti še precej raziskav za prehod na površinske premaze z manjšo vsebnostjo HOS. V podjetju LIP Radomlje d.d. bi radi nadomestili obstoječe materiale na osnovi organskih topil z ustreznimi premazi na vodni osnovi. Vendar je težava v tem, da obdelujejo masivni les hrasta, ki je za obdelavo z vodnimi sistemi še posebej problematičen (venčasto porozen listavec, vsebuje tanin, itd.). Zamenjava premaza pa privede tudi do potrebne prilagoditve opreme ali celo nakupa nove. Pripravili smo večje število vzorcev iz materialov na vodni osnovi ter jih primerjali s kontrolnimi vzorci, narejenimi iz trenutno uporabljenih materialov. Želeli smo ugotoviti ali že obstajajo premazni materiali na vodni osnovi kot nadomestilo materialov na osnovi organskih topil, primerni tudi za obdelavo masivnega hrastovega lesa. Od vseh testiranih pripravkov smo identificirali 2 kombinaciji, morda primerni za uporabo v proizvodnji (obdelava z vodnim lužilom, vodnim temeljnim lakom in vodnim končnim lakom; obdelava z vodnim lužilom, vodnim temeljnim lakom in 2-komponentnim vodnim univerzalnim lakom).

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 630*829.17
CX oak wood/surface finishing/VOC/waterborne coating
AU BAJDE, Matej
AA PETRIČ, Marko (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 2008
TI INTRODUCTION OF WATERBORNE COATINGS INTO OAK WOOD FURNITURE
DT Graduation Thesis (University studies)
NO IX, 56 p., 11 tab., 42 fig., 23 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Limitation of VOC emissions from wood industries demands extensive research activities in order to introduce surface coatings with a low content of VOCs. LIP Radomlje Company wants to substitute currently used solventbornes with waterborne finishes. However, they have to coat oak wood which shows specific problems when coated with waterbornes (ring porous hardwood, tannins, etc.). Additional problem is that substitution of coatings may require adaptation of existing coating equipment or even acquisition of the new equipment. Larger number of specimens with waterborne coatings were prepared and compared to control samples, finished with solventborne coatings. We wanted to find out if waterborne coats could represent a suitable substitution for organic solventborne finishes for oak. Among all the tested formulations 2 combinations could be applicable in the production (waterborne stain, waterborne base coat, waterborne surface finish; or waterborne stain, waterborne base coat, 2-pack universal waterborne finish).

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
1 UVOD	1
1.1 NAMEN DELA	1
1.2 POSTAVITEV PROBLEMA	2
2 TEORETIČNA IZHODIŠČA – PREGLED OBJAV	3
2.1 UREDBA O EMISIJI Hlapnih organskih spojin iz naprav, ki uporabljajo organska topila	3
2.1.1 Najpomembnejše določbe uredbe HOS	3
2.1.2 Emisije hlapnih organskih topil	5
2.1.3 Vrednotenje parametrov emisije	7
2.1.4 Meritve emisij hlapnih organskih spojin in poročanje	7
2.1.5 Roki za izpolnitev zahtev Uredbe in načrt zmanjševanja HOS	8
2.2 PREMAZNA SEDSTVA IN POSTOPKI NANAŠANJA	9
2.2.1. Lužila	10
2.2.1.1 Vodna lužila	10
2.2.1.2 Kombinacijska lužila	12
2.2.2 Laki	13
2.2.2.1 Vodni laki	14
2.2.2.2 Poliuretanski laki	17
2.2.3 Postopek nanašanja premaznih sredstev z zračnim brizganjem	18
2.3 PREDSTAVITEV PODJETJA LIP RADOMLJE D.D.	20
2.3.1 Problematika emisij HOS v podjetju LIP Radomlje d.d.	23
2.3.2 Dosedanji preskusi alternativnih vodnih materialov v podjetju	24
2.3.2.1 Furnirana iverna plošča	24
2.3.2.2 Masivni les	25

3	MATERIALI IN METODE	27
3.1	KRATEK PREGLED EKSPERIMENTALNEGA DELA	27
3.2	MATERIALI	27
3.2.1	Vzorci	27
3.2.2	Vzorci s potencialnimi alternativnimi vodnimi površinskimi sistemi – preliminarni poskusi	29
3.2.2.1	Izdelava testnih vzorcev z vodnimi materiali	32
3.3	METODE	37
3.3.1	Vizualna ocena	37
3.3.2	Sijaj	37
3.3.3	Barva	38
3.3.4	Oprijem	40
3.3.5	Odpornost proti tekočinam (alkoholu in vodi)	41
3.3.6	Trdota površinskega sistema	42
4	REZULTATI	44
4.1	VIZUALNA OCENA	44
4.2.	SIJAJ	45
4.3	BARVA	46
4.4	OPRIJEM	47
4.5	ODPORNOST PROTI VODI IN 48% ALKOHOLU	48
4.6	TRDOTA POVRŠINSKEGA SISTEMA	49
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	51
5.1	RAZPRAVA	51
5.2	SKLEPI	52
6	POVZETEK	53
7	VIRI	54
7.1	CITIRANI VIRI	54
7.2	DRUGI VIRI	55
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Mejne koncentracije hlapnih organskih spojin za zajete očiščene odpadne pline	5
Preglednica 2: Mejne količine nezajetih emisij	6
Preglednica 3: Materiali za testne površinske sisteme	32
Preglednica 4: Testni površinski sistemi	33
Preglednica 5: Rezultati vizualne ocene	45
Preglednica 6: Sijaj preskušanih kombinacij površinske obdelave	46
Preglednica 7: Barvne komponente površin testnih vzorcev	47
Preglednica 8: Oprijemnost preskušanih premaznih sistemov	48
Preglednica 9: Odpornost proti 48 % alkoholu	49
Preglednica 10: Odpornost proti vodi	49
Preglednica 11: Trdota površinskih sistemov, določena z metodo proti razenju	50

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Lokacija podjetja Lip Radomlje s proizvodnimi in skladiščnimi prostori	20
Slika 2: Deleži prodaje podjetja v letu 2007	21
Slika 3: Program Mission	21
Slika 4: Program American Craftsman	21
Slika 5: Program Rustic French	22
Slika 6: Program Casa Vieja	22
Slika 7: Stol Max	22
Slika 8: Stol 7594	22
Slika 9: Stol Euro-Lux	22
Slika 10: Miza 1750	23
Slika 11: Ovalna miza 135	23
Slika 12: Kontrolni vzorec iz masivnega lesa obdelan s poliuretanskim lakom	28
Slika 13: Kontrolni vzorec iz masivnega lesa obdelan z lužilom in poliuretanskim lakom	28
Slika 14: Kontrolni vzorec iz furnirane iverne plošče obdelan s poliuretanskim lakom	28
Slika 15: Kontrolni vzorec iz furnirane iverne plošče obdelan z lužilom in poliuretanskim lakom	28
Slika 16: Mazanje surovih vzorcev z vodo	31
Slika 17: Lesna vlakna na površini po premazovanju z vodo	31
Slika 18: Vzorec 1M	33
Slika 19: Vzorec 1F	33
Slika 20: Vzorec 2M	34
Slika 21: Vzorec 2F	34
Slika 22: Vzorec 3M	34
Slika 23: Vzorec 3F	34
Slika 24: Vzorec 4M	34
Slika 25: Vzorec 4F	34

Slika 26: Vzorec 5M	35
Slika 27: Vzorec 5F	35
Slika 28: Vzorec 6M	35
Slika 29: Vzorec 6F	35
Slika 30: Vzorec 7M	35
Slika 31: Vzorec 7F	35
Slika 32: Vzorec 8M	36
Slika 33: Vzorec 8F	36
Slika 34: Vzorec 9M	36
Slika 35: Vzorec 9F	36
Slika 36: Vzorec 10M	36
Slika 37: Vzorec 10F	36
Slika 38: Merilni instrument za merjenje sijaja	38
Slika 39: Merilni instrument za merjenje barve	40
Slika 40: Merilni instrument za trganje pečatov	41
Slika 41: Tampon prepojen z preskusno tekočino na površini vzorca	42
Slika 42: Razenje z vzmetnim svinčnikom po površini vzorca	43

1 UVOD

1.1 NAMEN DELA

V lesnopredelovalnih in pohištvenih podjetjih, kjer za površinsko obdelavo lesa in lesnih izdelkov uporabljajo materiale, ki vsebujejo organska topila, se v zadnjih letih veliko ukvarjajo z uredbami, ki zahtevajo zmanjšanje emisij hlapnih organskih snovi (HOS). Tako je tudi v podjetju Lip Radomlje d.d. V podjetju so zaradi slovenske uredbe »Uredba o emisiji hlapnih organskih spojin iz naprav, ki uporabljajo organska topila« (v nadaljevanju »Uredba HOS«), ki je v slovenski pravni red prenesena evropska direktiva, ki zahteva zmanjšanje emisij hlapnih organskih spojin, primorani iskati čim ustreznejše rešitve za prilagoditev proizvodnje zahtevam okoljevarstvene zakonodaje. Trenutno veljavna Uredba HOS je iz leta 2005 (*Ur. l. RS št. 112-4927/2005*) s popravki iz Uredbe o spremembah in dopolnitvah uredbe HOS (*Ur. l. RS št. 37-1987/2007*).

V podjetju izdelujejo pohištvo večinoma iz hrastovega lesa, za površinsko obdelavo pa trenutno uporabljajo poliuretanske lake in kombinirana lužila. Ti dve sredstvi za površinsko obdelavo pa vsebujeta velik delež hlapnih organskih topil. Za zmanjšanje emisij HOS imamo lahko na voljo več različnih možnosti. Lahko preidemo na boljše tehnologijo nanašanja premazov, s povečanimi izkoristki nanosa, obstoječe materiale za površinsko obdelavo lahko zamenjamo s premazi z višjim deležem suhe snovi ali z materiali na vodni osnovi, lahko pa HOS pri visokih temperaturah sežgemo na izpustu na koncu proizvodne linije. S predhodnimi poskusi so v podjetju ugotovili, da je za njihov proizvodni proces, edina sprejemljiva in realna rešitev prehod na vodne materiale.

Namen moje diplomske naloge je bil preizkusiti različne vodne površinske sisteme, ter lastnosti in izgled vzorcev, obdelanih z vodnimi materiali, primerjati z vzorci, narejenimi s klasičnimi materiali, ki jih trenutno uporabljajo v podjetju. Na osnovi teoretičnih in praktičnih spoznanj sem želel ugotoviti, kateri vodni sistemi bi bili najprimernejši za zamenjavo obstoječih premazov (lužil, lakov) na osnovi organskih topil.

1.2 POSTAVITEV PROBLEMA

Podjetje Lip Radomlje d.d je največji proizvajalec pohištva iz masivnega lesa hrasta v Sloveniji in njeni širši okolici. Pohištvo iz hrastovine predstavlja več kot 95 % proizvodnje podjetja. Površinska obdelava masivnega lesa hrasta je v primerjavi z obdelavo lesa drugih drevesnih vrst bolj problematična. Ker je hrast venčastoporozna drevesna vrsta z velikimi porami, ob stiku z vodo trahejno tkivo izrazito izstopi in povzroči hrapavost površine. Poleg tega les vsebuje tanin, ki je vodotopen in lahko pri obdelavi z vodnimi premazi povzroči nastanek temnih lis na površini. Dodatni problem povzroča nizka vrednost pH hrastovine. Največje težave z dvigom lesnih vlaken se pojavijo že v prvih fazah površinske obdelave, to je pri luženju hrastovega lesa z vodnimi lužili. Zato je potrebno ugotoviti, kateri vodni premazni sistem, s poudarkom na vodnih lužilih, bi bil najprimernejša alternativa za obstoječe premazne sisteme, ki jih uporabljajo v podjetju Lip Radomlje d.d.

2 TEORETIČNA IZHODIŠČA – PREGLED OBJAV

2.1 UREDBA O EMISIJI Hlapnih Organskih Spojin iz Naprav, ki Uporabljajo Organska Topila

Osnova za slovensko »Uredbo o emisiji hlapnih organskih spojnin iz naprav, ki uporabljajo organska topila« (Uredba HOS) je bila »Direktiva sveta Evrope 1999/13/ES« (*Ur. l št. 85-0013/1999 z vsemi spremembami*), ki je v strokovni javnosti poznana pod imenom direktiva VOC. Zaradi zahtev Uredbe HOS s popravki v »Uredbi o dopolnitvah in spremembah Uredbe o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojnin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila« se v zadnjih nekaj letih proizvajalci premazov usmerjajo v razvoj in izdelavo premazov s čim manjšim deležem organskih topil. Proizvajalci opreme za nanos premazov stremijo k čim večji učinkovitosti postopka nanašanja ter k razvoju tehnoloških rešitev za omogočanje ponovne uporabe premazov, ki se pri brizganju ne oprimejo izdelka (overspray). Pri sušenju oz. utrjevanju premazov gre razvoj v smeri čim bolj učinkovitega sušenja s kar najmanjšo možno porabo energije.

Uredba HOS je zelo obsežna, zato v nadaljevanju predstavljamo le dele Uredbe, ki so za površinsko obdelavo lesa najpomembnejši. Celotna Uredba se namreč nanaša na vse industrijske panoge, v katerih uporabljajo materiale, ki vsebujejo hlapne organske spojine.

2.1.1 Najpomembnejše določbe Uredbe HOS

Za vse naprave, ki uporabljajo hlapne organske spojine, Uredba HOS predpisuje:

- mejne vrednosti koncentracij hlapnih organskih spojnin v odpadnih plinih,
- mejne količine nezajetih in celotnih emisij hlapnih organskih spojnin,
- mejne vrednosti koncentracij rakotvornih, mutagenih in za reprodukcijo strupenih hlapnih organskih spojnin,
- merila za odobritev načrta zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojnin,
- vrednotenje emisije hlapnih organskih snovi in ugotavljanje čezmerne obremenitve,

- obseg obratovalnega monitoringa in
- ukrepe v zvezi z zmanjšanjem tveganja za zdravje ljudi, ki ga povzročajo.

Določbe te Uredbe veljajo za obratovanje naprav, pri katerih je poraba hlapnih organskih spojin večja od najmanjše letno dovoljene (15 ton na leto). Glede na emisije hlapnih organskih spojin pa je potrebno prijaviti vsako napravo, ki ima porabo nad 15 ton letno. Uredba HOS ne velja pri uporabi organskih topil z vsebnostjo halogeniranih organskih spojin, če je le-ta večja ali enaka 1 % celotne mase organskih topil, saj take primere obravnava druga uredba.

Nekaj najpomembnejših definicij izrazov v Uredbi HOS:

Hlapna organska spojina je katerakoli organska spojina s parnim tlakom večjim od 0,01 kPa pri temperaturi 293,15 K ali spojina z enako hlapnostjo pri določenih pogojih uporabe.

Organska spojina je vsaka spojina, ki vsebuje vsaj element ogljik in enega ali več naslednjih elementov: vodik, katerikoli halogen, kisik, žveplo, fosfor, silicij ali dušik, razen ogljikovih oksidov ter anorganskih karbonatov in bikarbonatov.

Organsko topilo je katerakoli hlapna organska spojina, ki se uporablja sama ali skupaj z drugimi snovmi, ne da bi se pri tem kemijsko spremenila, za raztapljanje surovin, izdelkov ali odpadnih snovi ali se uporablja kot čistilno sredstvo za raztapljanje nečistoč, kot sredstvo za raztapljanje, disperzni medij, sredstvo za uravnavanje viskoznosti ali površinske napetosti, plastifikator ali kot zaščitno sredstvo.

Emisija je kakršenkoli izpust hlapnih organskih spojin iz naprave v okolje.

Nezajete emisije so emisije hlapnih organskih spojin v zrak, tla ali vodo, ki niso zajete v odpadnih plinih, in če ni drugače določeno s to uredbo, tudi topila v katerih koli izdelkih. Med nezajete emisije so vključene tudi difuzne emisije, ki se izpuščajo v okolje skozi okna, vrata, zračnike in podobne odprtine.

Zaprti pogoji so pogoji, v katerih naprava deluje tako, da se hlapne organske spojine, ki se sproščajo pri izvajanju dejavnosti, zbirajo in odvajajo nadzorovano skozi odvodnik odpadnih plinov ali iz naprave za čiščenje odpadnih plinov in tako niso povsem nezajete. Naprave so napeljave in oprema, ki so nepremična tehnična celota, v kateri se izvaja ena

ali več dejavnosti, ki lahko vplivajo na emisije hlapnih organskih spojin. Za eno napravo se šteje tudi več istovrstnih naprav na posameznem funkcionalno zaokroženem območju v posesti istega upravljavca, vključno s pripadajočo ali z njimi povezano infrastrukturo in tehnološkimi postopki, v katerih se uporabljajo organska topila.

2.1.2 Emisije hlapnih organskih topil

Pri načrtovanju, rekonstrukciji in gradnji ter obratovanju naprave ne sme biti presežena nobena od določenih mejnih vrednosti. Z načrtom zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin je potrebno zagotoviti, da od 1. november 2007 ne bo presežena ciljna emisija. Upravljavec mora zagotoviti varnostne ukrepe, ki zagotavljajo čim manjše emisije hlapnih organskih spojin tudi med zagonom in zaustavitvijo naprave. Če upravljavec ali izvajalec meritev ugotovi presežene mejne vrednosti (preglednica 1 in preglednica 2 (*Ur. l. RS št. 112-4927 Uredba o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila - 2005*)) je potrebno takoj obvestiti inšpektorja, pristojnega za okolje. V kolikor ta oceni, da koncentracija onesnaževal lahko preseže predpisane ciljne vrednosti mora prepovedati obratovanje naprave.

Preglednica 1: Mejne koncentracije hlapnih organskih spojin za zajete očiščene odpadne pline (Ur. l. RS št. 112-4927 Uredba o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila - 2005)

Poraba topil (t/leto)	Mejna koncentracija (mg C/m ³)	Opombe
15–25	100	Velja za postopke premazovanja in sušenja pri zaprtih pogojih.
več kot 25	50	Velja za postopke sušenja premaznega sredstva pri za-prtih pogojih.
	75	Velja za postopke nanašanja premaznega sredstva pri zaprtih pogojih.
	20	Velja pri naknadnem termičnem sežigu.

Preglednica 2: Mejne količine nezajetih emisij (*Ur. l. RS št. 112-4927 Uredba o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila - 2005*)

Poraba topil (t/leto)	Mejna količina, ⁽¹⁾ izražena v % vnosa organskih topil	Opombe
15–25	25	(1) pri zaprtih pogojih, hlapne organske spojine, vsebovane v zajetih neočiščenih odpadnih plinih, se prištevajo k nezajetim emisijam
več kot 25	20	

Pri mejnih vrednostih je še posebej določena mejna koncentracija za vse najbolj škodljive snovi. To so snovi, ki lahko:

- povzročijo raka (R45),
- povzročijo delne genetske okvare (R46),
- povzročijo raka pri vdihavanju (R49),
- škodujejo plodnosti (R60),
- škodujejo nerojenemu otroku (R61).

Za vse zgoraj navedene hlapne organske snovi je mejna koncentracija emisij, ki je enaka ali večja od masnega pretoka 10 g/h, enaka 2 mg/Nm³. Mejna koncentracija halogeniranih hlapnih organskih spojin z možno nevarnostjo trajne okvare zdravja (R40) pa je pri emisiji hlapnih organskih spojin, ki je enaka ali večja od masnega pretoka 100 g/h, enaka 20 mg/h. Če je v odpadnih plinih iz posamezne naprave več takih hlapnih organskih snovi veljata masni pretok in mejna koncentracija za vsoto le teh.

Pri manjših obratih, ki porabijo med 15 ton in 25 ton topil letno, je potrebno opremo in lake prilagajati sodobnemu stanju tehnike, kar naj ne bi predstavljalo nerešljivega problema. Prilagoditev zahtevam zakonodaji pa bo bistveno težja v večjih obratih, ki porabijo več kot 50 ton topil letno. Prilagoditev zahtevam Uredbe bo povzročila velike spremembe tehnologije in cene površinske obdelave ter s tem tudi proizvodne strategije.

2.1.3 Vrednotenje parametrov emisije

Koncentracija hlapnih organskih spojin se izraža v g ali mg na m³ suhega odpadnega plina pri normalnih pogojih (T=273,15 K, p=101,3 kPa). Koncentracija hlapnih organskih spojin se ugotavlja v zajetih odpadnih plinih iz naprav, ki so razredčeni toliko, kot je tehnično in obratovalno nujno. Količine dovedenega zraka za redčenje ali hlajenje se ne upoštevajo pri določanju koncentracije hlapnih organskih spojin v zajetem odpadnem plinu. Količina in koncentracija hlapnih organskih spojin se določa posebej za vsoto organskih spojin R40, R45, R 49, R60 in R61 in posebej za preostale hlapne organske spojine. Koncentracija in količina se določata pri polni obremenitvi in na vseh izpušnih odpadnih plinov posamezne naprave na podlagi izmerjenih vrednosti. Iz izmerjenih vrednosti koncentracij in pretoka odpadnih plinov se nato izračunajo urne povprečne vrednosti hlapnih organskih spojin. Vsebnost hlapnih organskih spojin v premaznih sredstvih (v nadaljevanju HOS) se izraža v g/l. Vrednost HOS se določa za premazno sredstvo, ki je že pripravljeno za uporabo, vključno z redčenjem po priporočilih proizvajalca.

Vrednost HOS se za premazna sredstva za les izračuna po formuli:

$$\text{HOS vrednost} = ((100 - nfa - m_w) / 100) * \rho_s \quad \dots(1)$$

Pri čemer je:

ρ_s : gostota premaznega sredstva v g/l

nfa : delež nehlapnih snovi, izražen v odstotkih mase premaznega sredstva

m_w : delež vode, izražen v odstotkih mase premaznega sredstva

2.1.4 Meritve emisij hlapnih organskih spojin in poročanje

Uredba HOS predpisuje trajna in občasna merjenja. Trajne meritve so obvezne za odpadne pline iz naprave, opremljene z napravo za čiščenje dimnih plinov, če na njenem izpustu povprečna vrednost masnega pretoka emisije hlapnih organskih spojin presega mejno vrednost masnega pretoka 10 kg/h, izraženo v kg celotnega organskega ogljika. Občasne meritve so potrebne pri napravah z napravo za čiščenje dimnih plinov, v katerih

ni presežena mejna vrednost masnega pretoka hlapnih organskih spojin in za naprave brez naprav za čiščenje dimnih plinov. Občasne meritve se izvajajo enkrat letno, izvesti pa je potrebno najmanj tri enourna merjenja. Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) lahko dovoli opustitev občasnih meritev, če so za uporabo organskih topil v posamezni napravi uporabljene tehnologije, ki omogočajo doseganje mejnih vrednosti brez uporabe čistilnih naprav za odpadne pline. Dovoljenje za opustitev trajnih meritev pa lahko izda ARSO v okoljevarstvenem dovoljenju, če je z drugim trajnim merjenjem parametrov delovanja same naprave ali naprave za čiščenje odpadnih plinov zagotovljen enakovreden nadzor nad parametri emisij.

Ministrstvo mora najpozneje devet mesecev po koncu vsakega triletnega obdobja poslati poročilo o izvajanju Direktive sveta 1999/13/ES (*Ur. l št. 85-0013/1999 z vsemi spremembami*) Evropski komisiji. Poskrbeti morajo tudi za javno dostopnost tega poročila. Prvo poročevalsko obdobje je bilo od leta 2004 do leta 2006. Nadzor nad izvajanjem uredbe HOS opravljajo inšpektorji za varstvo okolja. Za nespoštovanje te uredbe sledijo denarne kazni ali celo zaprtje lakirnice.

2.1.5 Roki za izpolnitev zahtev Uredbe in načrt zmanjševanja emisij HOS

Pri načrtovanju, rekonstrukciji in gradnji ter obratovanju naprav ne sme biti presežena nobena od določenih mejnih vrednosti. Z načrtom zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin, ki je ena od možnosti za prilagoditev zahtevam Uredbe, je potrebno zagotoviti, da od 1. november 2007 ne bo presežena ciljna emisija HOS. Ker za površinsko obdelavo hrastovega lesa še ni na voljo ustreznih tehnoloških rešitev in materialov, je zakonodajalec podaljšal končni rok za zagotovitev skladnosti emisij s tistimi, ki so predpisane v Uredbi, podaljšal za tri leta. V vmesnem obdobju (po letu in pol po 1. novembru 2007) morajo podjetja s strokovno oceno o napredku poročati Agenciji Republike Slovenije za okolje.

Za napravo, ki uporablja hlapne organske spojine, je potrebno pridobiti dovoljenje za obratovanje. Ena od možnosti za pridobitev obratovalnega dovoljenja je, da upravljavec naprave Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO) predloži načrt zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin.

Z načrtom zmanjševanja emisij HOS je potrebno:

- prikazati, da so predvideni ukrepi zmanjševanja uporabe taki, da je po njihovi izvedbi letna emisija manjša ali enaka mejni vrednosti,
- izračunati in razložiti vrednost emisije za katero upravljavec zagotavlja, da jo bo naprava dosegala po izvedbi ukrepov za zmanjšanje emisij,
- izračunati in razložiti vrednost emisije, ki jo povzroča naprava na začetku izvajanja ukrepov zmanjševanja emisij, v obliki bilance uporabljenih organskih topil,
- prikazati časovni potek zmanjševanja uporabe hlapnih organskih spojin za vsako leto posebej za vse obdobje trajanja izvajanja ukrepov zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin.

Če je prišlo do spremembe obratovanja ali obnove naprave, je potrebno k vlogi za pridobitev dovoljenja predložiti tudi poročilo o obratovalnem monitoringu za preteklo leto in bilanco uporabljenih topil. ARSO odobri Načrt za zmanjševanje emisij hlapnih organskih spojin, če iz izračunov, podatkov v njem in poročila o prvih meritvah izhaja, da bo naprava zadostila vsem zahtevam uredbe HOS. V kolikor načrt zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin ne izpolnjuje vseh zahtev, ga ministrstvo lahko zavrne ali pa zahteva njegovo dopolnitev. ARSO v načrtu za zmanjšanje emisij HOS odobri obratovanje obstoječih naprav tako, da je izpolnjevanje zahtev glede zmanjšanja emisij pri obratovanju obstoječe naprave zagotovljeno z:

- uporabo trenutno najboljših razpoložljivih tehnik premazovanja,
- preverjanjem skladnosti z najboljšimi razpoložljivimi tehnikami nanašanja najmanj vsakih 18 mesecev,
- sprotnim prilagajanjem obratovanja obstoječih naprav novemu stanju tehnike.

2.2 PREMAZNA SREDSTVA IN POSTOPKI NANAŠANJA

Za doseganje zahtev Uredbe HOS so za površinsko obdelavo lesa najprimernejši enokomponentni vodni laki, dvokomponentni vodni laki in UV utrjujoči vodni laki, ki bi lahko zamenjali tudi poliuretanske lake, ki jih trenutno uporabljajo v podjetju. Med lužili so primerna vodna ali kombinacijska lužila. Kombinacijska lužila v proizvodnji

podjetja LIP Radomlje uporabljajo že sedaj. V nadaljevanju so od vseh premaznih sredstev podrobneje opisana le vodna in kombinacijska lužila ter vodni in poliuretanski premazi, saj smo le take premaze uporabljali pri našem eksperimentalnem delu.

2.2.1 Lužila

Lužila so najpomembnejša dekorativna sredstva za polepšanje in oplemenitenje površine lesnih izdelkov. Z njimi zmanjšamo preveliko ali povečamo premajhno barvno raznolikost, poživimo teksturo lesa, imitiramo druge drevesne vrste in povečamo obstojnost oz. trajnost barve izdelka. Lužila so premazna sredstva, ki vsebujejo barvila, in/ali mikronizirane barvne pigmente ali kovinske soli (npr. kalijev dikromat, železov klorid, kromov sulfat, kobaltove in bakrove soli), raztopljene ali dispergirane v vodi in/ali organskih topilih. Običajno vsebujejo tudi majhne količine veziva.

Lužila na izdelke najpogosteje nanašamo z brizganjem, pa tudi z valjanjem, umakanjem, oblivanjem in premazovanjem. Pogosto je po nanašanju potrebno še krtačenje za izenačenje barve ter za vtiranje v pore lesa ali pa brisanje presežkov lužila.

Fizikalno-kemijske lastnosti lužila morajo biti usklajene z vrsto lesa in stanjem njegove površine, načinom nanašanja oz. želenim barvnim učinkom ter s predvideno vrsto temeljnega laka.

Lužila dajejo na površini lesa običajno negativno barvno sliko, to je, bolj obarvajo mehkejši oz. redkejši in svetlejši rani les. Le posebna kemijska lužila močneje obarvajo že naravno temnejši in gostejši kasni les, to je, poudarjajo naravno teksturo lesa.

2.2.1.1 Vodna lužila

Vodna lužila so disperzije sintetičnih barvil (od 5 % do 10 %), z dodatkom transparentnih pigmentov, v vodni raztopini zelo razredčenega vezivnega sredstva. Barva in druge lastnosti starejših vodnih lužil se zaradi fizikalno kemijskih in bioloških procesov dokaj hitro spreminjajo (rok uporabe je le nekaj dni), zato ta lužila pripravljamo le kratek čas pred uporabo. Zaradi daljše obstojnosti jim je dodan še

konzervans, običajno pa tudi sredstvo proti penjenju. Vodna lužila proizvajalci dobavijo v prahu in se jih nato pred uporabo raztopi v mrzli ali vroči vodi.

Na prostorsko oblikovane elemente vodna lužila najpogosteje nanašamo z gobo, z umakanjem, oblivanjem ali brizganjem. Za brizganje lužil lahko uporabljamo zračno in kombinirano razprševanje. Z brizganjem zelo fino razpršenega lužila brez prebitka, ki se imenuje tudi »suho brizganje«, in brez naknadnega brisanja lužila, dosežemo barvno bolj izenačeno sliko, vendar pa hkrati zmanjšamo vidnost teksture lesa. S tem postane površina izdelka bolj plehklega videza. Posebno pri temnejših barvah je možno, da ta način nanašanja povzroči slabšo oprijemljivost laka.

Prednosti vodnih lužil:

- ekonomičnost, ker je topilo voda,
- manjše onesnaževanje okolja,
- zelo dobro obarvanje in doseganje različnih barvnih slik,
- enostavno čiščenje nanašalne opreme,
- povečanje električne prevodnosti lesa,
- ker niso vnetljiva, jih lahko uporabljamo v prostorih, ki niso eksplozijsko varni.

Pomanjkljivosti vodnih lužil:

- močno dvigovanje lesnih vlaken, zaradi česar je potrebno glajenje lužila ali bolj intenzivno brušenje temeljnega laka - kratek rok uporabe, največ do nekaj dni,
- slaba oprijemnost laka, v kolikor lužilo ni dovolj suho,
- pogosto slabša svetlobna obstojnost,
- posode in delovne naprave morajo biti iz nerjavečih materialov,
- večja razlika med obarvanje čelnih in ostalih površin.

Med vodnimi lužili bi bilo najprimernejše vodno lužilo z akrilnim vezivom. Nabrekanje lesa in dvigovanje lesnih vlaken je pri tej vrsti lužila znatno manjše kot pri ostalih vodnih lužilih. Razlike med obarvanjem čelnih in ostalih površin so neopazne. Sušenje je hitrejše kot pri vodnih lužilih, po njem pa je sloj lužila netopen v vodi in lakih. Sloj lužila zmanjšuje prodiranje laka v podlago kar pripomore k boljši kvaliteti lakiranja. Nanos teh lužil tudi izboljša kvaliteto elektrostatičnega lakiranja. Na voljo je zelo široka

paleta barv, možno pa jih je tudi mešati, s čimer pridobimo nove barvne odtenke. Pri uporabi vodnih lakov je možno z njimi obarvati lak. Sledi odcejanja je potrebno brisati sproti, saj se napak po osušitvi ne da več popravljati. V kolikor se pri brušenju temeljnega laka sloj lužila prebrusi, je potrebno obrusiti do podlage in z gobico ali krpo ponovno nanesti lužilo. Lužilo se bo prijelo le na podlago, z laka pa se ga brez težav obriše. Lužilo je možno nanašati s potapljanjem, oblivanjem ali brizganjem. Ker gre za vodna lužila, jih je potrebno hraniti pri temperaturi nad 0 °C. Uporabnost vodnih lužil z akrilnim vezivom je v primerjavi z ostalimi vodnimi lužili večja in manj zahtevna, kvaliteta obdelave pa je višja. V tehničnem listu enega od slovenskih proizvajalcev, ki proizvajajo taka lužila je navedeno, da se pri temperaturi prostora posušijo v dveh urah, pri sušenju v sušilnem kanalu pri temperaturi do 40 °C pa v 30 minutah. Tudi rok uporabe teh lužil je daljši, saj so hranjeni v originalni embalaži uporabni eno leto od dneva proizvodnje.

2.2.1.2 Kombinacijska lužila

Kombinacijsko lužilo je komercialno ime za alkoholna lužila, razredčena z vodo. V osnovi so to še vedno raztopine sintetičnih barvil in disperzije transparentnih pigmentov v zelo razredčeni raztopini veziva v organskem topilu, z dodatkom raznih pomožnih sredstev. Uporabljajo se:

- Kombinacijska lužila za brizganje, ki so izdelana na osnovi alkidne smole v organskih topilih. Izberemo jih takrat, ko želimo čim enakomernejše obarvati furnirane ali masivne lesene elemente oz. želimo, da je naravna struktura lesa čim manj izražena. Primernejša so za luženje lesa z neizrazitimi porami kot so češnja, oreh, javor, breza, hruška, smreka, bor, ipd.
- Kombinacijska lužila za premazovanje so izdelana na osnovi nitroceluloze v organskih topilih. Lužila se uporabljajo za luženje večjih površin (lahko so furnirane ali masivne površine), kjer želimo poudariti naravno strukturo lesa. Primernejša so predvsem za luženje poroznih vrst lesa, kot sta hrast, jesen ipd.
- Kombinacijska lužila večinoma dobavljajo že pripravljena za uporabo ali pa jih je potrebno pred uporabo le razredčiti. Tudi ta lužila omogočajo mešanje med sabo in v manjši količini tudi mešanje z laki.

Prednosti kombinacijskih lužil:

- se hitro posušijo,
- majhno dvigovanje lesnih vlaken,
- delo z njimi je enostavno,
- možno je suho in polsuho brizganje,
- dosegaajo visoko intenzivnost nians.

Pomanjkljivosti kombinacijskih lužil:

- vsebujejo hlapna organska topila,
- potrebno je vzdrževanje delovne viskoznost z redčenjem.

2.2.2 Laki

Laki, ki jih uporabljamo v površinski obdelavi pohištva, so tekoča filmogena premazna sredstva. Uporabljamo jih za poudarjanje in povečanje estetskega videza lesa ter za zaščito površine lesa. Na prvem mestu je estetska funkcija, na drugem pa zaščitna, čeprav ima tudi ta zelo velik pomen. Laki so sestavljeni iz hlapnih sestavin (topila, razredčila, redčila ...), ki po nanosu odparijo ter iz nehlapnih komponent (veziva, pigmenti, barvila, polnila, pomožna sredstva ...), ki ostanejo na površini lesa. Lastnosti lakov so v največji meri odvisne od veziva, zato lake največkrat razvrščamo v skupine po prevladujoči vrsti polimera, ki ga lak vsebuje ali pa nastane z reakcijo med utrjevanjem filma na površini obdelovanca.

Veziva so lahko različne naravne in sintetične smole (polimeri) ali pa reaktivne komponente. Bistvena vloga veziva je v tvorbi filma, vezavi ostalih delcev premaza med seboj ter vezavi na les.

Topila raztapljajo komponente premaza in omogočajo, da je le ta v obliki bolj ali manj viskozne tekočine, ki jo nato po določenem postopku nanašamo na površino obdelovanca. Do sedaj so bila topila največkrat organska, sedaj pa zaradi okoljevarstvenih zahtev večji pomen pridobivajo tudi ostala topila (voda, superkritični CO₂, polimeri in monomeri z nizko viskoznostjo ...).

Redčilo je zmes tekočin (topil in "netopil"), ki jih premazu dodamo z namenom zmanjšanja viskoznosti, boljšega razlivanja in kontroliranja hitrosti sušenja (odparevanja).

Razredčilo je hlapna tekočina ali mešanica tekočin, ki se kljub temu da ni topilo, lahko uporablja v proizvodnem procesu skupaj s topilom, ne da bi nastali škodljivi učinki. Njegova primarna funkcija pa ni znižanje viskoznosti. Tako redčila kot razredčila in včasih tudi topila lahko uporabljamo za čiščenje opreme.

Pigmenti so drobni, trdni delci, ki so obarvani in so dispergirani v tekoči fazi premaznega sredstva. Njihov osnovni namen je obarvanje premaza, dodatne funkcije pa so zagotovitev posebnih učinkov, prekrivanje barve spodnjih slojev, izboljšanje trdnosti utrjenega premaza, izboljšanje adhezije, zmanjšanje sijaja, ščitenje lesa pred vremenskimi vplivi in modifikacija reoloških lastnosti tekočega premaza.

Barvilo je obarvana snov ali snov, ki šele v stiku s komponentami lesa razvije barvo in je popolnoma raztopljena v topilu.

Dodatki se premazom dodajajo za izboljšanje lastnosti premazov. Bolj pogosti dodatki so: sušila za pospeševanje sušenja, pospešila za pospeševanje reakcij zamreženja, polnila za povečanje volumna, zgoščevala za povečanje viskoznosti, površinsko aktivne snovi za boljše omakanje, antipireni za izboljšanje ognjevarnosti, biocidi za zaščito laka in lesa, UV absorberji in lovilci radikalov za UV zaščito premaza in lesa, mehčala za zmehčanje preveč krhkega veziva, dodatki za izboljšanje brusnosti ...

2.2.2.1 Vodni laki

Vodni laki so skupina z vodo razredljivih lakov, ki vsebujejo najrazličnejše vrste veziva, z manjšo vsebnostjo organskih topil ali celo brez njih, ki so dispergirana v redčilu – vodi. Vodne lake redčimo z vodo. Vodni laki vsebujejo v svoji sestavi od 2 % do 10 % težje hlapnih organskih topil, od 30 % do 70 % snovi, ki tvorijo film, preostalo pa je voda. Pri vodnih lakih najpogosteje uporabljamo akrilno in poliuretansko vezivo ali kombinacijo obeh vrst veziv. Veziva so v vodi dispergirana. Vodni laki so lahko eno ali dvokomponentni, v zadnjem času pa se uveljavljajo tudi UV utrjujoči vodni laki. Zaradi majhne vsebnosti HOS in dokaj enostavnega prehoda s premazov na osnovi organskih topil na vodne lake in razvoja sušilnikov, ki omogočajo zelo hitro sušenje

(mikrovalovni, adsorpcijski, kondenzacijski sušilniki, karbonske IR žarnice...), se je njihova poraba v zadnjih letih precej povečala. Vendar je po analizi ekološke učinkovitosti nekaterih strokovnjakov skupno onesnaženje okolja večje kot pri uporabi drugih premazov. Razlog za to je večja poraba energije za odstranitev vode iz nanesenega premaza, s tem se poveča onesnaževanje zraka, zaradi težavne ali včasih celo nemogoče odstranitve organskih topil iz neizkoriščenega premaza pa so bolj onesnažena tudi tla in voda. Kljub temu v strokovni javnosti prevladuje mnenje, da so vodni laki zelo dobra alternativa lakom na osnovi organskih topil, ki bo omogočila izpolnjevanje zahtev po znižanju emisij hlapnih organskih spojin.

Enokomponentni vodni laki

Enokomponentni laki so običajno disperzije ali emulzije akrilnih ali PU polimerov v vodi. Obstajajo brezbarvni in barvni, nanašati jih je možno z valjanjem, brizganjem, potapljanjem in oblivanjem. Dispergirani enokomponentni vodni laki tvorijo filme slabše kakovosti, emulzijski poliuretanski (PU) in poliakrilatni (PA) laki pa že dosegajo podobne lastnosti kot raztopinski v organski topilih. Emulzijski laki nudijo široke možnosti variacij lastnosti za posebne namene. Zaradi enostavne uporabe je njihova uporaba bolj razširjena kot uporaba dvokomponentnih ali UV vodnih lakov.

Dvokomponentni vodni laki

Pri dvokomponentnih vodnih lakih je najbolj značilen sistem s kislim utrjevalcem, ki tvori suh film. Obstajajo barvni in brezbarvni, temeljni in končni laki, nanašajo se lahko z valjanjem, polivanjem in brizganjem. Dvokomponentni vodni laki za les tvorijo filme, ki so po kakovosti primerljivi s filmi nitroceluloznih lakov. Odlikujejo se po boljši elastičnosti in oprijemu, dobri svetlobni obstojnosti, lažje pa je doseči tudi debelejšje filme.

UV – utrjujoči vodni laki

Vodni UV utrjujoči laki so se pojavili v zadnjih letih in so se zaradi svojih dobrih lastnosti hitro uveljavili. Lastnosti njihovih filmov se lahko primerjajo z lastnostmi akrilnih UV lakov, zaradi nižje viskoznosti pa so primerni tudi za brizganje in polivanje. Razvili so jih, ker so klasični UV utrjujoči laki, prilagojeni brizganju in polivanju,

problematici zaradi prevelike vsebnosti topil. Izdelani so iz vodnih disperzij nenasičenih poliestrskih (PE) smol, raztopljenih v stirenu ali iz akrilno in akrilkopolimernih sistemov. Slednji so zaradi škodljivosti stirena bolj razširjeni. Ena slabših lastnosti UV vodnih lakov je potreba po odstranitvi vode pred UV utrjevanjem. Zato je potrebno od 10 min do 15 min sušenja v sušilnem tunelu pri temperaturi od 40 °C do 60 °C ali od 2 min do 3 min pri temperaturi od 60 °C do 80 °C, če to izdelek dopušča. Za skrajšanje časa sušenja se v praksi veliko uporablja IR, mikrovalovne in šobne sušilnike, s tem se čas sušenja skrajša na 5 do 10 minut. Velika prednost teh lakov pa je možnost zlaganja obdelanih elementov takoj po UV utrjevanju.

Prednosti vodnih lakov:

- vsebujejo majhen delež HOS,
- imajo visok delež suhe snovi,
- ne vsebujejo zdravju škodljivih dodatkov in so skoraj nevtralni (pH vrednosti okoli 7),
- pri skladiščenju, nanašanju in sušenju ni potrebna eksplozijsko varna izvedba opreme in instalacij,
- omogočajo ponovno uporabo overspraya,
- ne mehčajo spojev, zlepljenih s talilnimi in PVA lepili.

Slabosti vodnih lakov:

- embalaža in nanašalna oprema morata biti iz nerjavečih materialov,
- pri transportu in skladiščenju mora biti temperatura nad 0 °C,
- pri nanašanju mora biti temperatura zraka, laka in obdelovanca nad 18 °C,
- zaradi dviga lesnih vlaken je površina temeljnega filma bolj hrapava,
- slabše razlivanje zaradi velike površinske napetosti,
- za sušenje je potrebno več energije, zato so potrebni daljši časi ali višja temperatura sušenja ter večje hitrosti kroženja zraka,
- za kvalitetno površino je potrebno pogostejše čiščenje in pranje nanašalne opreme,
- čiščenje z vodo je možno le, dokler ne nastane film, nato je potrebno uporabiti topila,
- čiščenje odpadnih vod iz lakirnih kabin je težavnejše,
- višja cena v primerjavi z laki na osnovi topil,
- težko je doseči visoki sijaj,

- pri elektrostatskem nanašanju je potrebno navlaženje zraka na mestu brizganja in prilagojena nanašalna oprema.

Sušenje vodnih lakov:

Sušenje vodnih premazov je dokaj zahteven postopek saj hitrost sušenja na zraku močno odvisna od relativne zračne vlažnosti. Pri 70 % zračni vlažnosti sušenje poteka zelo počasi, pri 100 % pa sploh ne poteka. Zato sušenje pospešujemo v toplozračnih sušilnikih. V primerjavi s sušenjem premazov na osnovi organskih topil, porabimo pri vodnih premazih za sušenje bistveno več energije (kar je ob siceršnji okoljski prednosti vodnih premazov pred premazi na osnovi organskih topil z okoljevarstvenega vidika zelo slabo). Poleg tega v sušilnikih nastaja od vrha manj prepustna plast z višjo viskoznostjo, v katero se radi ujamejo mehurčki ali pa iz mehurčkov, ki počijo na površini nastanejo t.i. kraterji. Sušenje vodnih premazov v sušilnikih je drago, zato vodi v premaze dodajajo različna dodatna pomožna topila (*cosolvents*), ki z vodo tvorijo azeotropne zmesi.

2.2.2.2 Poliuretanski laki

Poliuretanski laki so skupina dvo- in enokomponentnih reakcijskih lakov s srednjevisoko vsebnostjo filmotvorne snovi (od 30 % do 60 %). Vezivo je pri PU lakih sestavljeno iz dveh komponent: nizkoviskozne raztopine alkidnih ali akrilnih smol in raztopine različnih izocianatov. Komponenti veziva po mešanju v ustreznem razmerju s kemijsko reakcijo adicije tvorita reakcijski produkt poliuretan, to je prostorsko zamrežen polimer odličnih lastnosti za lakfilme. PU laki na lesni površini tvorijo polne filme z zelo dobro oprijemnostjo, trajno elastičnostjo, žilavostjo in površinsko trdoto. Žal so mnogi PU laki nagnjeni k rumenenju pod vplivom UV svetlobe.

2.2.3 Postopek nanašanja premaznih sredstev z zračnim brizganjem

Ker smo vse vzorce za naše eksperimentalno delo površinsko obdelali s postopkom zračnega brizganja, v nadaljevanju ta postopek nekoliko natančneje opisujemo.

Nanašanje z brizganjem je star postopek, saj se je v pohištveni industriji pojavil že leta 1909. Uporaba brizgalnih pištol pa se je razmahnila po letu 1923, ko so bili uvedeni celulozno nitratni (»nitrocelulozni«) laki. Osnova vseh postopkov nanašanja premaznih sredstev z brizganjem je atomizacija. To je proces razpršitve, »razbitja« curka tekočega premaznega sredstva v zelo drobne kapljice. Le-te priletijo na površino obdelovanca, kjer takoj po nanosu poteče proces zlitja – nastanka tekočega filma. Atomizacijo – razpršitev je možno doseči na zelo različne načine. Glede na način, s katerim le-to dosežemo, ločimo različne postopke brizganja.

Osnovni elementi opreme za nanašanje z brizganjem so:

- brizgalne pištrole ali rotacijski razprševalci,
- (tlačne) posode in črpalke,
- filtri,
- cevni razvodni sistem za premazno sredstvo,
- priključek za stisnjen zrak.

Postopek zračnega brizganja se je, kot že omenjeno, uveljavil z razvojem nitroceluloznih lakov po letu 1923 in sicer v pohištveni kakor tudi avtomobilski industriji. Premazni material doteka do brizgalne pištrole iz lončka (nad pištolo ali pod njo), iz lokalnega vira preko tlačnega kotlička ali črpalke ali iz skupne posode za centralno dovajanje. Atomizacija poteče tik po izstopu iz šob na brizgalni pištoli.

Prednosti zračnega brizganja so:

- postopek je dokaj lahko kontrolirati, dobri operaterji lahko delajo zelo natančno,
- zelo dobra (fina) atomizacija in v splošnem dobra kvaliteta obdelan površine,
- enakomerna debelina filma,
- dobro omakanje podlage tudi v porah,
- možna je uporaba širokega spektra premaznih materialov,

- relativno enostaven sistem za vzdrževanje,
- ker je tehnika že dolgo uveljavljena, je na voljo širok izbor nanašalne opreme, zelo dobro pa je tudi znanje o tem postopku nanašanja.

Pomanjkljivosti izvirajo iz dejstva, da kapljice na površino obdelovanca nosi stisnjen zrak. Ko zrak z veliko hitrostjo udari na ploskev obdelovanca, pride do odboja in turbulenc. Posledica je razpršitev na še manjše delce, ki se odbijejo od predmeta – pravimo, da nastanejo meglice. Pojav je posebej izrazit pri obdelavi notranjih kotov izdelka. Rezultat je zelo slab izkoristek oz. »overspray«. To je slabo iz ekonomskega vidika (velika poraba lakov), še posebej pa v luči okoljevarstvenih zahtev oz. Uredbe HOS. Slabosti so torej:

- velike izgube lakov (»overspray«),
- velike emisije lahko hlapnih organskih spojin (zaradi overspraya in zaradi velike vsebnosti topil in razredčil v pripravkih – viskoznosti za nanašanje morajo biti relativno nizke),
- nevarnost nastanka napak zaradi povratnega toka napol utrjenih kapljic laka,
- zelo pomembne so izkušnje (učenje dobrih delavcev je dolgotrajno),
- velika poraba stisnjenega zraka.

Nekatere splošne tehnične značilnosti postopka zračnega brizganja:

- tlak zraka: od 3 bar do 5 bar
- hitrost zraka pri zgornjih pogojih: od 150 m/s do 300 m/s,
- premer šob: od 0,8 mm do 2,5 mm,
 - * 1,2 mm za nizko viskozne materiale (npr. lužila),
 - * od 1,3 mm do 1,5 mm za končne premaze,
 - * več kot 1,5 mm za premaze višje viskoznosti (npr. polnila),
 - * do 2,5 mm za zelo viskozne premaze,
- nanosi: od 50 g/m² do 150 g/m² za lužila in od 200 g/m² do 500 g/m² za lake,
- oddaljenost pištrole od površine: od 200 mm do 300 mm,
- viskoznost premazov: nizke in srednje (optimalno od 20 s do 35 s F4).

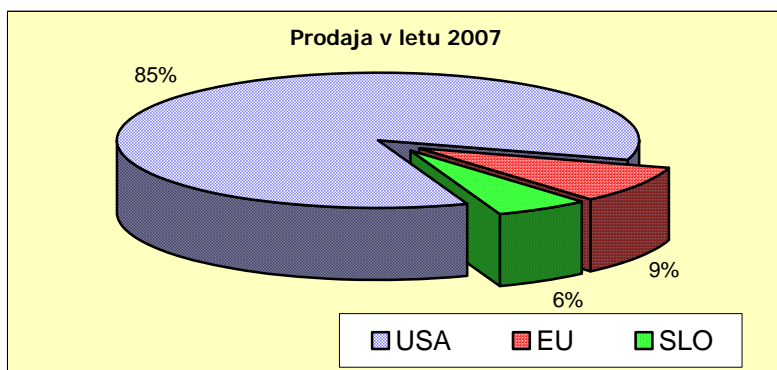
2.3 PREDSTAVITEV PODJETJA LIP RADOMLJE D.D.

Podjetje Lip Radomlje d.d. (slika 1) je največji proizvajalec pohištva iz masivnega lesa hrasta v Sloveniji in njeni širši okolici. Pohištvo iz lesa hrasta predstavlja več kot 95 % proizvodnje podjetja. Proizvodni program sestavljajo jedilniški seti (stoli, mize in omare) ter pohištvo za spalnice.



Slika 1: Lokacija podjetja Lip Radomlje s proizvodnimi in skladiščnimi prostori (arhiv Lip Radomlje, 2007)

V podjetju je zaposlenih približno 250 ljudi. Lip Radomlje je izrazit neto izvoznik in na najzahtevnejše svetovne trge (ZDA, Nemčija, Velika Britanija, Norveška ...) plasira več kot 90 % celotne prodaje podjetja (slika 2).



Slika 2: Deleži prodaje podjetja v letu 2007 (arhiv Lip Radomlje, 2007)

Preko 80 % prodaje se ustvari z lastno blagovno znamko, ki je rezultat lastnega razvoja. Izdelki se na vseh trgih uvrščajo v visok cenovni razred. V podjetju je razvitih nekaj prepoznavnih programov, ki se uspešno prodajajo v Združenih državah Amerike ter v Evropi. Ti programi so Mission (slika 3), American Craftsman (slika 4), Rustic French (slika 5), Casa Vieja (slika 6) ...



Slika 3: Program Mission (arhiv Lip Radomlje, 2007)



Slika 4: Program American Craftsman (arhiv Lip Radomlje, 2007)



Slika 5: Program Rustic French (arhiv Lip Radomlje, 2007)



Slika 6: Program Casa Vieja (arhiv Lip Radomlje, 2007)

Poleg tega pa proizvajajo tudi nekaj izdelkov, ki jih prodajajo doma, čeprav je, kot sem že omenil, prodaje na domačem trgu malo v primerjavi z izvozom. Ti izdelki so predvsem mize in stoli. Najbolj prodajani stoli so: stol Max (slika 7), stol 7594 (slika 8) in stol Euro-Lux (slika 9). Od miz pa sta najbolj prodajani miza 1750 (slika 10) in ovalna miza 135 (slika 11).



Slika 7: Stol Max (arhiv Lip Radomlje, 2007)



Slika 8: Stol 7594 (arhiv Lip Radomlje, 2007)



Slika 9: Stol Euro-Lux (arhiv Lip Radomlje, 2007)



Slika 10: Miza 1750 (arhiv Lip Radomlje, 2007)



Slika 11: Ovalna miza 135 (arhiv Lip Radomlje, 2007)

2.3.1 Problematika emisij HOS v podjetju Lip Radomlje d.d.

Pri zmanjševanju emisij hlapnih organskih spojin je v podjetju Lip Radomlje osnovni problem v tem, da premazi na vodni osnovi za masiven les hrasta, ki bi lahko vsaj približno nadomestili obstoječe premaze, na tržišču zaenkrat še ne obstajajo. Pri iskanju premazov intenzivno sodelujejo z večjim številom domačih in tujih proizvajalcev ter institucij. Skupaj z njimi so prišli do ugotovitve, da obdelava masivnega lesa hrasta z vodnimi premazi še ni mogoča, če želimo doseči površinsko obdelavo vrhunske kvalitete. Pri razmišljanju o reševanju problema emisij HOS so v podjetju proučili tudi različne tehnike čiščenja odpadnega zraka: z mokro absorpcijo odpadnih plinov, z adsorpcijo odpadnih plinov na aktivnem oglju, s sežigom odpadnih plinov, biofiltracijo, ipd ... Žal so ugotovili, da nobena od teh možnosti ni zadovoljiva ter da je edina rešitev prehod na premaze na vodni osnovi.

Razvoj vodnih premaznih sredstev za obdelavo masivnega lesa hrasta trenutno intenzivno poteka in vzorci testnih vodnih lužil in lakov se izboljšujejo. Ko bodo ta sredstva razvita ter bodo sprejemljiva za kupce in primerna za industrijsko uporabo, jih bo podjetje implementiralo v proizvodnjo. Za prenos v industrijsko proizvodnjo bo potrebno kar nekaj dodatnega časa. Pri implementaciji vodnih premaznih sredstev v industrijski način dela ne gre samo za zamenjavo obstoječih materialov z novimi, ampak za uvedbo popolnoma novega načina dela z novimi materiali ter s popolnoma drugačno pripravo površine za obdelavo. S tem so povezane tudi investicije v novo tehnološko opremo, ne samo v lakirnici, ampak tudi v brusilnici. Nova premazna sredstva bodo prilagojena najboljšim razpoložljivim tehnikam - BAT (Best available techniques), zato

v podjetju razmišljajo, da bi nabavili opremo za površinsko obdelavo, ki je v skladu z »Best Available Techniques for Surface Treatment processes Using Organic Solvents« (*PT/EIPPCB/STS_Draft_2, Chapter 21*) in sicer še pred razvojem najustreznejših vodnih premazov. S tem bi pridobili na času. Vendar so ugotovili, da ta razmišljanja niso realna. Tehnološke opreme (ki spada med velike investicije po vrednosti in zahtevnosti projekta) ni smiselno izbrati, dokler materialov, s katerimi bodo delali, natančno ne poznajo. Način dela in tehnologijo bo treba prilagoditi zahtevam novih materialov in ne obratno.

2.3.2 Dosedanji preskusi alternativnih vodnih materialov v podjetju

V podjetju se že dolgo časa ukvarjajo s testiranjem možnih nadomestnih vodnih materialov in površin, obdelanih s temi materiali. Testirali so materiale večjega števila tujih in domačih proizvajalcev. Površine, na katere nanašajo materiale, so površine masivnega lesa hrasta in iverne plošče, furnirane s hrastovim furnirjem.

2.3.2.1 Furnirana iverna plošča

Furnirane plošče uporabljamo kot najbolj razširjeno gradivo v izdelavi ploskovnega pohištva. S furnirji iz naravnih lesov z oblepljenjem oplemenitimo in mehansko ojačimo cenejše osnovno tvorivo – iverno ploščo. Glede površinske obdelave so furnirane iverne plošče podobne istovrstnemu masivnemu lesu, vendar v primerjavi z masivnim lesom pri stiku površine z vodo vlakna nekoliko manj odstopajo, to pa je tudi bistvena razlika med masivnim lesom hrasta in površino, furnirano s furnirjem hrasta.

Najpogostejše napake se pojavljajo kot posledica nepravilnega lepljenja in brušenja furnirja in sicer:

- svetle pore pri luženih površinah oziroma lokalna sprememba barve furnirja ob večjih porah ali spojnih robovih, zaradi penetracije lepila,
- brušenje furnirja s prefino granulacijo in večjim pritiskom na ploščah z večjim lokalnim odstopanjem debeline povzroča stiskanje strukture lesa in s tem neenakomerno in običajno premajhno navzemanje lužila oziroma različno omočenje

površine z lakom, kar tudi pri obdelavi v naravni barvi povzroči neenakomernost barve in slabšo vidnost teksture.

Križno brušenje s primernimi granulacijami zmanjša verjetnost teh napak. Če po brušenju takoj ne sledi nadaljnja površinska obdelava, so možne naslednje posledice:

- zgornje plošče v zložajih se zaradi enostranske spremembe vlažnosti ukrivijo, poveča pa se tudi hrapavost površine, na njih se nabira prah,
- večina furnirjev spremeni barvo na površinah, izpostavljenih sončni svetlobi.

2.3.2.2 Masiven les

V izdelavi sodobnega pohištva masiven les spet postaja najpomembnejše tvorivo. Poleg domačih vrst lesa, iz različnih tehničnih, cenovnih in oblikovalskih razlogov, uporabljajo tudi številne vrste afriških, ameriških in azijskih lesov. Vsaka vrsta lesa ima drugačne tehnično – tehnološke lastnosti. Masiven les hrasta je za površinsko obdelavo dokaj zahtevna lesna vrsta. Spada med venčasto porozne listavce z velikimi porami in predvsem v stiku z vodo trahejno tkivo izrazito izstopi in povzroči hrapavost površine. Razen tega hrastovina vsebuje tudi tanin, ki je topen v vodi in lahko povzroči nastanek temnih lis na površini, obdelani z vodnimi lužili in/ali vodnimi laki. Dodatni problem povzroča nizka vrednost pH. Sklenemo lahko, da je masiven les hrasta zahtevna drevesna vrsta, predvsem pri obdelavi z vodnimi materiali.

Površinska obdelava masivnega lesa je odvisna od predhodne obdelave (mehanska obdelava, sušenje, kondicioniranje ...) in od številnih lastnosti obdelovanca in želenega cilja, kot so:

- oblika in velikost obdelovanca,
- želen tip in kakovost finiša,
- vlažnost površine in notranjosti,
- občutljivost oblike in konstrukcije izdelka ter zgradbe lesa na povišano temperaturo med sušenjem in utrjevanjem lakov,
- migracija določenih sestavin lesa na površino lakfilma kot posledica delovanja toplote ali temperature pri sušenju laka,
- spremenljivost površinske barve lesa pod vplivom sončne svetlobe in UV sevanja, ki se eventualno uporablja za utrjevanje laka,

- kemijsko fizikalni vplivi sestave lesa na lužilo in na potek utrjevanja laka ter oprijemljivost suhega lakfilma na površino,
- za nekatere mehanske postopke obdelave je najprimernejša vlažnost lesa drugačna od vrednosti, primerne za površinsko obdelavo,
- za površinsko obdelavo je običajno najprimernejša ravnovesna ali malo nižja vrednost vlažnosti, ker se potem dimenzije in struktura obdelovanca najmanj spreminjajo,
- uporaba pregrobe zrnatosti ali nepravilne zaporednosti brusilnih sredstev ter napačno prečno brušenje povzročajo večjo hrapavost površine, neenakomerno, običajno premočno vpijanje lužila, ter vidno sliko brušenja na lakirani površini,
- brušenje s fino zrnatimi ali izrabljenimi sredstvi pri večjih hitrostih in pritiskih ima lahko, nasprotno, učinek stiskanja oz. glajenja površine, kar zmanjšuje vpijanje lužila in oprijemnosti lakfilma.

3 MATERIALI IN METODE

3.1 KRATEK PREGLED EKSPERIMENTALNEGA DELA

Najprej sem moral pregledati, katere materiale za površinsko obdelavo uporabljajo v podjetju trenutno, ter kakšni so načini nanašanja in sušenja. Glede na to smo izbrali potencialno alternativne materiale za naše preskuse. Odločili smo se, da se bomo osredotočili le na sredstva enega proizvajalca, s čim večjim številom različnih materialov in vzorcev. Lastnosti površinskih sistemov pripravljenih vzorcev z alternativnimi materiali, smo primerjali s sistemi z materiali na osnovi organskih topil, ki jih uporabljajo v redni proizvodnji.

Proizvajalca testnih površinskih materialov smo izbrali na osnovi naslednjih kriterijev:

- dosednji preskusi (število opravljenih preskusov, izkušnje pri sodelovanju s proizvajalcev premazov),
- uspešnost dosedanjih testiranj,
- možnost vzpostavljanja stikov s proizvajalcem,
- čim lažja pridobitev materialov in podatkov od proizvajalca.

Izbrali smo domačega proizvajalca premazov. Odločitev se je izkazala za ustrezno, saj smo v izbranem podjetju lahko izvedli nekatere poskuse, nudili so nam strokovno pomoč, prav tako pa so me še dodatno teoretično in strokovno usposabljali.

3.2 MATERIALI

3.2.1 Vzorci

V podjetju LIP Radomlje smo najprej pripravili preskušance, površinsko obdelane z materiali na osnovi organskih topil. Vzorci so bili velikosti A4 formata in sicer iz masivnega hrastovega lesa in iz iverne plošče, furnirane s hrastovim furnirjem. Vzorci so bili predhodno obdelani po istem postopku kot teče obdelava v redni proizvodnji. Končno brušenje pred površinsko obdelavo je bilo izvedeno z brusnim sredstvom z granulacijo 180.

Za primerjavo z rezultati pri vzorcih, ki so bili obdelani z vodnimi materiali, smo pripravili štiri kontrolne vzorce. Dva kontrolna vzorca iz masivnega hrastovega lesa sta bila končno obdelana s poliuretanskim lakom: eden ni bil lužen (slika 12), drugi pa (slika 13). Podobno smo pripravili še dva kontrolna vzorca iz furnirane iverne plošče (slika 14 in slika 15). Luženje je bilo izvedeno s postopkom zračnega brizganja, tako kot v redni proizvodnji.



Slika 12: Kontrolni vzorec iz masivnega lesa obdelan s poliuretanskim lakom



Slika 13: Kontrolni vzorec iz masivnega lesa obdelan z lužilom in poliuretanskim lakom



Slika 14: Kontrolni vzorec iz furnirane iverne plošče obdelan s poliuretanskim lakom



Slika 15: Kontrolni vzorec iz furnirane iverne plošče obdelan z lužilom in poliuretanskim lakom

Lakiranje kontrolnih vzorcev je bilo izvedeno z univerzalnim poliuretanskim lakom domačega proizvajalca. Sijaj temeljnega laka naj bi po navodilih proizvajalca znašal 30. Po nanosu temeljnega laka z zračnim brizganjem je sledilo toplozračno sušenje, brušenje z brusnim papirjem granulacije 220 ter nato nanos drugega – končnega sloja laka istega proizvajalca (sijaj 30), spet z zračnim brizganjem. Posebej smo pazili, da je izdelava vzorcev potekala tako kot izdelava produktov v redni proizvodnji.

3.2.2 Vzorci s potencialnimi alternativnimi vodnimi površinskimi sistemi – preliminarni poskusi

Po končani izdelavi kontrolnih vzorcev smo skupaj s strokovnjaki iz podjetja Lip Radomlje ter iz podjetja, ki proizvaja površinske premaze za les, za nadaljnje preskuse izbrali naslednja lužila in površinske premaze:

- vodno lužilo (VL),
- vodni lak – temelj (VT),
- univerzalni vodni lak – končni (VK), ki ga lahko uporabljamo tako za temeljni kot za končni nanos),
- vodni dvokomponentni lak - končni (2KK),
- UV vodni lak – temelj (UVT),
- UV vodni lak – končni (UVK),
- UV vodni lak – univerzalni (UVU).

Pred nanosom testiranih lužil smo po nasvetu proizvajalca premazov vse vzorce premazali s posebno brezbarvno izolacijo na vodni osnovi, ki je namenjena posebej za obdelavo hrastovega lesa. Premazovanje s tem sredstvom povzroči nabrek lesnih vlaken in tako lesna vlakna lahko odbrusimo že pred nanosom lužila. Posledično se po nanosu lužila vlakna mnogo manj dvignejo, kot bi se sicer.

Pri proizvajalcu smo naredili nekaj poskusnih, preliminarnih vzorcev, da smo spoznali kako se dela z vodnimi materiali. Uporabili smo masivne in furnirane vzorce. Pripravili smo dve različici neluženih vzorcev: VK + VK (dvakrat vodni končni (univerzalni) lak);

VT + VK (vodni temeljni lak in vodni končni (univerzalni) lak). Površinska premazna sredstva smo nanесли z zračnim brizganjem. Debelina mokrega filma pri temeljnem nanosu je znašala od 80 μm do 100 μm , debelina mokrega filma pri končnem sloju pa je bila nekoliko večja, od 100 μm do 120 μm . Debelino mokrega filma smo merili z glavnikom za merjenje debeline mokrega filma. Po 10-minutnem sušenju temeljnega laka v sušilniku pri temperaturi 60 °C smo prve poskusne vzorce pregledali. Ugotovili smo, da so se vlakna dvignila in da je bila površina zaradi tega hrapava. Vendar je bila na otip in izgled hrapavost furniranih površin manjša od hrapavosti masivnih vzorcev. Sledilo je brušenje z brusnim papirjem granulacije 240, nato pa še obdelava še s končnim lakom. Le-to smo prav tako izvršili z zračnim brizganjem in tudi sušenje je potekalo po istem postopku kot pri temeljnem nanosu. Posušena površina je bila brez nezaželenih obarvanj ni pa bila povsem gladka.

Naredili smo tudi poskusne vzorce z UV utrjujočimi vodnimi laki, prav tako na furnirani površini in na površini masivnega lesa. Najprej smo nanесли temelj z brizganjem, debelina mokrega filma naj bi po zahtevah proizvajalca znašala od 80 μm do 100 μm . Nato smo izvedli sušenje po naslednjem vrstnem redu: 5 minut na zraku, 10 min v sušilniku pri 60 °C in nato v UV sušilniku. Pri toplozračnem sušenju odpari voda in ostala topila (vlakna izstopijo), vendar zaradi sestave UV premazov to še ni dovolj, ker mora poteči še kemijska reakcija polimerizacije, da premaz dokončno utrdi. Za začetek reakcije zamreženja pod UV svetlobo je potrebno, da premaz vsebuje fotoiniciatorje. Prav zaradi fotoiniciatorjev je pod UV svetlobo temeljni premaz dokončno utrdil, nato smo ga obrusili s papirjem granulacije 240. Nato je sledil nanos končnega UV vodnega laka, po enakem postopku kot nanos temeljnega, le debelina mokrega filma je morala biti nekoliko večja, od 100 μm do 120 μm .

Po pregledu poskusnih vzorcev z UV utrjenimi premaznimi sistemi smo ugotovili, da površina ni bila dovolj gladka. Posebej je bila problematična površina masivnih vzorcev, saj so vlakna po temeljnem nanosu močno nabrekli in je bilo vzorce z vmesnim brušenjem težko dobro pobrusiti. Še večji problem pa bi se verjetno pojavil, če bi pred obdelavo s temeljnim lakom nanесли tudi lužilo, saj bi lahko v tem primeru zaradi potrebnega velikega odvzema materiala med vmesnim brušenjem lahko prišlo do prebrušenja lužene površine.

Na osnovi vseh opisanih preliminarnih poskusov smo se odločili, da pred nanosom laka polovico površine premažemo z gobico s posebno, že omenjeno izolacijo za hrastov les, drugo polovico pa z vodo (slika 16). Z vodo zato, ker smo poskušali ugotoviti, kakšna je razlika v končnem učinku, če so vzorci predhodno obdelani z izolacijo ali samo z vodo. Ker je bistvenega pomena pri tej operaciji le to, da izstopijo vlakna (slika 17), ki jih potem odbrusimo, smo predvidevali, da bi bilo mogoče namesto posebne izolacije, uporabiti kar vodo. Ugotovili smo, da vlakna močno izstopijo v obeh primerih ter da ni opazne razlike med delom vzorca, ki je bil namazan z vodo in delom z izolacijo. Po osužitvi smo vlakna odbrusili s papirjem granulacije 240 in nato nanесли temelj. Rezultat je bil ugoden, saj že prej odbrušena vlakna po nanosu vodnega temelja niso več močno nabrekli. Sklenemo lahko, da pred luženjem lahko vzorce pripravimo kar z navlaževanjem z vodo in ni potrebno nanašati posebnega izolacijskega temelja.



Slika 16: Mazanje surovih vzorcev z vodo



Slika 17: Lesna vlakna na površini po premazovanju z vodo

3.2.2.1 Izdelava testnih vzorcev z vodnimi materiali

Prej opisani preliminarni poskusi so bili osnova za končen izbor kombinacij vodnih materialov v testnih premaznih sistemih. Po že opisanem postopku za izdelavo kontrolnih vzorcev smo pripravili masivne in furnirane vzorce za naše preskuse. Pripravili smo 20 različnih kombinacij, katerih lastnosti smo primerjali z lastnostmi kontrolnih vzorcev. Materiali za pripravo različnih premaznih sistemov so navedeni v preglednici 3. S kombinacijo prikazanih materialov smo naredili vse kontrolne vzorce.

Preglednica 3: Materiali za testne površinske sisteme

OZNAKA MATERIALA	OPIS MATERIALA
VL	vodno lužilo
VT	vodni lak - temelj
VK	univerzalni vodni lak - končni
2KK	vodni dvokomponentni lak - univerzalni
UVT	UV vodni lak - temelj
UVK	UV vodni lak - končni
UVU	UV vodni lak - univerzalni

Pripravili smo deset kombinacij površinskih sistemov na masivnem lesu in deset kombinacij na furnirani površini (preglednica 4). Vzorce smo označili z zaporedno številko kombinacije ter s črko M za masiven les ali F za furnir (npr.: 1F – furnirana površina, ki je obdelana z vodnim temeljem in vodnim končnim lakom; 10M – masivni vzorec, ki je obdelan z vodnim lužilom in nato z univerzalnim vodnim za temeljni in končni nanos). V preglednici je razvidno, da so vzorci pod isto številko tako na masivni podlagi kot na furnirani (npr. 1M in 1F) obdelani z istimi materiali.

Preglednica 4: Testni površinski sistemi

OZNAKA VZORCA	OZNAKA KOMBINACIJ MATERIALOV
1M (F)	VT + VK
2M (F)	VT + 2KK
3M (F)	UVT + UVK
4M (F)	UVU + UVU
5M (F)	VK + VK
6M (F)	VL + VT + VK
7M (F)	VL + VT + 2KK
8M (F)	VL + UVT + UVK
9M (F)	VL + UVU + UVU
10M (F)	VL + VK + VK

Fotografije preskušancev z različnimi testnimi površinskimi sistemi so prikazane na slikah od 18 do 37. Vsak testni površinski sistem ima dva preskušanca, enega iz masivnega lesa in enega iz furnirane iverne plošče.



Slika 18: Vzorec 1M



Slika 19: Vzorec 1F



Slika 20: Vzorec 2M



Slika 21: Vzorec 2F



Slika 22: Vzorec 3M



Slika 23: Vzorec 3F



Slika 24: Vzorec 4M



Slika 25: Vzorec 4F



Slika 26: Vzorec 5M



Slika 27: Vzorec 5F



Slika 28: Vzorec 6M



Slika 29: Vzorec 6F



Slika 30: Vzorec 7M



Slika 31: Vzorec 7F



Slika 32: Vzorec 8M



Slika 33: Vzorec 8F



Slika 34: Vzorec 9M



Slika 35: Vzorec 9F



Slika 36: Vzorec 10M



Slika 37: Vzorec 10F

3.3 METODE

Odločili so se, da bomo vzorce z različnimi kombinacijami materialov za površinsko obdelavo, okarakterizirali z naslednjimi lastnostmi:

- vizualna ocena videza površine
- barva,
- sijaj,
- oprijem,
- odpornost proti alkoholu,
- odpornost proti vodi,
- odpornost proti razenju.

3.3.1 Vizualna ocena

Za vizualno ocenjevanje površin smo sestavili svojo, subjektivno lestvico, z ocenami od 1 do 5. Ocena 5 je pomenila najboljšo površino, ocena 1 pa najslabšo. Vmesne ocene pa predstavljajo stopnje videza in otipa od najboljšega do najslabšega rezultata. Vzorce smo vizualno ocenjevali glede na gladkost, barvo, ter morebitne pojave madežev na površini. Zelo pomembna je bila tudi primerjava videza testnih površin z videzom kontrolnih vzorcev.

3.3.2 Sijaj

Sijaj je videz, ki ga površini daje odbijanje svetlobe. Povezan je z načinom odboja svetlobe od površine. Odboj svetlobe pa je odvisen od hrapavosti/gladkosti površine in od lomnega količnika zgornje plasti površine. Lahko rečemo, da je sijaj za naše občutke obnova zrcalnih slik zaradi odboja svetlobe gladkih površin. Čim razločnejše in jasnejše so zrcalne slike, večji je sijaj teh površin. Sijaj merimo z merilnimi aparati, ki delujejo na fotoelektričnem principu ali pa z merilnimi instrumenti, ki temeljijo na optičnem opazovanju ustvarjenih navideznih likov.

Sijaj smo merili po metodi SIST EN ISO 2813 (1999). Merilno glavo predhodno umerjenega instrumenta (X-Rite AcuGloss TRI) smo postavili na površino vzorca (slika

38). Pri tem smo bili pozorni, da je bil kot vpadne svetlobe na merilni glavi naravnana na 60° . Nato smo odčitali sijaj vzorca. Če bi bila izmerjena vrednost morda večja od 70, bi izmerili sijaj še pod kotom 20° , če pa bi bila vrednost pod 10, bi izmerili sijaj še pod kotom 85° .

Na vsakem vzorcu smo opravili po 30 meritev. Z meritvijo smo začeli v levem zgornjem kotu plošče, opravili po pet meritev v eni vrsti in to ponovili v šestih vrsticah, do spodnjega roba vzorca.



Slika 38: Merilni instrument za merjenje sijaja

3.3.3 Barva

Barva je zelo pomembna lastnost premaza. Človeško oko je zelo precizen instrument, zato lahko barvo določamo s primerjavo s standardnimi barvnimi odtenki. Barve pa lahko merimo tudi kvantitativno, tako da izključimo subjektivno oceno (barvni

koordinatni sistem/kolorimeter). Ta postopek se imenuje numerični in po tem postopku smo določali barvo naših vzorcev tudi mi.

Numerično vrednotenje barve po CIELAB sistemu ISO/DIS 7724-3 (1997), ki je najbolj izpopolnjen in najpogosteje uporabljen sistem za vrednotenje barv. Predstavlja matematično kombinacijo kartezijskega in cilindričnega koordinatnega sistema, kjer je barva opredeljena z naslednjimi vrednostmi:

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

Z meritvijo dobimo vrednosti barvnih komponent L^* , a^* in b^* in iz njih nato izračunamo razliko barve glede na barvo referenčnega (npr. kontrolnega) vzorca:

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

Določanje barve je potekalo po naslednjem postopku: merilno sondo instrumenta (X-Rite SP62) smo postavili na površino vzorca (slika 39). Mesto merjenja naj bi bilo reprezentativno glede na celoten izgled vzorca. Vendar je bila pri naših vzorcih barva precej neenakomerna. Na masivnih in furniranih površinah je bila namreč vidna tekstura, ki bi lahko, glede na mesto merjenja, močno vplivala na odčitane vrednosti. Zato smo na vsaki plošči izvedli po 9 meritev. Spet smo merili tako, da smo začeli v zgornjem levem kotu ter nato opravili po tri meritve v vrsti in še v dveh spodnjih vrstah. Tako smo za vsak vzorec dobili po 27 meritev.



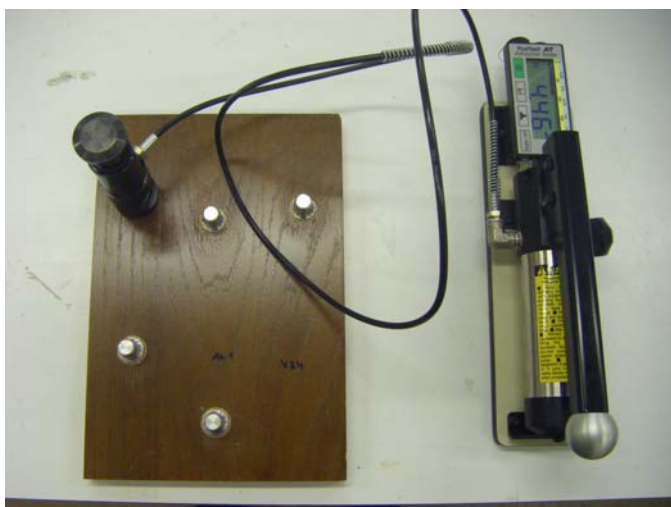
Slika 39: Merilni instrument za merjenje barve

3.3.4 Oprijem

Dobra oprijemnost premaza na podlago (les, furnirana površina) je najpomembnejša lastnost kvalitetnega premaza. Če je oprijemnost premaza preslaba, se pojavljajo različne napake, kot so npr. mehurjenje, lupljenje, luščenje itd. Adhezijske sile so privlačne sile med dvema površinama, ki se stikata (običajno sta površini iz različnih materialov, seveda pa o adheziji govorimo tudi pri spoju dveh površin iz iste snovi). Adhezija je torej tipična površinska lastnost. Po drugi strani pa so kohezijske sile povezovalne sile znotraj snovi. Adhezijo razlagamo z različnimi mehanizmi: mehansko sidranje, elektrostatski privlak, interdifuzija ter različne kemijske vezi. Pri premazih na lesu je prav gotovo najpomembnejše mehansko sidranje: ko je premaz še v tekočem stanju, zalije različne neravnine na površini (pore itd.). Po utrditvi se utrjen premaz usidra v te neravnine. Pri površinski obdelavi lesa sta se za določanje oprijemnosti najbolj uveljavili metoda s križnim rezom in metoda odtrgovanja pečatov.

Oprijemnost smo merili po metodi SIST EN ISO 4624 (2004) z odtrgovanjem pečatov. Pečate je bilo potrebno najprej temeljito očistiti, ker drugače lepilo ne bi bilo enakomerno porazdeljeno po površini pečata in zaradi tega rezultati ne bi bili ustrezni.

Nato smo na vsak vzorec prilepili po pet pečatov. Pečate smo nalepili naključno po površini. Po 48 h smo s posebnim instrumentom za trganje pečatov (DeFelsco PosiTest AT Adhesion Tester) opravili trganje pečatov. Še pred trganjem je bilo potrebno s kronskim rezilom zarezati premaz okoli pečata vse do podlage, nato smo pečat vstavili v čeljust trgalne naprave in ga s pravokotno delujočo silo odtrgali s podlage (slika 40). Hitrost obremenjevanja je bila konstantna (100 MPa/s). Ko se je pečat odtrgal, smo odčitali vrednost oprijema premaznega sistema. Poleg vrednosti oprijema premaznega sistema smo določili še vrsto loma (adhezijski lom ali kohezijski lom).



Slika 40: Merilni instrument za trganje pečatov

3.3.5 Odpornost proti tekočinam (alkoholu in vodi)

Odpornost proti hladnim tekočinam smo določali po metodi SIST EN 12720 (1997). Določali smo odpornost proti vodi in alkoholu (48 %). Tampon smo za 30 s namočili v preskusno tekočino, počakali, da se odcedi, ga položili na vzorec, pokrili s stekleno čašo in pustili na površini. Tampon z alkoholom je ostal na površini 1 h, tampon z vodo pa 24 h (slika 41).



Slika 41: Tampon prepojen z preskusno tekočino na površini vzorca

Po pretečenem času izpostavitve smo tampon odstranili in površino očistili z navlaženo krpo. Nastale deformacije (poškodbe) smo prav tako ocenili po standardu SIST EN 12720 (1997):

- 5 - ni nobenih sprememb;
- 4 - majhna sprememba v sijaju ali barvi, vidna le v soju odbite svetlobe ali nekaj izoliranih manj poškodovanih mest;
- 3 - manjša poškodba, vidna iz večih zornih kotov, npr. vidno celotno mesto izpostavitve filtrirnega tampona ali čaše;
- 2 - večja poškodba, struktura površine večinoma nespremenjena;
- 1 - večja poškodba s spremenjeno strukturo površine ali popolnoma ali delno odstranjen površinski sloj ali pa se filtrirni papir lepi na površino.

3.3.6 Trdota površinskega sistema

Trdoto površinskega sistema smo določali z metodo z razenjem po SIST EN ISO 1518 (2001). Za določanje odpornosti proti razenju smo uporabili vzmetni svinčnik s konico premera 1 mm. S pomikom drsnega obroča smo nastavili ustrezno obremenitev na konico (5 N) Nato smo s svinčnikom razili po površini vzorca prečno na potek vlaken (slika 42). Naredili smo do 10 cm dolgo разо. S povečevalnim steklom smo nato opazovali nastalo poškodbo. Če poškodba ni bila vidna, smo postopek ponovili pri sili 7

N. Če pa je pri 5 N nastala poškodba, smo izmerili njeno širino in poskus izvedli z manjšo obremenitvijo (3 N ali, če je bilo potrebno 2 N).



Slika 42: Razenje z vzmetnim svinčnikom po površini vzorca

4 REZULTATI

4.1 VIZUALNA OCENA

Iz ocen vizualnega pregleda vzorcev (preglednica 5) vidimo, da sta najboljša vzorca 2M in 2F. To sta vzorca, ki imata kot temelj nanesen vodni temeljni lak, kot končni nanos pa imata dvokomponentni vodni lak (tudi univerzalni). Ta kombinacija je tako na furnirani kot na masivni površini dala najboljši vizualni izgled. Pri isti kombinaciji materialov, vendar s predhodnim nanosom lužila (7M in 7F) je bil rezultat nekoliko slabši. Vendar, če pogledamo v razpredelnico je pri večini kombinacij vzorec z lužilom nekoliko slabši kot vzorec brez lužila. Dovolj dobri rezultati so vidni še pri vzorcih 1 (vodni temeljni lak in vodni končni lak (univerzalni)) in 3 (UV vodni temeljni lak in UV vodni končni lak), ter pri njihovih inačicah z lužili (6 in 8). Slabši pa so rezultati pri vzorcih 4 (UV univerzalni vodni lak – dvakratni nanos) ter 5 (univerzalni vodni končni lak - dvakratni nanos). Pri teh vzorcih bi lahko celo rekli, da so rezultati nesprejemljivi, saj je bila razlika z izgledom kontrolnih vzorcev že na pogled prevelika. Iz preglednice 5 je tudi razvidno, da so vzorci, narejeni z isto kombinacijo materialov, približno enako vizualno ocenjeni. Pomeni, da so masivni in furnirani vzorci, narejeni z isto kombinacijo materialov, dobil zelo podobno ali isto oceno.

Preglednica 5: Rezultati vizualne ocene

Vzorec	Gladkost	Barva	Pojav madežev	Podobnost s kontrolnim vzorcem	Skupna vizualna ocena
KM	površina gladka (5)	barva enakomerna, nekoliko porumenela (5)	5		5
KF	površina gladka (5)	barva enakomerna, nekoliko porumenela (5)	5		5
KML	gladkost (5)	enakomerne rjave barve (5)	5		5
KFL	gladkost (5)	enakomerne rjave barve (5)	5		5
1M	gladkost (3)	barva enakomerna (5)	5	5	4-5
1F	gladkost (3)	barva enakomerna - nekoliko sivkasta (4)	4	4	4
6M	gladkost (2)	barva enakomerna, bolj motna (4)	4	4	3-4
6F	gladkost (2)	barva bolj sivkasta, bolj motna (4)	4	4	3-4
2M	gladkost (4)	barva enakomerna (5)	5	5	5
2F	gladkost (4)	barva enakomerna (5)	5	5	5
7M	gladkost (3)	barva enakomerna, toda presvetla (4)	4	3	3-4
7F	gladkost (4)	barva enakomerna, toda presvetla (4)	4	3	4
3M	gladkost (3)	barva dokaj enakomerna, preveč siva (3)	3	2	3
3F	gladkost (4)	barva dokaj enakomerna (4)	4	3	4
8M	gladkost (3/4)	barva dokaj enakomerna (4)	4	4	4
8F	gladkost (3)	barva dokaj enakomerna (4)	4	4	4
4M	gladkost (3)	barva dokaj enakomerna, preveč siva (3)	3	3	3
4F	gladkost (3)	barva ni podobna, preveč siva (2)	3	2	2-3
9M	gladkost (2)	barva ni enakomerna (2)	2	2	2
9F	gladkost (3)	barva enakomerna (5)	3	3	3-4
5M	gladkost (3/4)	barva dokaj enakomerna, preveč siva (3)	3	3	3
5F	gladkost (3)	barva ni podobna, preveč siva (2)	3	2	2-3
10M	gladkost (3)	barva ni podobna, preveč siva (2)	2	2	2
10F	gladkost (2)	barva ni podobna, preveč siva (2)	3	2	2

4.2 SIJAJ

Povprečne vrednosti sijaja, izračunane iz podatkov 30 posameznih meritev, so za vsak vzorec prikazane v preglednici 6. Uporabljali smo lake z nazivnim sijajem 30 (pričakovan sijaj po podatkih proizvajalca) in tudi vrednosti naših meritev so se gibale okrog 30. Le pri slabših vzorcih smo zaznali večja odstopanja. V preglednici 6 lahko takoj opazimo, da imajo furnirane površine nižje sijaje od masivnih, čeprav so obdelane z istimi materiali. Tako je tudi pri kontrolnih vzorcih iz redne proizvodnje v podjetju. Pri vzorcih, obdelanih z vodnim temeljnim lakom in univerzalnim vodnim končnim lakom (vzorci 1 - brez lužila, in 6 - z lužilom) smo dobili najboljše rezultate. Tako vzorec iz masivnega lesa (1M) kot furniran vzorec (1F) sta izkazala primerljiv sijaj s sijajem

kontrolnih vzorcev. Tudi pri luženih vzorcih (6M in 6F) sta rezultata podobna. V negativnem smislu pa izstopajo le vzorci, obdelani z UV univerzalnim vodnim lakom – (dvakratni nanos). Rezultati so nesprejemljivi, saj je bil sijaj v povprečju za okrog 10 nižji kot sijaj pri kontrolnih vzorcih.

Preglednica 6: Sijaj preskušanih kombinacij površinske obdelave

Vzorec	Povprečna vrednost sijaja pri 60°
KM	33,7
KF	25,0
KML	28,9
KFL	26,7
1M	30,9
1F	24,1
6M	27,6
6F	25,2
2M	26,1
2F	27,9
7M	30,2
7F	26,3
3M	25,1
3F	26,0
8M	25,2
8F	23,7
4M	20,0
4F	19,8
9M	17,3
9F	16,8
5M	26,8
5F	22,7
10M	23,0
10F	26,1

4.3 BARVA

Povprečne vrednosti barvnih komponent so podane v preglednici 7. Vrednosti komponent vzorcev smo primerjali z vrednostmi komponent kontrolnih vzorcev. Ugotovili smo, da so najboljši rezultati pri vzorcih, obdelanih z vodnim temeljnim lakom ter z univerzalnim vodnim končnim lakom, to je pri vzorcih 1 (brez lužila) in 6 (z lužilom). Enako velja za vzorce obdelane z vodnim temeljnim lakom in z

dvokomponentnim univerzalnim vodnim lakom, to so vzorci 2 (brez lužila) in 7 (z lužilom). Najslabši rezultati so bili pri vzorcih 3 (brez lužila) in 8 (z lužilom), ki so bili obdelani z UV vodnim temeljnim lakom in UV vodnim končnim lakom, ter pri vzorcih 4 (brez lužila) in 9 (z lužilom), ki so bili obdelani dvakrat z UV univerzalnim vodnim lakom. Pri barvno najslabših vzorcih so rezultati nesprejemljivi, saj njihova barva preveč odstopa od barve kontrolnih vzorcev.

Preglednica 7: Barvne komponente površin testnih vzorcev

Vzorec	L^*	a^*	b^*
KM	58,57	10,08	25,76
KF	61,86	8,40	24,82
KML	37,01	9,95	16,02
KFL	38,40	9,59	16,87
1M	58,55	9,33	25,22
1F	59,59	6,90	23,20
6M	39,14	9,79	16,39
6F	41,70	8,77	15,94
2M	59,00	9,82	26,45
2F	60,33	8,63	26,49
7M	35,71	9,65	14,53
7F	40,91	9,79	19,02
3M	60,13	6,81	22,63
3F	58,72	8,60	25,85
8M	35,90	8,34	10,54
8F	41,50	8,84	15,25
4M	59,44	7,99	21,62
4F	60,24	6,83	21,57
9M	37,11	8,49	11,75
9F	41,34	9,96	16,33
5M	61,51	7,54	24,43
5F	60,98	7,28	23,23
10M	37,03	9,65	14,99
10F	39,28	8,67	15,48

4.4 OPRIJEM

Rezultati določanja oprijemnosti premaznega sistema so navedeni v preglednici 8. V preglednici so navedeni rezultati petih meritev, ki sem jih opravil na vsakem vzorcu, ter povprečna vrednost oprijemnosti za vsak vzorec. Oprijemnost je bila na splošno pri vseh vzorcih dobra. Če jo primerjamo z oprijemnostjo pri kontrolnih vzorcih, lahko

ugotovimo, da med rezultati testnih in kontrolnih vzorcev ni večjih razlik. Pri vseh preskusih je prišlo do adhezijskega loma premaznega sistema od podlage, tako da izmerjene vrednosti v resnici odražajo oprijem premaznega sistema. Če pa bi prišlo do kohezijskega loma (podlage ali premaza) pa bi vrednosti pomenile trdnost podlage ali razslojno trdnost premaza.

Preglednica 8: Oprijemnost preskušanih premaznih sistemov

Meritve (Enota)	1 (MPa)	2 (Mpa)	3 (MPa)	4 (MPa)	5 (MPa)	POVPREČJE (MPa)
<i>Vzorci</i>						
<i>KM</i>	3,90	4,25	2,99	3,76	3,57	3,69
<i>KF</i>	3,21	2,81	3,05	2,89	3,23	3,04
<i>KML</i>	4,46	3,51	4,88	3,39	5,73	4,39
<i>KFL</i>	3,52	3,66	3,51	3,02	3,44	3,43
<i>IM</i>	4,86	3,86	4,19	4,06	3,62	4,12
<i>IF</i>	2,95	3,08	3,14	2,97	2,98	3,02
<i>6M</i>	3,17	4,06	3,87	3,79	3,35	3,65
<i>6F</i>	2,86	2,93	3,33	3,13	3,06	3,06
<i>2M</i>	4,94	5,88	3,72	3,78	2,66	4,20
<i>2F</i>	4,33	4,35	4,39	3,89	3,79	4,15
<i>7M</i>	6,32	5,83	4,92	6,06	4,74	5,57
<i>7F</i>	3,27	3,86	3,05	3,33	3,28	3,36
<i>3M</i>	3,69	4,11	4,10	4,53	3,62	4,01
<i>3F</i>	4,48	4,10	4,16	3,79	3,67	4,04
<i>8M</i>	3,90	3,67	4,04	4,10	3,49	3,84
<i>8F</i>	3,11	3,32	3,23	3,08	3,12	3,17
<i>4M</i>	3,33	4,41	3,68	4,26	5,30	4,20
<i>4F</i>	2,98	3,02	3,11	3,26	3,53	3,18
<i>9M</i>	3,66	3,55	3,43	3,61	3,64	3,58
<i>9F</i>	2,86	2,84	2,89	2,93	2,87	2,88
<i>5M</i>	4,77	4,09	3,95	4,21	5,15	4,43
<i>5F</i>	3,95	2,80	2,56	2,88	3,10	3,06
<i>10M</i>	4,53	3,01	3,88	4,63	4,43	4,10
<i>10F</i>	3,44	3,82	2,84	2,89	3,28	3,25

4.5 ODPORNOST PROTI VODI IN 48 % ALKOHOLU

Iz podatkov v preglednicah 9 in 10 lahko vidimo, da so proti alkoholu najbolj odporni vzorci, ki so bili dvakrat obdelani z univerzalnim vodnim končnim lakom (5 - brez

lužila, 10 – z lužilom). Tudi ostale kombinacije materialov so dale sprejemljive rezultate. Proti vodi so bili najbolj odporni vzorci, obdelani z UV vodnim temeljnim lakom in UV vodnim končnim lakom (4 – brez lužila, 9 – z lužilom). Tudi pri ostalih vzorcih smo dobili sprejemljive rezultate. Nekateri vzorci so imeli celo boljšo odpornost od odpornosti kontrolnih vzorcev, kar je zelo ugodno, tako da pri vodnih materialih, ko jih bodo uvedli v redno proizvodnjo, ne bo težav z njihovo odpornostjo.

Preglednica 9: Odpornost proti 48 % alkoholu

Vzorci	Vizualna ocena poškodbe
KM	3-4
KF	4
KML	4
KFL	4
1M	4-3
1F	4
6M	4
6F	4
2M	2
2F	3
7M	3-4
7F	4
3M	3-4
3F	3
8M	4
8F	4-3
4M	3
4F	4-3
9M	3
9F	4-3
5M	4
5F	4
10M	4
10F	4

Preglednica 10: Odpornost proti vodi

Vzorci	Vizualna ocena poškodbe
KM	5
KF	4-5
KML	3
KFL	3
1M	4
1F	4-5
6M	5
6F	5
2M	4-3
2F	4
7M	2
7F	3
3M	5
3F	5
8M	5
8F	5
4M	5
4F	5
9M	5
9F	5
5M	4
5F	4-5
10M	4
10F	4-5

4.6 TRDOTA POVRŠINSKEGA SISTEMA

Najboljšo trdoto površinskega sistema dosežemo z uporabo UV vodnega univerzalnega laka, tako za temeljni kot za končni nanos, kar je razvidno v preglednici 11. Vidimo, da edino pri vzorcih 4 (brez lužila) in 9 (z lužilom), ki so obdelani z omenjenimi materiali,

poškodujemo površino šele pri najvišje uporabljeni sili pri poskusu (7N). Že pri začetni obremenitvi (5N) pa je pri večini nastala razpoka, nekateri vzorci so se nato tudi pri še manjši obremenitvi poškodovali, toda pri manjši od 2N nobeden.

Preglednica 11: Trdota površinskih sistemov, določena z metodo proti razenju

Obremenitev	7 N	6 N	5 N	3 N	2 N
Vzorci					
KM			Razpoka-širina 0,4 mm	Ni razpoke	
KF			Razpoka-širina 0,5 mm	Ni razpoke	
KML			Razpoka-širina 0,5 mm	Razpoka-širina 0,2 mm	Ni razpoke
KFL			Razpoka-širina 0,8 mm	Razpoka-širina 0,3 mm	Ni razpoke
1M			Razpoka-širina 0,6 mm	Ni razpoke	
1F			Razpoka-širina 0,7 mm	Ni razpoke	
6M			Razpoka-širina 0,6 mm	Ni razpoke	
6F			Razpoka-širina 0,7 mm	Razpoka-širina 0,2 mm	Ni razpoke
2M			Razpoka-širina 0,3 mm	Ni razpoke	
2F			Razpoka-širina 0,4 mm	Ni razpoke	
8M			Razpoka-širina 0,5 mm	Ni razpoke	
8F	Razpoka-širina 0,3 mm	Ni razpoke	Ni razpoke		
3M			Razpoka-širina 0,7 mm	Ni razpoke	
3F			Razpoka-širina 0,8 mm	Ni razpoke	
7M			Razpoka-širina 0,8 mm	Razpoka-širina 0,3 mm	Ni razpoke
7F			Razpoka-širina 0,7 mm	Razpoka-širina 0,8 mm	Ni razpoke
4M	Razpoka-širina 0,1 mm	Ni razpoke	Ni razpoke		
4F	Razpoka-širina 0,1 mm	Ni razpoke	Ni razpoke		
9M	Razpoka-širina 0,1 mm	Ni razpoke	Ni razpoke		
9F	Razpoka-širina 0,2 mm	Ni razpoke	Ni razpoke		
5M			Razpoka-širina 0,7 mm	Ni razpoke	
5F			Razpoka-širina 0,7 mm	Razpoka-širina 0,7 mm	Ni razpoke
10M			Razpoka-širina 0,5 mm	Ni razpoke	
10F			Razpoka-širina 0,6 mm	Ni razpoke	

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Po vseh opravljenih testiranjih in po analiziranju rezultatov lahko rečemo, da so premazi na vodni osnovi, ki bi lahko nadomestili obstoječe materiale na osnovi organskih topil, že na voljo. Vendar treba je vedeti, da so tudi ti materiali še v razvoju ter da je njihovo uporabo potrebno še implementirati v proizvodnjo. To pomeni, da bo potrebno ustrezno prilagoditi tehnologijo površinske obdelave, ter nato ustrezno izobraziti vodje dela za ravnanje z novimi materiali in novo tehnologijo.

Po temeljiti analizi lahko trdimo, da so vzorci 4 (brez lužila) in 9 (z lužilom), ki so bili dvakrat obdelani z UV vodnim univerzalnim lakom, neprimerni. Tako pri vizualni oceni, kot pri sijaju in barvi smo jih namreč ocenili za nesprejemljive. Čeprav so se pri merjenju trdote in odpornosti proti vodi najboljše izkazali, jih zaradi omenjenih negativnih lastnosti ne moremo sprejeti kot primerne.

Prav tako lahko iz nadaljnje obravnave izločimo vzorce 3 (brez lužila) in 8 (z lužilom), obdelane z UV temeljnim in UV končnim lakom, ter vzorce 5 (brez lužila) in 10 (z lužilom), dvakrat obdelane z univerzalnim vodnim končnim lakom. Prvi sistem je bil označen za nesprejemljivega pri ocenjevanju barve, drugi pa pri vizualnem ocenjevanju.

Kot najbolj primerni za nadaljnje raziskave, polpilotne in pilotne industrijske poskuse ter uvedbo v proizvodnjo, ostanejo torej vzorci 1 (brez lužila) in 6 (z lužilom), obdelani z vodnim temeljnim in vodnim končnim lakom, ter vzorci 2 (brez lužila) in 7 (z lužilom) obdelani z vodnim temeljnim lakom in univerzalnim dvokomponentnim vodnim lakom. Pri vizualni oceni splošne kvalitete oziroma sprejemljivosti ter pri merjenju sijaja in barve, sta se oba sistema obnesla kot najboljša. Tudi pri ostalih preskusih sta bila uvrščena med boljše ali vsaj med sprejemljive.

5.2 SKLEPI

Na osnovi rezultatov raziskav v okviru diplomskega dela lahko sklepamo sledeče:

- iz rezultatov vseh izvedenih poskusov je razvidno, da so nekateri materiali za površinsko obdelavo že precej dobro razviti in dajejo dokaj ustrezne površine,
- kot najprimernejši sta se izkazali dve kombinaciji, ki bi lahko bili primerni za uporabo v proizvodnji: obdelava z vodnim lužilom, vodnim temeljnim lakom in vodnim končnim lakom ter obdelava z vodnim lužilom, vodnim temeljnim lakom in dvokomponentnim univerzalnim vodnim lakom,
- izvedeni poskusi so bili le laboratorijski, v smislu iskanja najprimernejših materialov. S tem postopek še ni končan, saj je potrebno obetajoče premazne materiale uvesti še v proizvodnjo. Pri prenosu v proizvodnjo bo potrebno rešiti še precej tehnoloških problemov, pri čemer je gotovo na prvem mestu prilagoditev opreme za nanašanje in sušenje.

6 POVZETEK

Uvajanja vodnih premaznih materialov, ki bi v proizvodnji podjetja LIP Radomlje d.d. nadomestili obstoječe in zaradi zahtev Uredbe HOS neprimerne premaze na osnovi organskih topil, je razdeljeno na več faz. V prvi fazi je bil potreben izbora ponudnika materialov, morali pa smo zbrati tudi podatke o primernosti potencialnih alternativnih vodnih materialov. V drugi fazi smo izbrali nabor preskusov, s katerimi smo identificirali najbolj obetavne sisteme za nadaljnje uvajanje v proizvodnjo. Vodilo je bilo prizadevanje za ustreznost površine, ki mora biti primerljiva s površinami, ki jih dobimo z materiali za površinsko obdelavo na osnovi organskih topil. Kot najprimernejši sta se izkazali dve izmed vseh preskušanih kombinacij vodnih materialov: obdelava z vodnim lužilom, vodnim temeljnim lakom in vodnim končnim lakom ter obdelava z vodnim lužilom, vodnim temeljnim lakom in dvokomponentnim univerzalnim vodnim lakom. V tretji fazi pa bo sledilo razmišljanje o potrebni prilagoditvi ali zamenjavi tehnološke opreme glede na izbrane nove materiale in na koncu še uvedba v redno proizvodnjo podjetja.

Le z ustrežno kvaliteto površine bo možno prepričati kupce, da so izdelki podjetja še vedno sprejemljivi. Kupci so namreč navajeni na kvaliteto, ki jo sedaj zagotavljajo premazi na osnovi organskih topil in ne bi smeli opaziti (prevelikih) razlik zaradi obdelave z okolju prijaznimi vodnimi sistemi.

Odločilnega pomena za uspeh uvedbe vodnih materialov v proizvodnjo je gotovo sestava projektne skupine. V skupini morajo sodelovati ljudje z ustreznim tehničnim in strokovnim znanjem, z različnih področij. Izredno pomembna je seveda tudi podpora s strani vodstva podjetja.

7 VIRI

7.1 CITIRANI VIRI

ISO/DIS 7724-3. Paints and varnishes – Colorimetry – Part 3: Calculation of colour differences by CIELAB (Revision of ISO/DIS 7724-3:1984). 1997: 5 str.

SIST EN ISO 1518. Barve in laki - Preskus z razenjem (ISO 1518:1992). Paints and varnishes - Scratch test (ISO 1518:1992). 2001: 10 str.

SIST EN ISO 2813. Barve in laki - Določevanje sijaja neefektnih premaznih sredstev pod koti 20°, 60° in 85° (ISO 2813:1994, vključno s tehničnim popravkom 1:1997). Paints and varnishes - Determination of specular gloss of non metallic paint films at 20°, 60° and 85° (ISO 2813:1994, Including Technical Corrigendum 1:1997). 1999: 11 str.

SIST EN ISO 4624. Barve in laki – Merjenje oprijema z metodo odtrganja filma (Pull-off test) (ISO 4624:2002). Paints and varnishes – Pull-off test for adhesion (ISO 4624:2002). 2004: 11 str.

SIST EN 12720:1997 - Pohištvo - Ugotavljanje odpornosti površine proti hladnim tekočinam - Furniture - Assessment of surface resistance to cold liquids (ISO 4211:1979 modified). 1997: 13 str.

Uredba o dopolnitvah in spremembah Uredbe o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila. UR.LRS št. 37-1987/07.

Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju. UR.LRS št. 70-3819/96.

Uredba o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila. UR.LRS št. 112-4927/05.

7.2 DRUGI VIRI

- Ambrosi P., Offredi P. 1996. The painter's manual, A guide to professional wood painting. Milano, HB pi.erre EDITRICE: 209 str. (izbrana poglavja)
- Bentley J., Turner G. P. A. 1998. Introduction to Paint Chemistry and Principles of Paint Technology. Fourth edition. London, Weinheim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras, Chapman and Hall: 281 str. (izbrana poglavja)
- Bock M. 2001. Polyurethanes for coatings. Hannover, Vincentz Verlag: 237 str. (izbrana poglavja)
- Burja K. 2003. Vodni laki-korak k bolj zdravi prihodnosti. Barve govorijo, 8:3
http://www.helios.si/pdf/barve_8.pdf (17. mar. 2008)
- Burja K. 2006. "Heliosovi vodni laki in emalji: predstavitev in priporočila za delo". Domžale, Helios (osebni vir, 17. jan. 2008)
- Jaić M., Živanović T.R. 2000. Površinska obrada drveta: teorijske osnove, tehnološki procesi. Beograd. Jaić M. 400 str.
- Kaluža N. 2004. Dvigovanje lesnih vlaken pri luženju z vodnimi lužili. Barve govorijo, 12:3
http://www.helios.si/pdf/barve_12.pdf (15. mar. 2008)
- Knehtl B. 2002. Premazi na vodni osnovi v industriji stavbnega pohištva. Barve govorijo, 4:3
http://www.helios.si/pdf/barve_4.pdf (15. apr. 2008)
- Knehtl B. 2003. Industrijski lesni premazi v skladu z VOC direktivo. Barve govorijo, 5:3
http://www.helios.si/pdf/barve_5.pdf (15. apr. 2008)
- Kotnik D. 2003. Površinska obdelava v izdelavi pohištva. 2 izdaja. Brezovica. Finitura d.o.o.: 183 str.
- Pavlič M., Petrič M. 2000. Glossary of coating terms. Slovar strokovnih izrazov s področja površinske obdelave. Skripta za interno uporabo, Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo: 24 str.
- Petrič M. 2007. Površinska obdelava lesa: Možnosti za zmanjšanje emisij HOS pod ciljne vrednosti do novembra 2007. Strokovna ocena. Ljubljana, BF (osebni vir 23. feb. 2008)

Scheithauer M., Sirch H. J. 1996. Filmfehler an Holzlacken. Hannover, Vincentz Verlag: 185 str.

Wicks Z. W., Jones F. N., Pappas P. S. 1999. Organic coatings. Science and technology. Second edition. Toronto, John Wiley & Sons: 630 str. (izbrana poglavja)

ZAHVALA

Zahvaljujem se prof dr. Marku Petriču, prof. dr. Milanu Šerneku, asist. Matjažu Pavliču, strokovnemu sodelavcu Borutu Kričju z Biotehniške fakultete, Oddelek za lesarstvo, ki ste mi pomagali s svojimi nasveti in priskrbljenimi podatki ter za pomoč pri testiranju vzorcev v laboratoriju na fakulteti.

Posebej se zahvaljujem tudi g. Klemenu Burji in g. Branetu Knehtlu iz Heliosa d.d. za strokovne nasvete in za pomoč pri izdelavi vzorcev.

Za pomoč se zahvaljujem tudi vsem v podjetju Lip Radomlje d.d., ki so mi pomagali pri zbiranju podatkov o podjetju in mi s svojimi izkušnjami z laki in opremo za površinsko obdelavo svetovali pri izdelavi naloge.