

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Primož MIKUŠ

**UVEDBA VODNIH PREMAZNIH SISTEMOV  
V LESNOPREDELOVALNO PODJETJE IN  
REKONSTRUKCIJA LAKIRNICE ZA ZMANJŠANJE  
EMISIJ HOS**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana 2008

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Primož MIKUŠ

**UVEDBA VODNIH PREMAZNIH SISTEMOV  
V LESNOPREDELOVALNO PODJETJE IN REKONSTRUKCIJA  
LAKIRNICE ZA ZMANJŠANJE EMISIJ HOS**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij

**INTRODUCTION OF WATER-BORNE COATING SYSTEMS INTO  
A WOOD PROCESSING ENTERPRISE AND RECONSTRUCTION  
OF THE FINISHING PLANT TO DECREASE VOC EMISSIONS**

GRADUATION THESIS  
Higher professional studies

Ljubljana, 2008

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za pohištvo Oddelka za lesarstvo na Biotehniški fakulteti v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete je za mentorja imenoval prof. dr. Marka Petriča, za recenzenta pa doc. dr. Milana Šerneka.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Primož Mikuš

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Vs
- DK UDK 630\*829.17:829.12
- KG premazi za les/vodni sistemi/odpornostne lastnosti/uredba HOS
- AV MIKUŠ, Primož
- 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 UVEDBA VODNIH PREMAZNIH SISTEMOV V LESNOPREDELOVALNO  
PODJETJE IN REKONSTRUKCIJA LAKIRNICE ZA ZMANJŠANJE EMISIJ  
HOS
- TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
- OP IX, 56 str., 39 pregl., 22 sl., 12 vir.
- IJ sl
- Jl sl/en
- AI Podjetje Lipa d.d. je zavezanec Uredbe o emisijah hlapnih organskih spojin (HOS) iz naprav, ki uporabljajo organska topila. Zaradi zahtev te uredbe v podjetju uvajajo vodne premazne sisteme; uvedba le-teh pa zahteva celovito prenovo lakirniških naprav. Načrt za prenovo sušilnih linij je že pripravljen. Eden izmed najpomembnejših korakov pri prehodu na vodne premaze je ugotavljanje primernosti njihovih lastnosti. Pri različnih možnih alternativnih vodnih premaznih sistemih smo določili oprijemnost, sijaj, odpornost proti razenju ter odpornost proti udarcem in izbrane lastnosti primerjali z lastnostmi poliuretanskih premazov na osnovi organskih topil. Primerjava je pokazala, da testirani vodni premazni sistemi izkazujejo zadovoljive lastnosti. Obstoječe poliuretanske lake na osnovi organskih topil bi zato lahko, z ozirom na preskušene lastnosti, zamenjali s testiranimi okolju prijaznejšimi vodnimi laki z nizkim deležem HOS.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Vs
- DC UDC 630\*829.17:829.12
- CX wood coatings/water-borne systems/resistance properties/VOC directive
- AU MIKUŠ, Primož
- AA PETRIČ, Marko (supervisor)/ŠERNEK, Milan (co-supervisor)
- 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 WATER-BORNE COATING SYSTEMS INTO A WOOD PROCESSING ENTERPRISE AND RECONSTRUCTION OF THE FINISHING PLANT TO DECREASE VOC EMISSIONS
- DT Graduation thesis (Higher professional studies)
- NO IX, 56 p., 39 tab., 22 fig., 12 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB Lipa Enterprise is a subject of the Decree on emissions of volatile organic compounds (VOC) from installations using organic solvents. Due to the requirements of this decree, the enterprise is implementing water coating systems. The implementation of these systems requires a wholesome renovation of finishing installations. The plan for the renovation of the finishing line has already been drafted. One of the most important steps regarding water coatings is to determine suitability of their features. Hence, in case of various possible alternative water coating systems, we have defined adherence, glow, resistance to scratching as well as impact resistance, and compared the selected characteristics to properties of organic solvent based polyurethane coatings. The comparison has shown that the tested water coating systems display satisfying characteristics. Therefore, with regard to the examined features, the existing organic solvent based polyurethane varnishes could be replaced by the tested environment friendly water varnishes with a low VOC content.

	str.
<b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA</b>	<b>III</b>
<b>KEY WORDS DOCUMENTATION</b>	<b>IV</b>
<b>KAZALO VSEBINE</b>	<b>V</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC</b>	<b>VII</b>
<b>KAZALO SLIK</b>	<b>VIII</b>
<b>SEZNAM OKRAJŠAV</b>	<b>IX</b>
<b>1 UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2 SPLOŠNI DEL</b> .....	<b>2</b>
2.1 POVRŠINSKA OBDELAVA LESA .....	2
2.2 PREGLED PREMAZOV IN NJIHOVE LASTNOSTI .....	3
2.2.1 Lužila .....	3
2.2.2 Laki .....	4
2.3 TEHNIKE NANAŠANJA PREMAZNIH SREDSTEV .....	6
2.3.1 Postopek površinske obdelave z brizganjem.....	6
2.4 UTRJEVANJE PREMAZOV .....	8
2.4.1 Fizikalno utrjevanje premazov .....	8
2.4.2 Kemično utrjevanje premazov .....	8
2.5 SUŠILNE LINIJE ZA PREMAZE.....	9
2.6 VPLIV NEKATERIH DEJAVNIKOV NA SUŠENJE PREMAZOV .....	10
2.6.1 Vpliv temperature .....	10
2.6.2 Vpliv hitrosti gibanja zraka.....	10
2.6.3 Vpliv debeline nanosa.....	10
2.6.4 Vpliv vrste podlage na sušenje premazov .....	10
2.7 PRIPRAVA POVRŠINE ZA NADALJNJO OBDELAVO.....	11
2.7.1 Brušenje lesnih površin .....	11
2.7.2 Brušenje filmov .....	12
2.7.3 Čiščenje površine in odsesavanje prahu.....	13
2.8 UREDBA O EMISIJAH HOS IZ NAPRAV, KI UPORABLJAJO ORGANSKA TOPILA.....	13
2.8.1 Cilj in namen uredbe.....	14
2.8.2 Nadomestne možnosti za zmanjšanje porabe in emisij HOS .....	14
<b>3 MATERIALI IN METODE</b> .....	<b>16</b>
3.1 IZDELKI PODJETJA LIPA D.D. ....	16
3.2 OBNOVA ODDELKA POVRŠINSKE OBDELAVE KOSOVNEGA IN PLOSKOVNEGA POHIŠTVA .....	16
3.2.1 Analiza obstoječega stanja.....	17
3.2.2 Lakirna linija CEFLA.....	18
3.2.3 Sušilni kanal SPRAYBOTIC.....	20
3.2.4 Rekonstrukcija površinske obdelave kosovnega pohištva.....	22
3.2.5 Predvideno stanje po rekonstrukciji.....	22
3.2.6 Potek eksperimentalnega dela .....	23
3.3 MATERIALI .....	24
3.3.1 Podlaga z bukovim furnirjem.....	24
3.3.2 Vzorci iz vlaknene plošče (MDF) .....	26

3.4	METODE .....	28
3.4.1	Merjenje debeline suhega filma laka .....	28
3.4.2	Merjenje oprijemnosti premaznih sistemov.....	29
3.4.3	Merjenje odpornosti proti udarcem .....	29
3.4.4	Merjenje odpornosti proti razenju površine.....	30
3.4.5	Merjenje sijaja .....	31
4	REZULTATI.....	32
4.1	DEBELINA SUHIH FILMOV .....	32
4.1.1	Debelina filmov na podlagi z bukovim furnirjem .....	32
4.1.2	Debelina suhih filmov na MDF ploščah.....	35
4.2	OPRIJEMNOST PREMAZNIH SISTEMOV .....	38
4.2.1	Oprijemnost premaznih sistemov na bukovi podlagi.....	38
4.2.2	Oprijemnost premaznih sistemov na MDF ploščah .....	40
4.3	ODPORNOST PROTI UDARCEM.....	41
4.3.1	Odpornost proti udarcem na bukovi podlagi .....	41
4.3.2	Odpornost proti udarcem na MDF podlagi .....	42
4.4	ODPORNOST PROTI RAZENJU .....	44
4.4.1	Odpornost proti razenju na bukovih podlagah .....	44
4.4.2	Odpornost lakov na ploščah MDF proti razenju.....	45
4.5	SIJAJ.....	46
4.5.1	Sijaj premaznih sredstev na bukovih podlagah.....	46
4.5.2	Sijaj na MDF ploščah .....	47
4.6	OCENA EMISIJ HOS IN STROŠKOV LAKIRANJA PRI ZAMENJAVI PU LAKOV Z UV AC VODNIMI LAKI .....	48
5	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	50
5.1	RAZPRAVA.....	50
5.1.1	Debelina suhih filmov.....	50
5.1.2	Oprijemnost .....	50
5.1.3	Odpornost proti udarcem .....	50
5.1.4	Razenje .....	51
5.1.5	Sijaj .....	51
5.2	SKLEPI.....	51
6	POVZETEK.....	53
7	VIRI .....	55
8	ZAHVALA	

## KAZALO PREGLEDNIC

str.

Preglednica 1: Temperatura zraka v sušilnem kanalu .....	20
Preglednica 2: Zdravju in okolju nevarne kemijske sestavine temeljnega laka .....	25
Preglednica 3: Fizikalne in kemijske lastnosti temeljnega laka .....	25
Preglednica 4: Zdravju in okolju nevarne kemijske sestavine končnega laka .....	25
Preglednica 5: Fizikalne in kemijske lastnosti končnega laka .....	26
Preglednica 6: Zdravju in okolju nevarne kemijske sestavine temeljnega prekrivnega laka .....	27
Preglednica 7: Fizikalne in kemijske lastnosti temeljnega prekrivnega laka .....	27
Preglednica 8: Zdravju in okolju nevarne kemijske sestavine končnega prekrivnega laka	27
Preglednica 9: Fizikalne in kemijske lastnosti končnega prekrivnega laka .....	27
Preglednica 10: Debelina suhega filma PU laka na bukovi podlagi.....	32
Preglednica 11: Debelina suhega filma vodnega laka na bukovi podlagi, (vzorec 4 a) .....	33
Preglednica 12: Debelina suhega filma vodnega laka na bukovi podlagi, (vzorec 3 a) .....	34
Preglednica 13: Debelina suhega filma na bukovi podlagi, (vzorec 1 a) .....	34
Preglednica 14: Debelina suhega filma PU laka na MDF plošči (vzorec 4/4 b).....	35
Preglednica 15: Debelina suhega filma vodnega laka na MDF plošči (vzorec 1 b).....	36
Preglednica 16: Debelina suhega filma vodnega laka na MDF plošči (vzorec 4 b).....	37
Preglednica 17: Oprijemnost (MPa) premaznih sistemov na podlagi z bukovim furnirjem	38
Preglednica 18: Oprijemnost prekrivnih premaznih sistemov (MPa) na MDF podlagi.....	40
Preglednica 19: Ocene odpornosti proti udarcem - PU lak .....	41
Preglednica 20: Ocene odpornosti proti udarcem - vodni lak (vzorec 1 a) .....	41
Preglednica 21: Ocene odpornosti proti udarcem - vodni lak (vzorec 3 a) .....	41
Preglednica 22: Ocene odpornosti proti udarcem - vodni lak (vzorec 4 a) .....	42
Preglednica 23: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi PU laka .....	42
Preglednica 24: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi - vzorec 1 b .....	42
Preglednica 25: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi - vzorec 4 b .....	42
Preglednica 26: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi - vzorec 4/4 b .....	43
Preglednica 27: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi - vzorec 1 b .....	43
Preglednica 28: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi - vzorec 4 b .....	43
Preglednica 29: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi - vzorec 4/4 b .....	43
Preglednica 30: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi - vzorec 1 b .....	44
Preglednica 31: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi - vzorec 4 b .....	44
Preglednica 32: Razenje PU laka - podlaga bukev .....	44
Preglednica 33: Razenje vodni lak - podlaga bukev.....	45
Preglednica 34: Razenje PU laka - podlaga MDF .....	45
Preglednica 35: Razenje vodni lak - podlaga MDF .....	45
Preglednica 36: Vrednost sijaja PU laka - podlaga bukev.....	46
Preglednica 37: Vrednost sijaja vodnega laka - podlaga bukev .....	46
Preglednica 38: Vrednost sijaja PU laka – podlaga MDF .....	47
Preglednica 39: Vrednost sijaja vodni lak – podlaga MDF .....	47



## KAZALO SLIK

str.

Slika 1: Lakirna linija CEFLA .....	19
Slika 2: Komandna plošča CEFLA .....	19
Slika 3: Lakirna linija CEFLA, sušilni kanal SPRAYBOTIC .....	21
Slika 4: Priprava vzorcev za merjenje debeline filma .....	28
Slika 5: Merjene debeline filma .....	28
Slika 6: Priprava vzorca za merjenje oprijemnosti .....	29
Slika 7: Naprava za merjenje oprijemnosti .....	29
Slika 8: Naprava za merjenje odpornosti proti udarcem .....	30
Slika 9: Naprava za merjenje razenja površine .....	30
Slika 10: Naprava za merjenje sijaja .....	31
Slika 11: Debelina suhega filma PU laka – PU 3/3 a .....	32
Slika 12: Debelina suhega filma vodnega laka – vodni 4 a .....	33
Slika 13: Debelina suhega filma laka – vodni 3 a .....	34
Slika 14: Debelina suhega filma laka – vodni 1 a .....	35
Slika 15: Debelina suhega filma prekrivnega laka – PU 4/4 b .....	36
Slika 16: Debelina suhega filma laka – vodni 1 b .....	37
Slika 17: Debelina suhega filma laka – vodni 4 b .....	38
Slika 18: Prikaz oprijemnosti posameznega sistema na bukovi podlagi .....	39
Slika 19: Površina po odtrganju pečata na bukovi podlagi .....	39
Slika 20: Prikaz površine po odtrganju pečata na MDF podlagi .....	40
Slika 21: Prikaz sijaja po sistemih na bukovi podlagi .....	47
Slika 22: Prikaz sijaja po sistemih na MDF ploščah .....	48

## SEZNAM OKRAJŠAV

HOS	hlapne organske spojine
VOC	volatile organic compounds
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
IVP	iverna plošča
MDF	vlaknena plošča srednje gostote (medium density fiberboard)
UV	ultravijolična
IR	infrardeča
MV	mikrovalovi
VF	visoka frekvenca
PU	poliuretan
CN	nitroceluloza
PE	poliester
HVLP	high volume – low pressure
IBC	intermediate bulk container
RTO	regeneracijska termična oksidacija

## 1 UVOD

Vse življenje nas obkroža les in marsikaj lahko naredimo iz njega. Les je plemenit naravni material. Ugotovimo lahko tudi, da je les moderen material, da doba lesa še traja in da prednosti lesa močno prekašajo njegove negativne lastnosti. Da bi ohranili njegov videz in kakovost, ga moramo ustrezno zaščititi. Najpomembnejša zaščitna sredstva pred abiotičnimi dejavniki, ki imajo tudi zelo pomembno dekorativno funkcijo, so površinski premazi.

Klasični premazi za les vsebujejo organska topila in redčila oziroma hlapne organske spojine (HOS). Le-te škodljivo vplivajo na zdravje ljudi in na okolje. Tisti, ki se z različnimi topili srečujejo v proizvodni dejavnosti, že dlje časa vedo, da bodo v kratkem morali uporabo hlapnih organskih snovi močno omejiti.

Za področje površinske obdelave lesa je pomembna direktiva, ki ureja vnos HOS v okolje. Ta direktiva je Direktiva Sveta 1999/13/ES o omejevanju emisij hlapnih organskih spojin zaradi uporabe organskih topil v nekaterih dejavnostih in obratih - direktiva VOC.

Podjetje Lipa d.d. je zavezanec te direktive. V ta namen smo primerjalno testirali PU lake in lake na vodni osnovi z namenom, da bi ugotovili odpornostne lastnosti obeh sistemov.

Namen naloge je ugotoviti, kateri premazni sistem najbolj ustreza zahtevam površinske obdelave in ali bi z zamenjavo sistema zmanjšali vnos HOS v okolje.

## 2 SPLOŠNI DEL

### 2.1 POVRŠINSKA OBDELAVA LESA

#### Pojem površinske obdelave

Pojem površinska obdelava obsega vse faze tehnološkega procesa, v katerem po določenem sistemu površino izdelka oplemenitimo z brušenjem in glajenjem, nanašanjem najrazličnejših tekočih ali pastoznih, barvnih ali brezbarvnih premaznih sredstev, s sušenjem oziroma utrjevanjem in morda tudi s končnim poliranjem ali drugačno obdelavo končne lakirne površine. Spremenimo lastnosti površin kot so barva, videz, prijetnost na otip, in lesu zagotovimo delno zaščito pred mehanskimi poškodbami in fizikalno-kemičnimi vplivi okolja, ki se pojavijo med uporabo izdelka iz lesa.

#### Pomen površinske obdelave lesa

Pomen visokokakovostnega pohištva je v medsebojni skladnosti najpomembnejših lastnosti, kot so funkcionalnost, vrsta in kakovost lesnega tvoriva, lepa oblika in natančna izdelava, dekorativen videz, prijetna površina na otip, primerna mehanska obstojnost površine ter odsotnost neprijetnega vonja, ki kaže, da lahko iz lesnega tvoriva ali filma izhlapevajo celo strupene snovi. Zaradi kakršne koli neskladnosti med navedenimi lastnostmi se pohištvo uvršča v nižji kakovostni razred. Pri tem je pomen površinske obdelave izjemen. Dve skrajnosti predstavljata naslednja primera:

- a) pohištvo, izdelano iz manj kakovostnih tvoriv, je mogoče s primernim, vendar običajno zahtevnejšim postopkom površinske obdelave oplemenititi in s tem uvrstiti v višji razred;
- b) pohištvo, izdelano iz kakovostnih tvoriv, je mogoče s slabo izbrano in nestrokovno izvedeno površinsko obdelavo razvrednotiti v izdelek, ki ga je mogoče prodati le na razprodaji.

#### Naloge površinske obdelave lesa

Naloge površinske obdelave so:

- poudarjanje naravne lepote lesa (tekstura, barva),
- zaščita površin pred klimatskimi, mehanskimi in kemičnimi vplivi,
- povečanje tržne vrednosti izdelkov,
- lažje čiščenje in vzdrževanje izdelkov.

#### Delitev tehnoloških operacij površinske obdelave

Glede na namen tehnoloških operacij lahko površinsko obdelavo delimo na:

- pripravljalna dela in
- dovrševalna dela.

S pripravljalnimi deli površino obdelovanca pripravimo na nanos površinskega sredstva:

- brušenje,
- odstranjevanje smol in razmaščevanje,
- odstranjevanje različnih madežev,
- odstranjevanje ostankov lepil,
- beljenje in osvetljevanje,
- luženje.

Med dovrševalna dela pa štejemo:

- nanašanje premaza in
- njegovo sušenje.

## 2.2 PREGLED PREMAZOV IN NJIHOVE LASTNOSTI

Osnovne vrste premaznih sredstev so:

- kiti in polnilci por,
- lužila,
- brezbarvne temeljne ter končne lazure,
- barvne temeljne ter končne lazure,
- brezbarvni temeljni ter končni laki,
- barvni temeljni ter končni laki.

### 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 in povečamo obstojnost oziroma trajnost barve izdelka.

Lužila so premazna sredstva, ki vsebujejo barvila, mikronizirane barvne pigmente ali kovinske soli (npr. kalijev dikromat, železov klorid, kromov sulfat, kobaltove in bakrove soli), raztopljene ali dispergirane v vodi ali v organskih topilih. Običajno vsebujejo tudi majhne količine veziva.

#### Vodna lužila

Vodna lužila so disperzije sintetičnih barvil z dodatkom transparentnih pigmentov in v vodni raztopini zelo razredčenega vezivnega sredstva. Vsebujejo tudi pomožna sredstva za izboljšanje dispergiranja, za zmanjšanje usedanja in za upočasnitev biološkega razkroja. Vodna lužila dobavljajo proizvajalci v prahu, ki ga pred uporabo po navodilih raztopimo v hladni vodi. Želene barvne učinke dosežemo z uporabo ustrezne vrste lužila in tehnike nanašanja.

Prednosti vodnih lužil:

- ekonomičnost,
- manjše onesnaževanje okolja,

- zelo dobro barvanje in doseganje različnih barvnih slik,
- enostavno čiščenje nanašalne preme.

Pomanjkljivosti vodnih lužil:

- kratkotrajna uporabnost pripravljenih lužil,
- močno dvigajo lesna vlakna in povečujejo hrapavost, s tem pa je tudi potrebno brušenje temeljnega laka,
- slaba oprijemnost laka, če obdelovancev po luženju dovolj ne osušimo,
- pogosto slabša svetlobna obstojnost barve,
- posode in delovne naprave morajo biti iz nerjavečega jekla ali plastike.

### Lužila na osnovi organskih topil

To so raztopine sintetičnih barvil ali disperzije transparentnih pigmentov v zelo razredčeni raztopini veziva v organskih topilih, z dodatki različnih pomožnih sredstev. Večinoma jih dobavljajo že pripravljena za nanašanje ali jih izdelajo v višji koncentraciji, nato jih pred uporabo po potrebi razredčimo. Z medsebojnim mešanjem različnih tonov istovrstnih lužil je mogoče pripraviti vmesne in individualne odtenke. Izdelujejo jih v številnih različnih vrstah, kot so:

- pigmentna lužila za enakomerno in čisto barvanje trdega lesa, ki imajo manj izrazito teksturo,
- oljna lužila za rustikalno obarvanje hrasta z oljnim vezivom in topili, ki zelo malo dvigajo lesna vlakna,
- alkoholna lužila, zelo primerna za luženje kosovnih izdelkov iz masivnega lesa, hitro se sušijo in malo dvigajo vlakna.

## **2.2.2 Laki**

### Nitrocelulozni laki (CN)

Nitroceluloza oziroma celulozni nitrat je celulozni ester dušikove kisline, ki nastane pri nitriranju bombaža ali lesne celuloze. Nitriranje je uvajanje nitro skupine ( $\text{NO}_2$ ) v organsko snov z zmesjo koncentrirane dušikove in žveplove kisline. Zaradi krhkosti nitroceluloznega filma tem lakom dodajamo mehčala, dodatno pa lake CN izboljšamo z alkidnimi in tudi drugimi smolami. Prej naštetim sestavinam dodajajo še topila in sredstva za povečanje brusnosti in za motnenje laka. Pomembne lastnosti teh lakov so dobro omakanje površine, s čimer poživijo barvo in teksturo lesa, hitrost sušenja, brusnost, enostavnost priprave in enostavnost popravila lakiranih površin. Slabe lastnosti lakov CN pa so, da ne morejo dosegati sedanje zahtevane ravni kakovosti površine in vsebujejo zelo velik delež topil, ki med utrjevanjem izhajajo v ozračje.

### Poliuretanski laki (PU)

Poliuretanski laki so danes najbolj pomembna skupina dvo- in enokomponentnih reakcijskih lakov s srednje visoko vsebnostjo filmotvorne snovi (od 30 % do 60 %). Poliuretanski brezbarvni laki na lesni površini tvorijo polne filme z zelo dobro

oprijemljivostjo, trajno elastičnostjo, žilavostjo in površinsko trdoto. Motni laki imajo zelo lep, enakomeren lesk ter so gladki in mehki na otip. Temeljni se dobro brusijo, sijajni laki imajo zelo visok sijaj, le po trdoti zaostajajo za poliestrskimi laki.

Z dvokomponentnimi poliuretanskimi laki obdelujemo najkakovostnejše pohištvo iz furniranih plošč (oplemenitena iverna plošča s furnirjem), masivnega lesa in plošč MDF (sobno in kuhinjsko pohištvo, stole, mizne plošče, mizna podnožja, ...). Enokomponentni PU laki se zaradi enostavne priprave uporabljajo za lakiranje parketa, vrat iz masivnega lesa in v mizarskih delavnicah. Na splošno so PU laki trajno elastični, imajo dobro adhezijo na les, so zelo trajni, nezahtevni za utrjevanje, radi pa porumenijo (svetloba UV), včasih počasi utrjujejo in imajo precej visoko ceno.

### Vodni laki

Vodni laki so skupina z vodo razredljivih lakov, pri katerih se uporabljajo najrazličnejše vrste veziv z manjšo vsebnostjo organskih topil ali celo brez njih, ki so dispergirana v razredčilu – vodi. Disperzijske lake razredčujemo z vodo. Stopnja razredčenja je pri nekaterih omejena na določeno razmerje, pri drugih pa je neomejena. Vsi ti laki vsebujejo 2 % do 10 % težje hlapnih organskih topil, od 30 % do 70 % snovi, ki tvorijo filme, preostalo pa je ceneno in okolju neškodljivo redčilo – voda.

Po velikosti delcev veziva se laki razvrščajo v:

- raztopinske, z velikostjo do  $(1 \times 10^{-9})$  m
- koloidne disperzije, z velikostjo pod  $(1 \times 10^{-4})$  m
- emulzijske, z delci nad  $(1 \times 10^{-4})$  m

V vodnih lakih za površinsko obdelavo lesnih tvoriv, papirja in umetnih mas se najpogosteje uporabljajo naslednje vrste veziv oziroma disperzij:

- poliakrilatne,
- poliuretanske,
- akril-stiren kopolimerne,
- vinil-propionat akrilne,
- akril-poliuretan kopolimerne,
- polikondenzacijske s kislim utrjevanjem.

Po načinu sušenja in utrjevanja so vodni laki fizikalno se sušeči, z mogočim nadaljnjim kemičnim ali sevalnim (UV, IR) utrjevanjem. Pri fizikalno se sušečih lakih v prvi fazi sušenja izparevajo organska topila, v drugi fazi pa voda. Ob koncu prve in na začetku druge faze sušenja poteka poleg izparevanja še zelo pomemben proces zlivanja vedno bolj koncentriranih kapljic dispergirane polimernega veziva v homogen film. Za pravilen potek tega procesa je določena minimalna temperatura laka, zraka in obdelovanca, ki je za večino vodnih lakov 18 °C ali več. Pri nižji temperaturi preostanejo v filmu mehurčki vode, kar povzroči sivo motnost filma. Zaradi tega dejstva in zaradi znatnega pospeševalnega učinka je zelo primerno sušenje pri povišani temperaturi in s pomočjo sevanja IR. Za hitro sušenje se že uspešno uporabljajo tuneli z mikrovalovnimi (MV) generatorji ali z agregati, ki sušijo zrak v sušilniku na relativno vlažnost pod 10 %. Najprimernejša količina posameznega nanosa znaša med 80 g/m<sup>2</sup> do 100 g/m<sup>2</sup>. Sušenje pri normalnih pogojih traja

za posamezni nanos od 2 do 3 ure, pri povečani relativni vlažnosti se hitrost sušenja še zmanjša. Hitrost sušenja se pri normalni in povišani temperaturi znatno poveča, če je površina obdelovanca predhodno segreti na temperaturo od 40 °C do 50 °C.

Predgrevanje lesnih obdelovancev ugodno vpliva tudi na zmanjšanje hrapavosti temeljnega filma, saj se zaradi hitrejšega sušenja prosta lesna vlakna manj dvignejo nad površino, izboljša pa se tudi razlivanje vodnega laka.

## 2.3 TEHNIKE NANAŠANJA PREMAZNIH SREDSTEV

Nanašanje premaznih sredstev je pomembna faza površinske obdelave, ki je odvisna od medsebojnega učinka več dejavnikov:

- geometrije izdelka,
- vrste in vlažnosti lesa,
- priprave površine,
- mogočih načinov nanašanja in vrste nanašalne opreme,
- vrste premaznega sredstva,
- razmer v lakirnici.

Poznanih je več načinov nanašanja premaznih sredstev:

- polivanje,
- valjanje,
- potapljanje,
- brizganje, ki je lahko:
  - zračno
  - brezračno (airless),
  - kombinirano (airmix),
  - HVLP (high volume – low pressure),
  - toplo in vroče,
  - z rotacijskimi napravami,
  - elektrostatsko,
  - robotizirano z omenjenimi načini.

### 2.3.1 Postopek površinske obdelave z brizganjem

Brizganje je najbolj uveljavljen postopek nanašanja premazov v lesni industriji. Osnova vseh postopkov površinske obdelave z brizganjem je atomizacija tekočega premaza. To je proces razpršitve curka tekočega premaznega sredstva v zelo drobne kapljice. Le-te priletijo na površino, na kateri takoj po nanosu poteče proces zlitja oziroma nastanka tekočega filma.



### Zračno brizganje

Pri zračnem brizganju iz brizgalne pištrole razpršimo premazno sredstvo z uporabo stisnjenega zraka. Skozi srednjo šobo izteka premazno sredstvo, ki se dovaja pod manjšim nadtlakom iz posode za premaz. Velikost običajnih šob je od 0,8 do 2,5 mm, odvisno od vrste premaznega sredstva. Tlak stisnjenega zraka je od 3 do 5 barov, hitrost zraka od 150 do 300 m/s. Mogoča debelina nanosa znaša od 50 g/m<sup>2</sup> do 500 g/m<sup>2</sup>, izkoristek pa je od 30 % do 50 %.

### Brezzračno (airless) brizganje

Pri brezračnem brizganju je premaz v sistemu pod tlakom od 200 do 400 barov. Premazno sredstvo potiska do pištrole visokotlačna črpalka. Do atomizacije pride, ko premazno sredstvo pod visokim tlakom brizgne iz pištrole v mirujoč zrak. Hitrost premaznega sredstva na izhodu je od 120 m/s do 160 m/s, premer šobe pa je od 0,2 mm do 1,2 mm. Za najboljšo kakovost brizganja je priporočljiva oddaljenost pištrole od obdelovanca od 300 mm do 500 mm. Izkoristek pri tem nanašanju je 50 % do 60 %.

### Kombinirano brezračno-zračno (airmix) brizganje

Pri tem postopku gre za podoben način kot pri brezračnem brizganju, le da ima brizgalna pištola dodaten zračni kanal. Zaradi mešanja premaznega sredstva s stisnjenim zrakom, ki v curek prihaja iz stranskih šob, je dosežena boljše atomizacija. Tlak premaznega sredstva je od 20 barov do 60 barov. Zaradi manjšega delovnega tlaka se šobe manj obrabijo in izkoristek, ki znaša do 75 %, je večji.

### Brizganje HVLP

Brizganje HVLP je brizganje pri nizkem tlaku in veliki prostornini stisnjenega zraka. Tlak pri brizganju je od 0,7 bar do 2,5 bar. Poraba stisnjenega zraka pa je posledično večja. Zaradi delovanja pod nižjim tlakom dosežemo boljše penetracijo v pore in zato manjše izgube laka. Izkoristek nanašanja je od 65 % do 75 %. Priporočena oddaljenost pištrole od obdelovanca je od 150 mm do 200 mm.

### Robotizirano brizganje

Sodobni avtomatski stroji za brizganje reliefnih plošč imajo gladek transportni trak s posebnim načinom brisanja odvečnega laka. Ta stroj ima izpopolnjen krmilni sistem, ki s fotocelicami odčitava zapolnjenost traka in prek mikroprocesorja vodi brizgalne pištrole. Običajno imajo stroji od 8 do 16 brizgalnih pištol. Pištrole se večinoma pomikajo krožno v obliki elipse ali prečno na transportni trak, odvisno od proizvajalca strojev. Ker obdelovanci ležijo na transportnem traku, ni zapraševanja spodnje strani obdelovanca. Avtomatski stroji omogočajo večje delovne kapacitete, boljše kakovost obdelave, nižje stroške lakiranja, boljši izkoristek lakov itd.

## 2.4 UTRJEVANJE PREMAZOV

S pojmom utrjevanje opišemo proces prehoda premaznega sredstva iz tekočega v trdno agregatno stanje. Pri tem nastane na površini obdelovanca film. Poznamo tri vrste utrjevanja:

- fizikalno utrjevanje,
- kemično utrjevanje,
- kombinirano (fizikalno in kemično) utrjevanje.

### 2.4.1 Fizikalno utrjevanje premazov

Fizikalno utrjevanje lahko poteka na več načinov. Praškaste premaze, ki ne vsebujejo topil in redčil, po nanosu segrejemo, da pride do razlitja ter jih nato ohladimo, da nastane odporen film laka. Pri običajnih tekočih premazih pa poteče izhlapevanje hlapnih komponent. Po fizikalnem utrjevanju so komponente veziva med seboj povezane le s šibkimi fizikalnimi silami (termoplastne lastnosti). Če termoplastne premaze segrejemo, se bodo pri določeni temperaturi zmečali in nato stali. Velikokrat so termoplastni premazi topni v prvotnih topilih in redčilih.

#### Toplozračno sušenje premazov

Pri toplozračnem sušenju iz laka odstranjujemo hlapne snovi, zato da bi dobili trden produkt. Toplozračno sušenje delimo na tri faze:

- konvektivni del,
- mešan konvektivno-difuzijski del,
- difuzijski del.

V prvi fazi, takoj po nanosu, potekata intenzivno sušenje in odparevanje topil, viskoznost se zmanjšuje in debelina nanosa se tanjša. Premaz se suši zaradi masnega toka snovi – topil in redčil iz tekočega filma. Ta faza se konča ob prehodu premaza v gel stanje. Med procesom utrjevanja v premazu že nastajajo notranje napetosti, ki se sprti sproščajo.

V drugi fazi se poleg masnega toka pojavi še izhod par topil s procesom difuzije od višje k nižji koncentraciji. Film laka se začne krčiti in dobiva svojo obliko, pri tem pa se notranje napetosti še vedno sproščajo. Faza se konča z nastankom trdnega filma, ki pa še ni dokončno utrjen. V tretji fazi je intenzivnost izhlapevanja topil in redčil majhna in lahko traja več mesecev. Film dokončno utrdi in dobi končne lastnosti.

### 2.4.2 Kemično utrjevanje premazov

Pri kemičnem utrjevanju nastanejo polimeri v filmu s polimerizacijo, polikondenzacijo ali pa se makromolekule, ki so bile v premazu, premrežijo. Sestavine so običajno take, da nastane na površini film, ki ima bolj ali manj izražene lastnosti duromera. To pomeni, da je premaz odporen proti različnim topilom, ima višjo trdoto, je bolj krhek in se pri visoki temperaturi ne stali, temveč razpade. Do kemičnega utrjevanja pa lahko pride tudi zaradi

reakcije s snovmi, ki niso bile v samem premazu, ampak v lesu ali zraku. To sta najpogostejše kisik iz zraka in vlaga v lesu.

Pri dvokomponentnih sistemih mešanico pripravimo tik pred nanosom ali celo med postopkom nanašanja. Sestavine, ki so potrebne, da poteče reakcija zamreženja pri dvokomponentnih lakih, so prisotne v obeh komponentah. Premaz pa je lahko tudi enokomponenten. V tem primeru po nanosu spremenimo zunanje pogoje tako, da sprožimo kemično reakcijo.

## 2.5 SUŠILNE LINIJE ZA PREMAZE

S sušenjem premaznega sredstva odstranimo iz premaza hlapne komponente in dobimo trden produkt. Končna kakovost lakirane površine je močno odvisna od pogojev sušenja. Večje sušilne industrijske linije so sestavljene iz zaporedno postavljenih odsesovalnih, umirjevalnih, odparjevalnih, sušilnih in hladilnih enot. Dolžina linij in hitrost potovanja obdelovancev skozi sistem sta prilagojeni tako, da potekajo faze sušenja pri optimalnih pogojih. Velikost in tip sušilnih naprav sta odvisna od oblike in velikosti obdelovancev, vrste premaznega sredstva, načina nanašanja, kapacitete linije itd.

Faze sušenja v toplozračnem sušilniku so:

- faza predgretja,
- faza razlivanja,
- faza odparevanja,
- faza mešanega režima sušenja,
- faza difuzijskega režima sušenja,
- faza odhlapevanja.

Elementi toplozračne sušilne linije so:

- odsesovalniki,
- umirjevalni tuneli,
- odparjevalniki,
- obtočni sušilniki s toplim zrakom,
- hladilniki.

Novejši način fizikalnega sušenja, pri katerem hlapne substance izparevajo iz premaznega pripravka, so:

- sušenje in utrjevanje z infrardečim (IR) sevanjem,
- sušenje v visokofrekvenčnem (VF) ali mikrovalovnem (MV) polju.

## 2.6 VPLIV NEKATERIH DEJAVNIKOV NA SUŠENJE PREMAZOV

### 2.6.1 Vpliv temperature

Povišana temperatura zraka v smiselnih mejah pozitivno vpliva na skrajšanje časa sušenja in utrjevanja pohištenih lakov. Za sušenje nitroceluloznih lakov ni smiselno uporabljati temperature sušenja nad 40 °C (termoplastne lastnosti), ker se čas sušenja le minimalno skrajša glede na vloženo energijo, potrebna pa je tudi daljša cona hlajenja. Povišana temperatura bistveno vpliva na hitrost utrjevanja pri kislinskih (polikondenzacijskih) lakih. Te lake je smiselno utrjevati pri temperaturah od 40 °C do 60 °C.

### 2.6.2 Vpliv hitrosti gibanja zraka

Hitrejše gibanje zraka pozitivno vpliva na skrajšanje utrjevanja lakov. Pospešeno gibanje zraka z 2 m/s na 5 m/s pomeni za od 50 % do 60 % krajši čas utrjevanja. Vpliv hitrosti gibanja zraka je odvisen tudi od vrste lakov. Pri tem je treba paziti, da zaradi prevelike hitrosti gibanja zraka na lakirani površini ne nastanejo napake.

### 2.6.3 Vpliv debeline nanosa

Debelejši nanosi potrebujejo daljši čas sušenja kot tanjši nanosi. Pri lakih, pri katerih poteka utrjevanje s kemično reakcijo, je vpliv debeline nanosa sorazmerno manjši kot pri fizikalno sušičih se lakih. Tako npr. 30 µm debel film laka potrebuje za osušitev le okoli 11 % časa, ki je potreben za sušenje istega laka debeline 150 µm. Pri debelejših nanosih filmov laka je čas sušenja daljši, prav tako pa so večje poraba materiala, možnosti nastanka napak in slabša oprijemnost laka na podlago. Zaradi tega je bolje nanašati več tanjših slojev z vmesnim sušenjem in brušenjem kot pa enega debelejšega, čeprav so večkratni nanosi dražji.

### 2.6.4 Vpliv vrste podlage na sušenje premazov

Les je nehomogen in higroskopen material. Zaradi kemičnih sestavin lesa in sestavin laka ter penetracije topil in redčil v les potekata sušenje in utrjevanje lakov na lesu načeloma hitreje kot pa na inertni podlagi (steklu). Tako je čas sušenja in utrjevanja na lesenih podlagah od 45 % do 65 % krajši kot na steklu (Knehtl in sod., 1990).

Na hitrost sušenja premazov vplivajo še:

- orientiranost površine (prečna, tangencialna, radialna),
- delež ranega oziroma kasnega lesa,
- delež beljave oziroma jedrovine,
- vlažnost lesa,
- kakovost obrušenosti,
- debelina furnirja.

## 2.7 PRIPRAVA POVRŠINE ZA NADALJNJO OBDELAVO

Za doseganje kakovostne površine pri površinski obdelavi pohištvenih elementov so poleg nanašanja in sušenja posameznih sredstev, zelo pomembne operacije, kot so brušenje, glajenje in odpraševanje, ki jih opravljamo v različnih fazah obdelave:

- fino brušenje in odpraševanje lesnih površin na začetku procesa,
- glajenje luženih površin pred lakiranjem,
- brušenje, glajenje in odpraševanje filma temeljnega laka,
- brušenje in poliranje končnega laka na visok sijaj,
- fino brušenje končnega laka na zeleno motnost.

### 2.7.1 Brušenje lesnih površin

Brušenje lesa in lesnih tvoriv je zahtevno tehnološko področje. Za racionalno in kakovostno brušenje je potrebno dobro poznavanje značilnosti lesa ter zmogljivosti razpoložljive strojne opreme. Brusimo večstopenjsko. Pri grobem brušenju lesa gre le za končno operacijo oblikovanja obdelovanca, saj z močnejšim odrezovanjem po vsej površini izenačujemo mere, zmanjšamo valovitost površine in odstranimo nečistoče. Z nadaljnjim finejšim brušenjem, ki ga opravimo v več stopnjah, z vedno finejšo granulacijo brusilnega sredstva, dosežemo še fino izravnavanje in odstranjevanje prostih prerezanih ter dvignjenih lesnih vlaken, ki bi se pri luženju intenzivno obarvala, povečala pa bi tudi hrapavost temeljnega laka. Razlika v granulaciji med zaporednima stopnjama ne sme biti prevelika, saj je globlje raze, ki nastanejo na ta način, s finim brušenjem nemogoče ali pa le s težavo odstraniti. Brusimo pretežno v smeri lesnih vlaken. Izjemoma na ravnih površinah opravimo predzadnje zelo fino brušenje v prečni smeri, saj se tako dobro izenači sposobnost lesa za pijanje lužila.

Običajno število brušenj lesnih površin, granulacije brusnega papirja ali platna in smer brušenja so:

a) za lakiranje na odprte pore, brez luženja

- 1 x 80 (100)            vzdolžno
- 1 x 120 (150)        vzdolžno
- 1 x 150 (180)        vzdolžno

b) brušenje luženih površin in za lakiranje na odprte pore z izenačeno barvno sliko

- 1 x 100 (120)        vzdolžno
- 1 x 150 (180)        vzdolžno
- 1 x 320 (400)        prečno
- 1 x 220 (240)        vzdolžno

c) brušenje za lakiranje na zaprte pore

- 1 x 100 (120)        vzdolžno
- 1 x 150 (180)        vzdolžno

d) brušenje kitov ali barvnih lakov na iverni ali vlaknjeni plošči

- 1 x 100 (120) vzdolžno
- 1 x 150 (180) vzdolžno

Najprimernejše hitrosti brusnih trakov za brušenje lesnih površin so odvisne od vrste in trdote lesa in znašajo od 8 m/s pri mehkem do 24 m/s pri trdem lesu.

## 2.7.2 Brušenje filmov

Temeljne in končne filme brusimo na različne načine in z različnimi nameni. Ravnanje površine filma je omejeno na odrezovanje mikroizboklin, ki segajo nad povprečno raven (stožci laka ob stoječih lesnih vlaknih, mehurčki zraka, delci prahu, ki so padli na polsuho površino filma, itd.). Mogoča stopnja ravnanja je odvisna od debeline filma laka, ki znaša pri različnih sistemih obdelave od 5  $\mu\text{m}$  do 50  $\mu\text{m}$  pri temeljnih lakih in od 100  $\mu\text{m}$  do 350  $\mu\text{m}$  pri končnih lakih za poliranje. Odvzemanje znaša pri brušenju npr. valjčnega nanosa nitroceluloznega temeljnega laka (CN) do 2  $\mu\text{m}$ , pri valjčnem nanosu nitroceluloznega laka (CN) in poliuretanskega (PU) ter pri nanosu teh lakov s polivanjem pa do 10  $\mu\text{m}$ . Pri brušenju filma v obdelavi na visok sijaj je potrebno popolno ravnanje do ravni najnižjih delov neravnin. V tem primeru znaša brušenje tudi do 100  $\mu\text{m}$ .

Običajno število brušenj lakiranih površin, granulacije in vrste brusilnih sredstev so:

a) za brušenje temeljnih lakov

- brezbarvni 1 x 220 do 280
- barvni 1 x 180 do 220
- kit PE 1 x 180 do 220

b) za dobro brušenje lakov PE za dodelavo na visok sijaj

- 1 x 280 (320)
- 1 x 360 (400)
- 1 x 500
- 1 x 600

c) za motnenje z brušenjem končne površine filmov

- papir platno 400 do 600
- brusilna krtača 360 do 400
- brusilno tkivo (valj, krpe) 400 do 600

Primerne hitrosti brusnih trakov za brušenje laka so:

- za bolj termoplastne filme 2 m/s,
- za manj termoplastne filme od 10 m/s do 25 m/s.

Ob upoštevanju specifičnih lastnosti obdelovancev in brusnih strojev je priporočljivo uporabiti podoben stroj za fino brušenje furnirja (lesa) in za brušenje temeljnega laka, seveda z ustrežno kakovostjo in granulacijo brusnega traku.

### 2.7.3 Čiščenje površine in odsesavanje prahu

Brušenju lesa in temeljnega laka vedno sledi odstranjevanje prahu s površine, iz por in utorov. Ta prah na različne načine škodljivo vpliva na kakovost nadaljnje obdelave:

- prah na površini poveča hrapavost naslednjega filma;
- prah nekaterih reakcijskih lakov se ne vgradi optično popolno v naslednji film, zaradi česar povzroča motnost ali sivino;
- lesni prah v večjih porah močno vpija lužilo, lahko pa tudi zadržuje zračne mehurčke pri lakiranju. To povzroči nastajanje večjih in vidnih mehurčkov zraka ali par topil iz lužila, ki se razvijejo v porah šele v fazi sušenja. Na temno luženih površinah povzroča zelo vidno in praktično nepopravljivo napako (ribja očesa v porah).

Pri odpraševanju lesnih površin je pomembna debelina vlaken, ki sestavljajo krtačo. Če je ta debelina večja od premera oziroma širine lesnih por, je čiščenje slabo, ker prah ostaja v porah.

Na brusilnih strojih se naprave za odpraševanje obdelovane površine dograjujejo z agregati za brušenje. Uporabljajo se predvsem:

- vrtljiva brusilno-gladilna krtača s tankimi, mehкими in daljšimi brusilnimi vlakni, ki dobro čisti pore, pri višjem številu vrtljajev pa pore tudi poveča in gladil površino;
- vrtljiva ali trakasta čistilna krtača z naravnimi vlakni ali z mešanico naravnih in sintetičnih vlaken za čiščenje površine, ker manj statično nabija obdelovance;
- ionizacijska letev, dograjena tik nad potjo pomika obdelovancev (še boljše nad njo in pod njo), ki se uporablja za razelektritev obdelovanca;
- izpihavalna glava; tu iz ozke prečno postavljene šobe ali iz vrste turbinskih šob z veliko hitrostjo curek stisnjenega zraka, ki mu potreben tlak zagotavlja kompresor ali visokotlačni ventilator, piha na površino obdelovanca;
- krtače iz elektroprevodnih vlaken (baker, medenina, grafit, novo srebro) se uporabljajo za odvajanje elektrostatičnega naboja z izdelkov na transportnih trakovih, pri čemer so pritrjene prečno nad transporterjem in dobro ozemljene.

## 2.8 UREDBA O EMISIJAH HOS IZ NAPRAV, KI UPORABLJAJO ORGANSKA TOPILA

V slovenski pravni red so se zahteve evropske »VOC direktive« prenesle skozi določila dveh uredb, ki sta bili skupaj objavljeni v Uradnem listu RS, št 112/2005. To sta Uredba o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak, v katerih se uporabljajo organska topila in Uredba o mejnih vrednostih emisije halogeniranih hlapnih organskih

spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila. Omejili se bomo na zahteve Uredbe o emisiji hlapnih organskih spojin iz naprav, ki uporabljajo organska topila, ki enako kot evropska VOC direktiva določa, da morajo upravljavci posebej določenih dejavnosti prilagoditi emisije hlapnih organskih snovi iz obstoječih naprav najkasneje do 31. oktobra 2007. Gospodarske dejavnosti, ki sta jim uredba in direktiva namenjeni, so različne - od tiskarstva ter površinske zaščite kovin, plastike ali lesa.

### **2.8.1 Cilj in namen uredbe**

Glavni cilji in namen uredbe so:

- zmanjševanje emisij HOS kot povzročitelja nastanka troposferskega ozona (trajno zmanjšanje povečane koncentracije poletnega smoga). Uporaba topil je glavni vzrok emisij HOS,
- zmanjšanje emisij rakotvornih, mutagenih in zdravju škodljivih HOS ter njihovo nadomeščanje z manj nevarnimi snovmi,
- vključitev ukrepov uredbe v prihodnja obratovalna (onesnaževalna) dovoljenja, ki bodo področje omejevanja emisij urejala širše in vključevala tudi zahteve določb drugih direktiv s področja industrijskega onesnaževanja (IPPC).

Najprej je treba določiti, katera topila se uporabljajo v napravi ali obratu ter v kakšnih količinah. Nato je treba preveriti mesta, na katerih je njihova poraba največja, ter ugotoviti, ali je mogoče porabo na teh mestih zmanjšati.

### **2.8.2 Nadomestne možnosti za zmanjšanje porabe in emisij HOS**

#### Regeneracija topil

Za marsikatero podjetje je lahko zanimiva regeneracija uporabljenih topil, saj se tako očiščena in obnovljena topila ne prištevajo vhodni bilanci uporabljenih topil, ki jih nadzorujeta agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) in okoljski inšpektorat.

#### Zamenjava sodov

Koristna bi bila zamenjava sodov z vsebniki IBC (*Intermediate Bulk Container*), opremljenimi s pipami z ustreznimi ventili, ki preprečujejo izhlapevanje v prostor. Vsebnik IBC je običajno nameščen na leseni paleti, kar olajša notranji prevoz, ki se opravlja z viličarji, s čimer se omejujejo nenamerna izliti.

#### Sežig HOS v onesnaženih dimnih plinih

Za obdelavo HOS in tudi ostankov barv, lakov, strjene smole in lepil bi lahko uporabili sežig. Sežig je zahteven, natančno voden in nadzorovan postopek visokotemperaturnega oksidativnega razkroja odpadkov. Postopek je zahteven zato, ker je treba z natančnimi reakcijskimi pogoji (temperatura, zadrževalni čas, turbulenca in hitrost hlajenja plinov, pravilna mešanica odpadkov ...) preprečiti nastanek strupenih snovi (dioksini, furani ...) in



zagotoviti maksimalno čiščenje plinov, nevtralizacijo tekočih odplak in varno odlaganje odpadkov. Temperatura pri sežigu mora biti višja od 1200 °C.

### Katalitska oksidacija

Katalitska oksidacija je sorazmerno nov postopek za sežig hlapnih organskih spojin. HOS se termično razgradijo pri temperaturah od 315 °C do 538 °C z uporabo trdnega katalizatorja. Zrak, ki vsebuje HOS, se predhodno segreva (električno, z naravnim plinom, propanom), da se doseže zahtevana temperatura, pri kateri se lahko začne katalitska oksidacija HOS. Nato predhodno segret zrak z vsebnostjo HOS potuje preko plasti trdnega katalizatorja, kjer komponente HOS hitro oksidirajo.

### Regeneracijska termična oksidacija

S svojo zmogljivostjo rekuperacije toplote se enote regeneracijske termične oksidacije (RTO) zelo razlikujejo od ostalih sežigalnih peči. Napravo lahko sestavlja tri, štiri, sedem ali več komor, ki skladiščijo in reciklirajo toplotno energijo. Ta tehnologija uporablja visoke temperature za razgradnjo HOS v ogljikov dioksid in vodno paro. Ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) in voda pa sta sestavna elementa v ozračju. Kontaminiran zrak predhodno segrejejo s prehodom skozi komoro, ki je obložena s keramično plastjo in v kateri zrak doseže zahtevano temperaturo. Zrak nekaj časa ostane v tej komori. Potem kontaminiran zrak vstopa v sežigalno komoro. Rekuperacijske komore so opremljene s plastjo kremenaste gline ali keramike, ki absorbira večino toplotne energije iz sežigalne komore. Stopnja rekuperacije toplote je odvisna od posameznih modelov naprav.

### Zamenjava lakov

Drug način, s katerim bi podjetje lahko doseglo zmanjšanje porabe hlapnih organskih spojin, je zamenjava lakov in sicer s premazi na vodni osnovi. Uporaba laka na vodni osnovi pri obstoječi tehnologiji pa je mogoča samo na posebej prilagojenih lakirnih linijah.

Če želi podjetje zmanjšati emisije HOS ni na voljo enega samega pravega načina. Naloga za zmanjšanje emisij HOS v podjetju je izziv načrtovanja proizvodnje, da ocenijo različne možnosti in se odločijo, katere so najprimernejše glede na celotno stanje v podjetju.

### 3 MATERIALI IN METODE

#### 3.1 IZDELKI PODJETJA LIPA D.D.

V podjetju Lipa, d.d., izdelujejo ploskovne in kosovne tipe izdelkov. Lakirajo ploskovne elemente (kuhinjska vrata, police, pregrade, mizne plošče, stranice otroških posteljic) in vse elemente, katerih mere in oblike dopuščajo lakiranje na tej liniji. Z robotsko pištolo je mogoče lakirati elemente do debeline 80 mm. Program za robotsko robno pištolo pa je treba predhodno napisati. Robot se nato samodejno prilagaja meram elementa. Od kosovnih izdelkov pa lakirajo le ograje otroških postelj.

Najpogostejše napake, ki se pojavljajo na površinsko obdelanih elementih, so smeti v utrjenih filmih, pocejeni robovi, nerazlit lak na robovih in pomarančasta površina.

Vzroki za omenjene napake so:

- Za smeti v polakirani površini je vzrok predvsem nepravilna postavitev linije. Ostale napake pa so posledica človeškega faktorja.
- Za pocejene robove so vzroki nepravilna viskoznost laka (»preredek«), nepravilna nastavitev pištol, prevelik nanos laka in oblika roba (močno zaokroženi robovi).
- Vzroki za nerazlit lak so nepravilna viskoznost (»pregost lak«), napačna nastavitev pištol, premajhen nanos laka, previsoka temperatura v lakirni komori, prenizka zračna vlaga in napačno redčilo.

Če želimo te napake odpraviti, je treba zagotoviti in vzdrževati večjo čistočo v okolici stroja in na stroju ter temeljito izpihovati površine obdelovancev pred lakiranjem. Zaradi prevelike naelektrenosti teh obdelovancev in s tem posledično privlaka nečistoč, so odpraševalno napravo na liniji opremili z bakrenimi žicami za dodatno razelektritev elementov. Pocejene robove pa so odpravili s pravilnim razredčevanjem laka, natančnimi nastavitvami pištol ter ustreznim nanosom laka. Problem z nerazlitim lakom na robovih so odpravili s pravilno izbranim razredčilom, nastavitvijo pištol in ustrezno viskoznostjo laka.

#### 3.2 OBNOVA ODDELKA POVRŠINSKE OBDELAVE KOSOVNEGA IN PLOSKOVNEGA POHIŠTVA

V okviru projekta optimizacije velikosti proizvodnih površin, ki ga v podjetju Lipa, d.d., izvajajo v letu 2007, želijo trenutno velikost proizvodnih površin na produktivnega sodelavca z 250 m<sup>2</sup> zmanjšati na 100 m<sup>2</sup> – 120 m<sup>2</sup>. Tako bodo zmanjšali tudi površino oddelka za površinsko obdelavo ploskovnega in kosovnega pohištva s trenutnih 6000 m<sup>2</sup> na 3000 m<sup>2</sup> – 3500 m<sup>2</sup>.

Istočasno projekt optimizacije velikosti proizvodnih površin izkoriščajo tudi za posodobitev obstoječe tehnologije ročnega lakiranja in prilagoditev materialov, ki omogočajo znižanje emisij HOS v okviru veljavne uredbe.

Pri načrtovanju novih in pri nadaljnji uporabi obstoječih lakirnic je v vseh državah EU treba nujno upoštevati zahteve, ki jih določa Direktiva Sveta 1999/13/ES oziroma v

Sloveniji Uredba o emisiji hlapnih organskih spojin iz naprav, ki uporabljajo organska topila (Uradni list RS, 46/2002). Po tej Uredbi bo emisija organskih topil v zrak postala ključni element za ceno in izvedljivost investicije v obnovo ali novogradnjo lakirnic (Kotnik, 2003).

Poraba topil je enaka količini vseh topil v letno nabavljenih lakih, razredčilih, sredstvih za pranje in lepilih, zmanjšana za količino dokumentirano oddanih tekočih (eventualno umazanih) topil in lakov. Mejna koncentracija je izražena v mg ogljika (v sestavi topil) na m<sup>3</sup> izpušnega zraka. Mejna količina nezajete emisije je odstotni delež porabljenih topil, ki jih ne odvajajo lakirno-sušilne naprave, ampak izhajajo v odprt prostor ali ostanejo v izdelku ali odpadkih.

Pri manjših obratih, ki porabijo približno 25 ton klasičnih lakov letno (<15 ton topil/leto), bo treba opremo in lake le prilagoditi sodobnemu stanju tehnike. Pri večjih obratih, ki porabijo 40 ton klasičnih lakov letno, bo potreben resen premislek, kako izpolniti zahteve uredbe, saj bo to povzročilo velike spremembe tehnologije in cene površinske obdelave ter s tem tudi proizvodne strategije (Kotnik, 2003).

### **3.2.1 Analiza obstoječega stanja**

Oddelek površinske obdelave je v trenutni postavitvi namenjen tako površinski obdelavi kosovnega pohištva kot površinski obdelavi ploskovnega pohištva.

1. Sklop opreme in naprav za površinsko obdelavo kosovnega pohištva sestavljajo:

- a) Linija vešal – opremljena je z verižnim transporterjem skupne dolžine približno 550 m, ki je montiran na višini od 2,2 m do 4,8 m in opremljen s približno 300 obešali za transport obdelovancev (hitrost pomika 2,4 m/min – 3 m/min). Na liniji sta vgrajena klasična sušilna kanala dolžine 48 m (temeljni lak) in (2 x 55) m (končni lak) ter štiri brizgalne kabine z vodno zaveso. Dve kabini sta namenjeni lakiranju s temeljnim lakom (vmesno sušenje na zraku), dve kabini pa lakiranju s končnim lakom (mokra na mokro). Sušilni kanali so ogrevani z vročo vodo sistema 110/90 °C, njihova maksimalna delovna temperatura pa je 40 °C.
- b) Ročno luženje – dve kabini z vodno zaveso za ročno luženje polizdelkov.
- c) Linija vozičkov – opremljena je z verižnim transporterjem skupne dolžine 170 m, ki skrbi za pogon 60 vozičkov za transport obdelovancev skozi sušilnik. Na liniji sta vgrajeni dve kabini z vodno zaveso (mokra na mokro) in sušilni kanal skupne dolžine (2 x 55) m. Sušilni kanali so ogrevani z vročo vodo sistema 110/90 °C, njihova maksimalna delovna temperatura pa je 40 °C.

2. Sklop opreme in naprav za površinsko obdelavo ploskovnega pohištva sestavljajo:

- a) Linija za luženje – opremljena s strojem za čiščenje površin, strojem za luženje z brizganjem (krožno gibanje pištol) in klasičnimi toplozračnimi sušilnimi kanali.

- b) Lakiranje po naročilu – opremljeno s protiprašno kabino z vgrajeno lakirno kabino z vodno zaveso.
- c) Linija za avtomatsko brizganje – opremljena s krtačnim strojem za čiščenje površin, avtomatskim strojem za brizganje, paletnim toplozračnim sušilnikom in sušilnikom UV.

Za površinsko obdelavo uporabljajo lužila na osnovi organskih topil in vodna lužila, PUR temeljne in končne lake različnih sijajev, v proizvodnji kosovnega pohištva pa še vedno NC temeljne in končne lake.

Pri trenutnem stanju tehnike je mogoče na racionalen način izpolniti predpisane omejitve emisij hlapnih organskih spojin. Kljub ustrezni tehnologiji, UV utrjujočih vodnih in klasičnih lakov še ne uporabljajo.

### **3.2.2 Lakirna linija CEFLA**

Lakirna linija Cefla (sliki 1 in 2) je novejša izvedba in je sestavljena iz več sklopov. Glavni sklopi so:

- krtače za odstranjevanje prahu,
- brizgalni avtomat,
- sistemi za transport obdelovancev skozi celotno linijo,
- vertikalni tračni sušilnik,
- brusilni stroj za brušenje po laku,
- filterske naprave.

Maksimalna delovna širina linije je 1300 mm, minimalna dolžina obdelovanca je 300 mm. Podajalna hitrost sistema je od 2 m/min do 11 m/min. Temperatura v sušilniku znaša okrog 40 °C.

Avtomatski sistem za brizganje laka Cefla uporablja poseben transportni sistem za transport obdelovancev skozi cono brizganja. Učinek odboja laka s transportne proge zagotavlja homogen nanos laka tako na površini kot na robovih obdelovancev. Obdelovanci ležijo na transportni progi, kar zagotavlja, da se tako imenovan »overspray« ne pojavlja na spodnjem delu obdelovanca. Lak, ki ne ostane na obdelovancu, ni izgubljen, temveč se nalaga na transportni progi, s katere ga poseben sistem vrača v posodo in ga lahko ponovno uporabimo. Vračanje omogoča poseben sistem, to so rezervni valj, strgulja in pnevmatska naprava za nabiranje laka v posodo. Nadtlak v coni brizganja zagotavlja pretok centralnega in bočnega zraka tako, da eliminira turbulenco in omogoča enakomeren nanos laka na obdelovance. Sistem z elektronskim zaznavanjem obdelovancev preko čitalne letve s fotocelicami na vhodu, omogoča gibanje pištol z nadzorom nad pospeševanjem in pojanjem hitrosti v coni brizganja in omogoča enakomeren nanos laka na površine obdelovancev. Nameščenih je šest pištol in ena robotska za brizganje debelejših robov. Kapaciteta stroja je okrog 500 m<sup>2</sup>/izmeno.



Slika 1: Lakirna linija CEFLA



Slika 2: Komandna plošča CEFLA

### 3.2.3 Sušilni kanal SPRAYBOTIC

#### Parametri sušenja v sušilnem kanalu SPRAYBOTIC

Sušilni del te linije (slika 3) je sestavljen iz treh vertikalnih komor, te vsebujejo etaže, ki izvedejo programirane pomike. V notranjosti peči je 27 etaž, dolgih 7100 mm. Razlika med etažami je 150 mm. Vsaka peč je sestavljena iz štirih con ventilacije:

- N1 (cona za sušenje z zrakom, ki prihaja iz ohladitve),
- N2 (dve coni za sušenje z vrtenjem zraka in regulatorjem, neodvisnim od temperature),
- N3 (cona ohlajevanja).

Domet in hitrost zraka se lahko v vsaki coni regulirata z ročnimi ventili.

#### Sušenje z žarki UV

Peč je sestavljena iz dveh modulov:

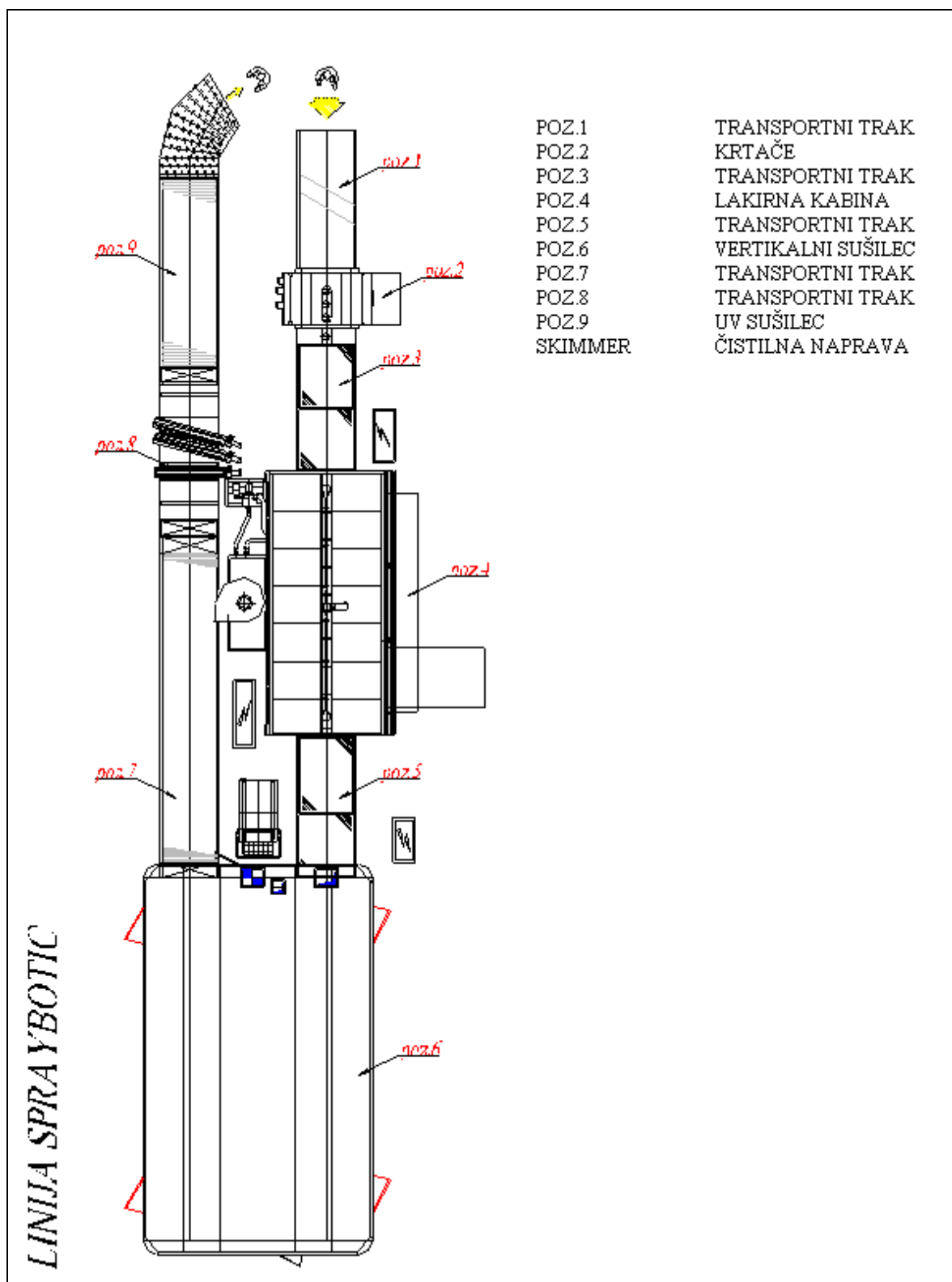
- za peč N1 se uporablja žarnica tipa UV 200 M1 z galijem in tremi stopnjami specifične moči 80/100/120 W/cm za pigmentirane površine;
- za peč N2 se uporabljata dve nagnjeni žarnici tipa UV 200 M2/IC z živim srebrom in s tremi stopnjami specifične moči 80/100/120 W/cm. Žarnice so karakterizirane tako, da imajo maksimalno vrednost pri najvišji točki spektra na valovni dolžini 367 nm.

Preglednica 1 prikazuje zaporedje posameznih faz v sušilnem kanalu Spray-Botic, ter kolikšne so temperature v posamezni fazi.

**Preglednica 1: Temperatura zraka v sušilnem kanalu**

1	FAZA RAZLIVANJA	20 °C
2	FAZA SUŠENJA	40 °C
3	FAZA OHLAJANJA	15 °C – 20 °C

Ciklus pretoka linije je približno 1,3 h, hitrost pomika linije približno 3-5 m/min. Ti podatki so približni in se spreminjajo glede na vrsto laka ter velikosti obdelovancev.



Slika 3: Lakirna linija CEFLA, sušilni kanal SPRAYBOTIC

### 3.2.4 Rekonstrukcija površinske obdelave kosovnega pohištva

Obstoječa tehnologija za površinsko obdelavo tehnično ne ustreza več trenutnim potrebam, kar še posebno velja za opremo, namenjeno sušenju površinsko obdelanih izdelkov.

Z rekonstrukcijo želijo v podjetju doseči naslednje cilje:

- zmanjšati potrebne površine za postavitev opreme in naprav,
- s ciljem znižanja stroškov vzdrževanja želijo skupno dolžino verižnih transporterjev z obstoječih 720 m skrajšati na 390 m,
- skupno dolžino sušilnih kanalov želijo z obstoječih 268 m skrajšati na 207 m,
- zaradi boljše izolacije bo celotna površina sušilnih kanalov izdelana iz izoliranih sendvič plošč debeline 40 mm,
- v sušilnih kanalih preseka 1,5 m x 2,3 m bo mogoča regulacija hitrosti, temperature in vlažnosti zraka.

Po izvedbi prve faze projekta rekonstrukcije bodo začeli pripravljati drugo fazo, v kateri nameravajo postopno začeti posodabljanje brizgalne kabine v smislu zmanjšanja količine odpadnega laka. V tem trenutku se zdi, da je najbolj primerna vgradnja sistema s hladilno steno, ohlajeno na 7 °C, ki po dostopnih podatkih omogoča tudi do 70 % zmanjšanja odpadnega laka.

Pri trenutnem stanju tehnike je mogoče na racionalen način izpolniti predpisane omejitve glede prahu, hrupa, elektromagnetnega sevanja in toplote.

### 3.2.5 Predvideno stanje po rekonstrukciji

V okviru projekta optimizacije proizvodnih površin v oddelku površinske obdelave ter tudi rekonstrukcije nekaterih strojev in naprav bodo izvedli naslednje aktivnosti:

- a) Zamenjava sušilnih kanalov na liniji vešal, pri čemer načrtujejo skrajšanje verižnega transporterja na skupno dolžino 270 m in skupno dolžino sušilnih kanalov na 138 m. Sušilniki bodo prilagojeni sušenju vodnih in konvencionalnih lakov.
- b) Zamenjava sušilnih kanalov na liniji vozičkov, pri čemer načrtujejo skrajšanje verižnega transporterja na skupno dolžino 118 m in skupno dolžino sušilnih kanalov 138 m. Sušilniki bodo prilagojeni sušenju vodnih in konvencionalnih materialov.
- c) Zamenjava tehnologije na liniji luženja z vgradnjo tehnologije, ki omogoča zmanjšanje porabe materialov. Predvidena je tudi vgradnja sodobnega šobnega toplozračnega sušilnika v kombinaciji s sevanjem IR.
- d) Postavitev manjše linije za lakiranje ravnih površin z valjčnim nanašanjem sušečih se lakov UV v konfiguraciji valjčni nanos + sušenje UV 1x + valjčni nanos + sušenje UV 3x + brušenje temeljnega laka.



### Prednosti in koristi sistema varovanja okolja

Z vzpostavitvijo sistema organizacija (podjetje) pridobi zaupanje in izboljša odnose z vsemi zainteresiranimi strankami: zaposlenimi v podjetju, delničarji, lokalnimi skupnostmi, prebivalci v bližnji okolici, širšo javnostjo, kupci, odjemalci, poslovnimi partnerji, zavarovalnicami, bankami itd.

Sistem pomaga izboljšati metode vodenja in obvladovanja procesov ter je orodje za iskanje ravnotežja med ekonomskimi in okoljskimi interesi. Omogoča zmanjšanje stroškov poslovanja – s smotno porabo energije, vode, surovin in s primernim ravnanjem z odpadki lahko prinaša neposreden finančni učinek.

S sistemom varovanja okolja je mogoče ustreči okoljsko ozaveščenim kupcem in trgov, kar pomeni izboljšan konkurenčni položaj na domačem trgu in predvsem na tujih trgih oziroma večje tržne možnosti. Prav tako so lahko z vzpostavljenim sistemom varovanja okolja pogoji pri zavarovalnicah (višine zavarovalnih premij) in bankah (najemanje kreditov) boljši.

Sistem omogoča zmanjšanje tveganja zaradi ekoloških nesreč, lažje izpolnjevanje zahtev okoljske zakonodaje in pripravljenost na morebitne zunanje nadzore, ki jih lahko podjetje pričakuje tako od upravnih organov kot tudi odjemalcev. Sistem lahko vključuje izboljšanje delovnih razmer, na ta način vpliva na zadovoljstvo zaposlenih in pritegne zaposlene h kreativnemu sodelovanju.

Ko podjetje vzpostavi sistem varovanja okolja, se začne proces stalnega dopolnjevanja, spreminjanja in prilagajanja sistema novim zahtevam kupcev, trga, zakonodaje, lastnim zahtevam ter napredku znanosti in tehnike na področju varovanja okolja, kajti ena od glavnih zahtev standarda je stalno izboljševanje izvedbe varovanja okolja (Oblak, 2002).

### **3.2.6 Potek eksperimentalnega dela**

Eksperimentalni del diplomske naloge je potekal po naslednjem razporedu:

- a) Priprava vzorcev za površinsko obdelavo, iz furnirane iverne plošče (IVP) z bukovim furnirjem in iz mediapan (MDF) plošč.
- b) Izbor ustreznih obstoječih PU lakov in novih vodnih sistemov za površinsko obdelavo.
- c) Površinska obdelava vzorcev.
- d) Kondicioniranje vzorcev.
- e) Določanje naslednjih lastnosti preskušancev: debelina nanosa, sijaj, oprijem, odpornost proti udarcem in odpornost proti razenju.

### 3.3 MATERIALI

Podatke o uporabljenih materialih oziroma njihovih sestavinah smo dobili v varnostnih listih. Varnostni list je dokument, ki ga mora proizvajalec nevarnih pripravkov zaradi varovanja človeka in okolja ter varnosti in zdravja na delovnem mestu posredovati uporabniku. Testirali smo poliuretanski lak enega proizvajalca in vodne lake treh različnih proizvajalcev. Vsi laki so enokomponentni.

#### 3.3.1 Podlaga z bukovim furnirjem

Vzorci dimenzij 400 mm x 800 mm smo pripravili iz iverne plošče (IVP) debeline 16 mm, ki je bila furnirana z bukovim furnirjem debeline 0,5 mm. Vse lastnosti utrjenih premazov smo določali na istem vzorcu. Vsi laki na teh vzorcih so bili transparentni.

Priprava vzorcev je potekala v več zaporednih fazah, tako kot si sledijo operacije v proizvodnji:

- razžagovanje ivernih plošč,
- razrez in spajanje furnirja,
- stiskanje plošč
- kondicioniranje,
- brušenje (opisano v poglavju 2.7, točka c)
- nanos temeljnega laka,
- zračno sušenje temeljnega laka,
- brušenje temeljnega laka (opisano v poglavju 2.7),
- nanos končnega laka,
- sušenje končnega laka.

Vsi elementi so bili lakirani s pištolo na lonček OPTIMA 400 s šobo 2.0

Brezbarvni vodni sistem, obdelava bukev natur furniranih elementov.

Podatki o pripravku:

RN 90/07 (temelj)	2x (lice)	nanos 90 g/m <sup>2</sup> – 110 g/m <sup>2</sup>
RN 91/07 (končni)	1x (lice)	nanos 110 g/m <sup>2</sup> – 130 g/m <sup>2</sup>
RN 90/07 (temelj)	Viskoznost	55 sek. DIN4/17°C
RN 91/07 (končni)	Viskoznost	53 sek. DIN4/17°C

#### Sestava s podatki o nevarnih sestavinah temeljnega laka

Lak je na osnovi disperzije akrilnega polimera (sintetičnih polimerov ali kemično modificiranih polimerov), dispergiranih ali raztopljenih v vodi. Lak vsebuje naslednje zdravju in okolju nevarne kemijske sestavine:

### Preglednica 2: Zdravju in okolju nevarne kemijske sestavine temeljnega laka

Kemijsko ime	Konc. %	CAS št.
3-Butoksi-2-propanol	2,5-10	5131-66-8
(2-Metoksimetiletoksi)propanol	1,0-2,5	34590-94-8
2-Butoksietanol	1,0-2,5	111-76-2
amoniak, vodna raztopina	<0,5	1336-21-6
terc-dodekantiol	<0,5	25103-58-6
3-Merkaptopropionska kislina	<0,5	107-96-0

Po metodologiji pravilnika o razvrščanju, označevanju in pakiranju nevarnih snovi oziroma pripravkov, izdelek ni razvrščen kot nevaren.

### Preglednica 3: Fizikalne in kemijske lastnosti temeljnega laka

Izgled:	Tekočina
Barva:	Mlečna
Vonj:	Značilen
pH:	Ni podatka
Plamenišče:	Ni podatka
Gostota (kg/l):	1,04 ISO 2811
Iztočni čas:	DIN4 20 °C 45 s - 55 s
Vsebnost suhe snovi (ut. %):	34-37
Topnost v vodi:	Se meša

Zaradi kemijskih lastnosti laka je potrebno osebno zaščito prilagoditi tehnologiji aplikacije izdelka. Uporabljati smemo materiale, ki so odporni na organska topila (guma, specialna plastika). Uporabljamo orodje, s katerim ne povzročamo iskrenja.

Pri zaščiti dihal moramo zagotoviti tako ventilacijo na mestu uporabe, da koncentracija hlapov topil, prisotnih v hlapnem delu izdelka, ne presega mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost. Predpisane mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost nevarnih sestavin v atmosferi delovnega mesta, so v pravilniku o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu (Ur. l. RS 100/2001).

### Sestava s podatki o nevarnih sestavinah končnega laka

#### Preglednica 4: Zdravju in okolju nevarne kemijske sestavine končnega laka

Kemijsko ime	Konc. %
2-Butoksietanol	2,5-10

**Preglednica 5: Fizikalne in kemijske lastnosti končnega laka**

Izgled:	Tekočina
Barva:	Brezbarvna
Vonj:	Specifičen za disperzijske premaze
pH:	Ni podatka
Vrelišče:	100 °C Voda, destilirana
Plamenišče:	Ni podatka
Gostota (kg/l):	1,03-1,04 ISO 2811
Iztočni čas:	DIN4 20 °C 45 s – 65 s
Vsebnost suhe snovi (ut. %):	35-39
Topnost v vodi:	Se meša

Preglednici (4 in 5) prikazujeta fizikalno in kemijsko sestavo končnega laka na vodni osnovi in iz njih vidimo, da se sestava temeljnega in končnega laka razlikujeta.

### 3.3.2 Vzorci iz vlaknene plošče (MDF)

Tudi tu smo uporabili vzorce dimenzije 400 mm x 800 mm, debelina podlage MDF je znašala 18 mm. Na plošče smo nanegli bel prekriven poliuretanski lak ter dva bela prekrivna vodna sistema različnih proizvajalcev.

Priprava vzorcev je potekala na sledeč način:

- razžagovanje vlaknenih plošč (MDF)
- nanos temeljnega laka,
- zračno sušenje temeljnega laka,
- brušenje temeljnega laka (opisano v poglavju 2.7),
- nanos končnega laka,
- sušenje končnega laka.

#### Barvni vodni sistem, obdelava vlaknenih (MDF) plošč

Podatki o pripravku:

RN 92/07 (temelj beli)	2x (lice)	nanos 90 g/m <sup>2</sup> – 110 g/m <sup>2</sup>
RN 93/07 (emajl 40)	1x (lice)	nanos 110 g/m <sup>2</sup> – 130 g/m <sup>2</sup>
RN 92/07 (temelj)	Viskoznost	42 s DIN4/17°C
RN 93/07 (končni)	Viskoznost	70 s DIN4/17°C

## Sestava s podatki o nevarnih sestavinah temeljnega prekrivnega laka

Preglednica 6: Zdravju in okolju nevarne kemijske sestavine temeljnega prekrivnega laka

Kemijsko ime	Konc. %	CAS št.
2-butoksietanol	2,5-10	111-76-2
amoniak, vodna raztopina	<0,5	1336-21-6
terc-dodekantiol	<0,5	25103-58-6

Preglednica 7: Fizikalne in kemijske lastnosti temeljnega prekrivnega laka

Izgled:	Bela viskozna tekočina
Barva:	Bela
Vonj:	Specifičen za akrilatne disperzije
pH:	Ni podatka
Vrelišče:	100 °C Voda, destilirana
Plamenišče:	Ni podatka
Gostota (kg/l):	1,33 ISO 2811
Iztočni čas:	DIN4 20 °C 40 s - 50s
Vsebnost suhe snovi (ut. %):	52 - 55
Topnost v vodi:	Ni bila določena

Izdelek vsebuje 6 % - 7 % hlapnih organskih komponent, ki so regulirani z uredbo o emisiji hlapnih organskih spojin.

## Sestava s podatki o nevarnih sestavinah končnega prekrivnega laka

Preglednica 8: Zdravju in okolju nevarne kemijske sestavine končnega prekrivnega laka

Kemijsko ime	Konc. %	CAS št.
2-Butoksietanol	2,5-10	111-76-2

Preglednica 9: Fizikalne in kemijske lastnosti končnega prekrivnega laka

Izgled:	Tekočina
Barva:	Brezbarvna
Vonj:	Specifičen za disperzijske premaze
pH:	Ni podatka
Vrelišče:	100 °C Voda, destilirana
Plamenišče:	Ni podatka
Gostota (kg/l):	1,03-1,04 ISO 2811
Iztočni čas:	DIN4 20 °C 45 s – 65 s
Vsebnost suhe snovi (ut. %):	35-39
Topnost v vodi:	Se meša

Izdelek vsebuje 8 % - 10 % hlapnih organskih komponent, ki so regulirani z uredbo o emisiji hlapnih organskih spojin.

### 3.4 METODE

#### 3.4.1 Merjenje debeline suhega filma laka

Debelino suhega filma smo merili po standardu (SIST EN ISO 2808:1999). Vzorce dimenzije 400 mm x 800 mm smo razžagali na manjše reprezentativne vzorce, katere smo uporabljali za nadaljnjo meritev. Na sliki 4 vidimo pripravljene vzorce. Debelino filma smo merili z mikroskopom kot prikazuje slika 5 pri povečavi 120 x. Ena enota na merilni skali znaša 83  $\mu\text{m}$ . Meritev smo ponovili 5 krat na istem vzorcu.



Slika 4: Priprava vzorcev za merjenje debeline filma



Slika 5: Merjene debeline filma

### 3.4.2 Merjenje oprijemnosti premaznih sistemov

Oprijemnost premaznih sistemov smo merili po standardu (SIST EN ISO 4624 ). Vzorce smo predhodno pripravili tako, da smo površino laka rahlo obrusili s finim brusnim papirjem, zaradi boljšega oprijema čepa na površino. Čepe smo prilepili z dvokomponentnim lepilom, tako kot zahteva standard. Slika 6 prikazuje pripravo vzorcev.



Slika 6: Priprava vzorca za merjenje oprijemnosti



Slika 7: Naprava za merjenje oprijemnosti

### 3.4.3 Merjenje odpornosti proti udarcem

Odpornost proti udarcem smo merili po standardu (SIST ISO 4211-4:1995). Postopek merjenja odpornosti je potekal tako, da smo na vsakem vzorcu izvedli serijo udarcev spusta uteži z različnih višin. Začeli smo z višine 25 mm in nadaljevali na višje višine toliko časa, da smo dobili različne ocene površin vtisnjene kroglice.



Slika 8: Naprava za merjenje odpornosti proti udarcem

### 3.4.4 Merjenje odpornosti proti razenju površine

Odpornost proti razenju smo merili po standardu (ISO 4211-5). Ocenjevali smo poškodbe, nastale na površini laka, katero naredi konica naprave. Začeli smo z manjšo silo, nato pa nadaljevali z višjimi silami vse do spremembe na površini, zaradi katere smo na koncu dobili različne ocene.



Slika 9: Naprava za merjenje razenja površine



### 3.4.5 Merjenje sijaja

Merjenje sijaja smo opravi po standardu (SIST EN ISO 2813:1999). Merili smo z reflektometrom pri kotu 60 °. Merili smo na različnih mestih in meritev ponovili 20 krat. Naprava nam avtomatsko poda vrednosti sijaja.



Slika 10: Naprava za merjenje sijaja

## 4 REZULTATI

### 4.1 DEBELINA SUHIH FILMOV

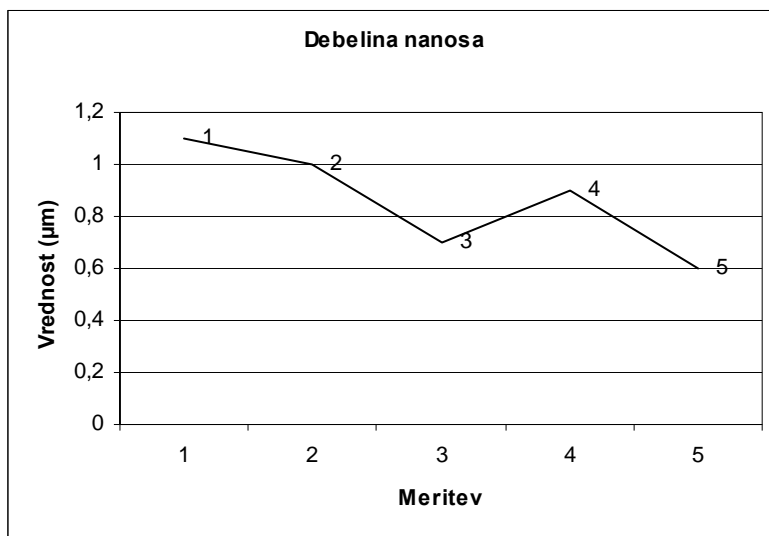
#### 4.1.1 Debelina filmov na podlagi z bukovim furnirjem

Rezultat meritev debeline PU laka suhega filma je prikazana v preglednici 10. Iz preglednice je razvidno, da so bili nanosi neenakomerni po debelini, vendar z manjšimi odstopanji. Povprečna debelina suhega filma PU laka znaša 0,9  $\mu\text{m}$ .

Preglednica 10: Debelina suhega filma PU laka na bukovi podlagi

DEBELINA NANOSA – PU				
	Vzorec	Podlaga	Debelina ( $\mu\text{m}$ )	Povprečje ( $\mu\text{m}$ )
1	3/3 a	Bukev	1,1	0,9
2	3/3 a	Bukev	1,0	
3	3/3 a	Bukev	0,7	
4	3/3 a	Bukev	0,9	
5	3/3 a	Bukev	0,6	

Slika 11 prikazuje debelino suhega filma PU laka na IVP ploščo, furnirano z bukovim furnirjem, debeline 0,5 mm.



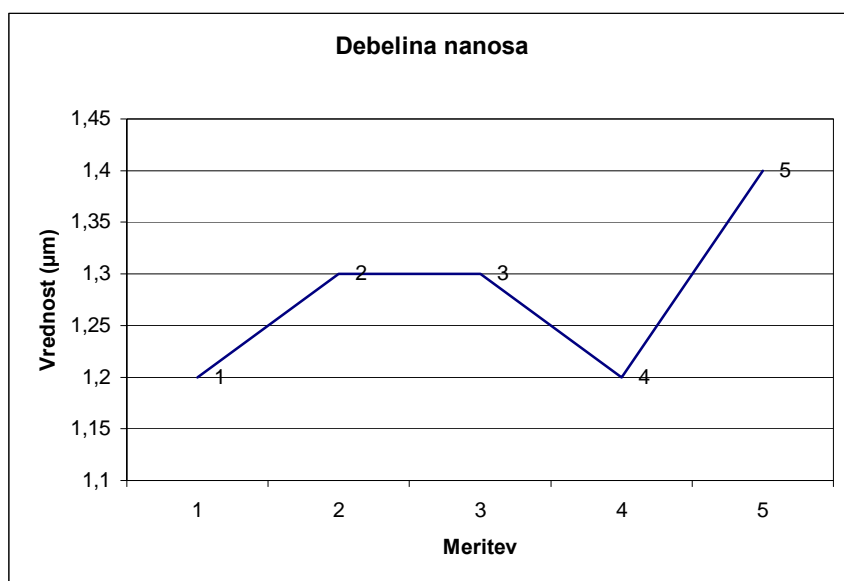
Slika 11: Debelina suhega filma PU laka – PU 3/3 a

Iz preglednice 11 in slike 12 je razvidno, kako debelina suhega filma laka odstopa. Poudariti je potrebno, da so bili vsi sistemi naneseni ročno s pištolo optima na lonček, šoba brizgalne pištole pa je imela premer 2,0 mm. Po podatkih proizvajalcev pa imajo vodni laki višji delež filmotvorne snovi.

**Preglednica 11: Debelina suhega filma vodnega laka na bukovi podlagi, (vzorec 4 a)**

DEBELINA NANOSA – VODNI				
	Vzorec	Podlaga	Debelina ( $\mu\text{m}$ )	Povprečje ( $\mu\text{m}$ )
1	4 a	Bukev	1,2	1,2
2	4 a	Bukev	1,3	
3	4 a	Bukev	1,3	
4	4 a	Bukev	1,2	
5	4 a	Bukev	1,4	

V preglednici 11 vidimo, kako se je spreminjala debelina filma vodnega sistema na iverni plošči, furnirani z bukovim furnirjem debeline 0,5 m.

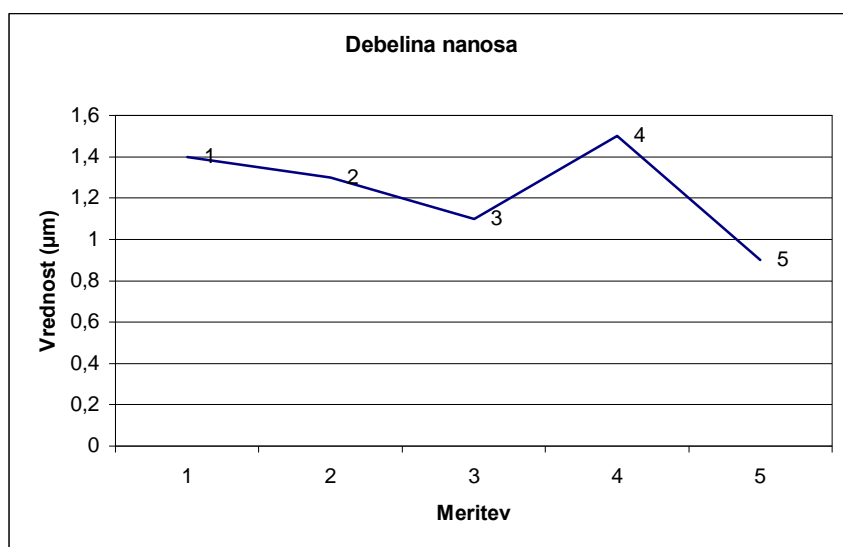


**Slika 12: Debelina suhega filma vodnega laka – vodni 4 a**

Preglednica 12 prikazuje debelino suhega filma laka na bukovi podlagi. Ta podlaga je lakirana z vodnim sistemom z oznako vzorca 3 a. Slika 13 pa je grafičen prikaz podatkov iz preglednice.

**Preglednica 12: Debelina suhega filma vodnega laka na bukovi podlagi, (vzorec 3 a)**

DEBELINA NANOSA – VODNI				
	Vzorec	Podlaga	Debelina (µm)	Povprečje (µm)
1	3 a	Bukev	1,4	1,2
2	3 a	Bukev	1,3	
3	3 a	Bukev	1,1	
4	3 a	Bukev	1,5	
5	3 a	Bukev	0,9	



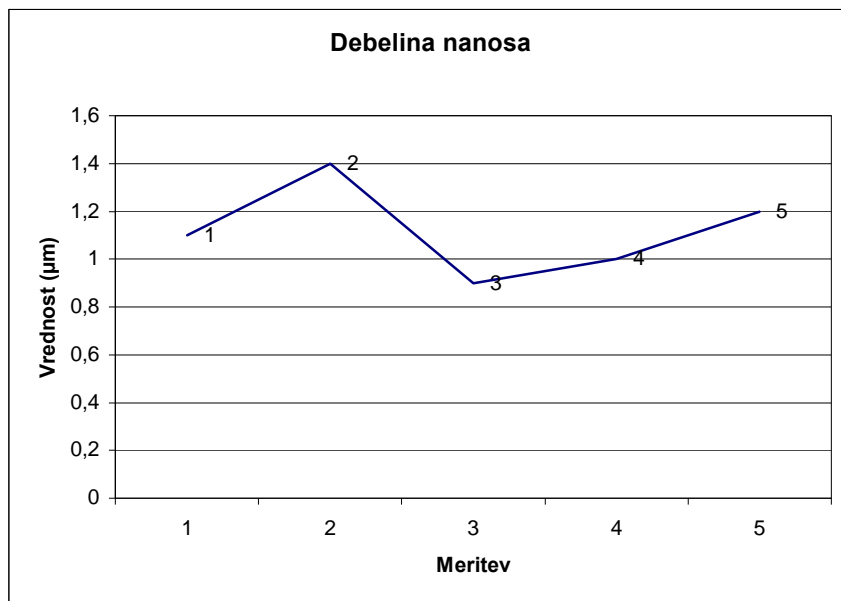
**Slika 13: Debelina suhega filma laka – vodni 3 a**

Preglednica 13 prikazuje debelino suhega filma laka vodnega sistema z oznako vzorca 1 a.

**Preglednica 13: Debelina suhega filma na bukovi podlagi, (vzorec 1 a)**

DEBELINA NANOSA – VODNI				
	Vzorec	Podlaga	Debelina (µm)	Povprečje (µm)
1	1 a	Bukev	1,1	1,1
2	1 a	Bukev	1,4	
3	1 a	Bukev	0,9	
4	1 a	Bukev	1,0	
5	1 a	Bukev	1,2	

Slika 14 je grafičen prikaz podatkov iz preglednice 13.



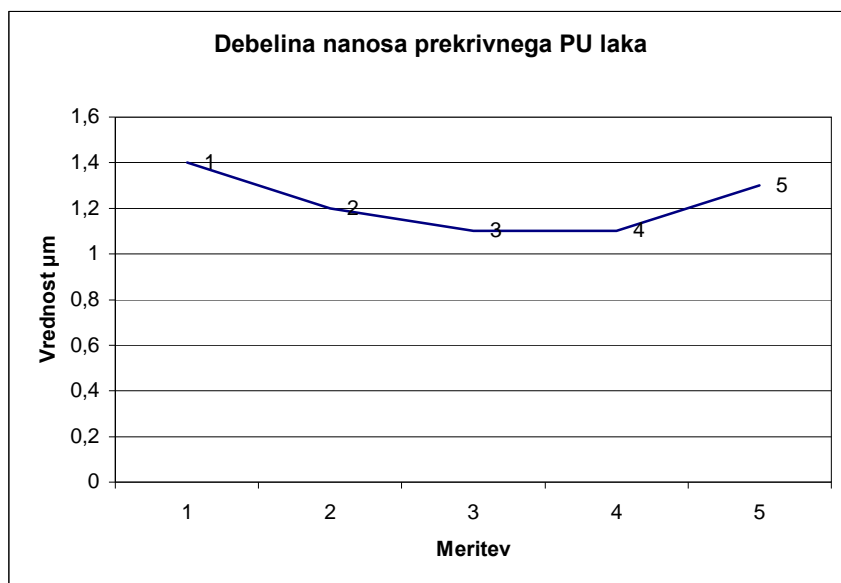
Slika 14: Debelina suhega filma laka – vodni 1 a

#### 4.1.2 Debelina suhih filmov na MDF ploščah

Iz preglednice 14 lahko ugotovimo, da so bili nanosi lakov na MDF ploščah večji. Razlika v debelini suhih filmov v primerjavi z laki na furniranih podlagah je posledica prisotnosti pigmentov v premaznih sistemih. Vsi sistemi na MDF podlagi so bili beli prekrivni. Iz preglednic in slik lahko razberemo, da so nanosi različnih sistemov neenakomerni, napaka je nastala najverjetneje pri samem nanosu, saj je nanos bil izveden ročno s pištolo na lonček.

Preglednica 14: Debelina suhega filma PU laka na MDF plošči (vzorec 4/4 b)

DEBELINA NANOSA – PU				
	Vzorec	Podlaga	Debelina (µm)	Povprečje (µm)
1	4/4 b	MDF	1,4	1,2
2	4/4 b	MDF	1,2	
3	4/4 b	MDF	1,1	
4	4/4 b	MDF	1,1	
5	4/4 b	MDF	1,3	



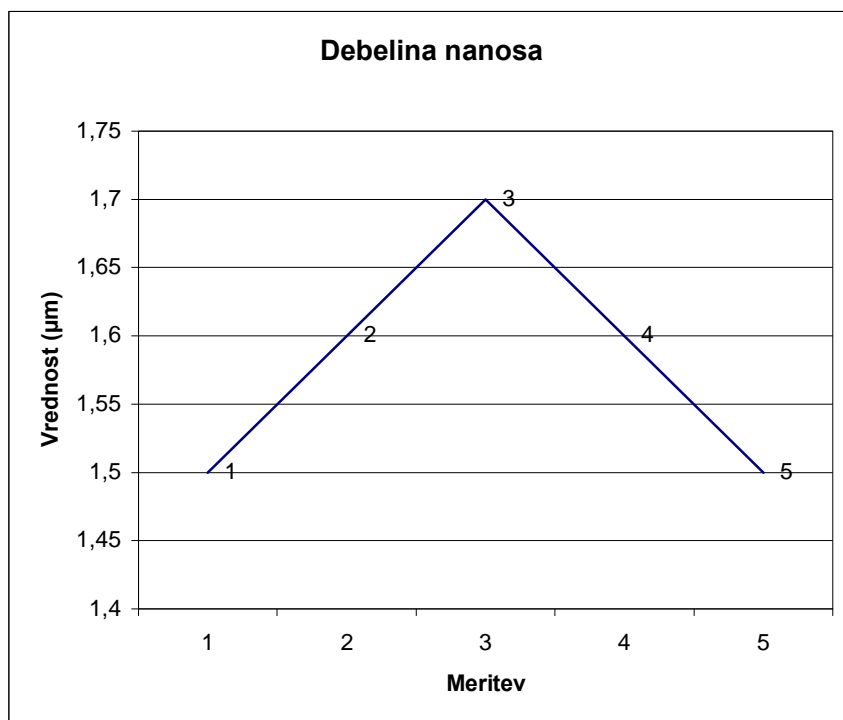
Slika 15: Debelina suhega filma prekrivnega laka – PU 4/4 b

Preglednica 15 prikazuje izmerjene debeline suhega filma vodnega laka na vzorcu 1 b na MDF podlagi. Iz preglednice vidimo, da je povprečna debelina suhega filma laka znašala 1,6 μm.

Preglednica 15: Debelina suhega filma vodnega laka na MDF plošči (vzorec 1 b)

DEBELINA NANOSA – VODNI				
	Vzorec	Podlaga	Debelina (μm)	Povprečje (μm)
1	1 b	MDF	1,5	1,6
2	1 b	MDF	1,6	
3	1 b	MDF	1,7	
4	1 b	MDF	1,6	
5	1 b	MDF	1,5	

Na sliki 16 vidimo, kako se je debelina spreminjala glede na izmerjena mesta. Na sliki vidimo, da smo največjo izmerjeno vrednost dobili pri 3. meritvi in je znašala 1,7 μm.

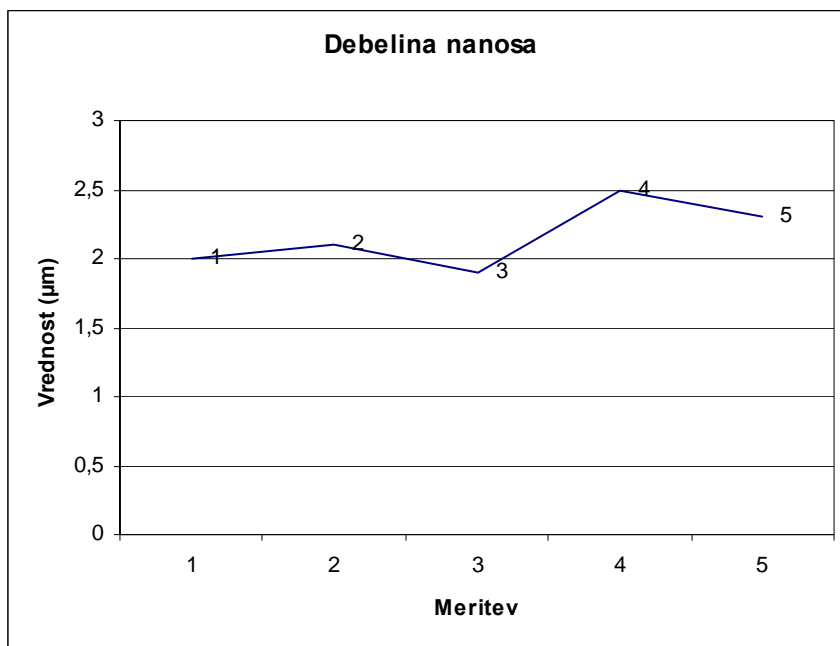


Slika 16: Debelina suhega filma laka – vodni 1 b

V preglednici 16 so podani podatki meritev suhega filma vodnega laka vzorca 4 b.

Preglednica 16: Debelina suhega filma vodnega laka na MDF plošči (vzorec 4 b)

DEBELINA NANOSA – VODNI				
	Vzorec	Podlaga	Debelina (µm)	Povprečje (µm)
1	4 b	MDF	2,0	2,2
2	4 b	MDF	2,1	
3	4 b	MDF	1,9	
4	4 b	MDF	2,5	
5	4 b	MDF	2,3	



Slika 17: Debelina suhega filma laka – vodni 4 b

## 4.2 OPRIJEMNOST PREMAZNIH SISTEMOV

### 4.2.1 Oprijemnost premaznih sistemov na bukovi podlagi

Preglednica 17 prikazuje vrednosti oprijemnosti pri različnih sistemih. Iz rezultatov lahko razberemo, da je imel najboljšo oprijemnost sistem (4 a vodni), saj je njegova povprečna vrednost oprijemnosti znašala 3,61 MPa. Pri tem rezultatu je upoštevanih samo pet vrednosti, saj vrednosti z oznako (k) niso primerljive in niso upoštevane pri izračunu rezultata, to pa zato, ker je bila sila med lakom in površino pečata prevelika in »neznanak«. Neznana zato, ker je lom potekal po podlagi in ne po debelini filma.

Preglednica 17: Oprijemnost (MPa) premaznih sistemov na podlagi z bukovim furnirjem

Meritev	OPRIJEMNOST (MPa)			
	Vzorec			
	3/3 a PU	3 a VODNI	4 a VODNI	1 a VODNI
1	2,95	2,66	3,48	2,79
2	3,01	2,71	3,23 k	3,1
3	2,64	2,95	3,94	2,8
4	2,83	2,42	2,96 k	3,03
5	2,69	2,73	2,96 k	2,7
6	2,79	2,6	3,39	2,97
7	2,41	2,99	3,45	2,93

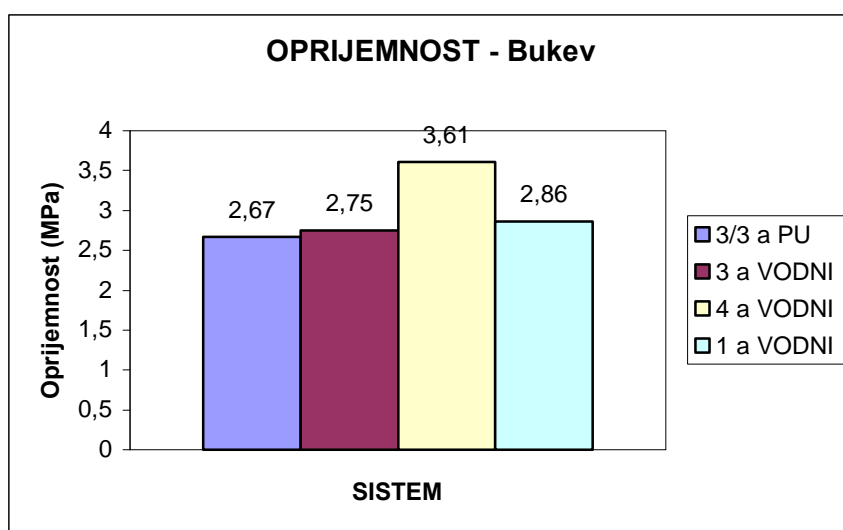
se nadaljuje



nadaljevanje

8	2,35	2,93	3,44 k	2,64
9	2,65	2,9	2,95 k	2,73
10	2,33	2,58	3,61	2,9
MIN	3,33	2,42	3,39	2,64
MAKS	3,01	2,99	3,94	3,10
POVPREČJE	2,67	2,75	3,61	2,86

Slika 18 je grafičen prikaz oprijema sistemov in razvidno je, da sistem (4 a vodni) po oprijemnosti bistveno odstopa od ostalih premaznih sistemov.



Slika 18: Prikaz oprijemnosti posameznega sistema na bukovi podlagi



Slika 19: Površina po odtrganju pečata na bukovi podlagi

Slika 19 prikazuje površino po odtrganju pečata. S slike lahko vidimo, da je bila sila v laku večja od trdnosti podlage, zato je odtrgalo podlago in je videti surovo iverno ploščo.

#### 4.2.2 Oprijemnost premaznih sistemov na MDF ploščah

Testirali smo oprijemnost laka PU na podlagi MDF enega proizvajalca in vodnih lakov dveh proizvajalcev, prav tako na podlagi MDF. Pri vseh vzorcih na podlagi MDF je bila kohezijska sila večja od trdnosti laka in zato neznana. Vsi laki na podlagi MDF so beli prekrivni. Podatki so podani v preglednici 18.

Preglednica 18: Oprijemnost prekrivnih premaznih sistemov (MPa) na MDF podlagi

Meritev	OPRIJEMNOST (MPa)		
	Vzorec		
	4/4 b PU	4 b VODNI	1 b VODNI
1	3,06 k	2,70 k	3,09 k
2	2,97 k	2,72 k	2,79 k
3	2,97 k	2,97 k	2,90 k
4	3,26 k	2,93 k	3,00 k
5	2,71 k	2,88 k	2,65 k
6	3,08 k	3,19 k	2,61 k
7	2,97 k	2,76 k	3,03 k
8	2,97 k	2,95 k	3,30 k
9	3,45 k	2,97 k	2,88 k
10	3,15 k	3,06 k	3,13 k

Oznaka k pri posamezni meritvi pomeni, da je bila kohezijska sila prevelika in neznana. Rezultati prikazujejo, pri kateri napetosti je odtrgalo podlago, kar je vidno na sliki 20.



Slika 20: Prikaz površine po odtrganju pečata na MDF podlagi

## 4.3 ODPORNOST PROTI UDARCEM

### 4.3.1 Odpornost proti udarcem na bukovi podlagi

Rezultati v preglednici 19 prikazujejo skupno povprečno oceno treh ponovitev udarcev, v vsaki ponovitvi je bilo po pet udarcev.

Iz rezultatov testiranja lahko ugotovimo, da je PU lak primerljiv z vodnim lakom z oznako vzorca 1 a. Ta vzorec je dobil tudi najvišjo oceno, saj smo iskali boljši ali enak lak.

**Preglednica 19: Ocene odpornosti proti udarcem - PU lak**

VZOREC 3/3 a (PU), V = 25 mm						
serija udarcev	zaporedna št. poskusa					končna povprečna skupna ocena
	1	2	3	4	5	
1	3	4	3	3	4	3
2	3	3	3	3	3	
3	3	3	3	3	3	

Vodne sisteme na bukovi podlagi smo testirali samo pri spustu uteži z višine 25 mm (V = 25 mm), saj je že prva serija meritev izločila najboljši sistem. Ta sistem nosi oznako (1 a vodni). Rezultati meritev za najboljši vodni sistem in ostale sisteme, katere smo testirali, so podani v preglednicah 20, 21 in 22.

**Preglednica 20: Ocene odpornosti proti udarcem - vodni lak (vzorec 1 a)**

VZOREC 1 a (VODNI), V = 25 mm						
serija udarcev	zaporedna št. poskusa					končna povprečna skupna ocena
	1	2	3	4	5	
1	3	3	3	3	2	3
2	3	2	2	3	3	
3	2	2	3	2	3	

**Preglednica 21: Ocene odpornosti proti udarcem - vodni lak (vzorec 3 a)**

VZOREC 3 a (VODNI), V = 25 mm						
serija udarcev	zaporedna št. poskusa					končna povprečna skupna ocena
	1	2	3	4	5	
1	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	4	4	
3	4	4	4	4	4	

**Preglednica 22: Ocene odpornosti proti udarcem - vodni lak (vzorec 4 a)**

VZOREC 4 a (VODNI), V = 25 mm						
serija udarcev	zaporedna št. poskusa					končna povprečna skupna ocena
	1	2	3	4	5	
1	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	4	4	
3	4	4	4	4	4	

### 4.3.2 Odpornost proti udarcem na MDF podlagi

Preglednica 23 prikazuje podatke meritev odpornosti proti udarcem. Na MDF podlagi smo izmerili najprej za PU lak in sicer z višine 25 mm (V = 25 mm), ter tako dobili skupno povprečno oceno meritev 4.

**Preglednica 23: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi PU laka**

VZOREC 4/4 b (PU), V = 25 mm						
serija udarcev	zaporedna št. poskusa					končna povprečna skupna ocena
	1	2	3	4	5	
1	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	4	4	
3	4	4	4	4	4	

Nadaljnje meritve na MDF podlagi smo izvedli na vodnih sistemih, prav tako z višine 25 mm in dobili rezultate, ki so podani v preglednici 24 in 25.

**Preglednica 24: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi - vzorec 1 b**

VZOREC 1 b (VODNI), V = 25 mm						
serija udarcev	zaporedna št. poskusa					končna povprečna skupna ocena
	1	2	3	4	5	
1	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	4	4	
3	4	4	4	4	4	

**Preglednica 25: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi - vzorec 4 b**

VZOREC 4 b (VODNI), V = 25 mm						
serija udarcev	zaporedna št. poskusa					končna povprečna skupna ocena
	1	2	3	4	5	
1	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	4	4	
3	4	4	4	4	4	

Ker pri višini spusta uteži z višine 25 mm nismo izločili nobenega sistema, smo nadaljevali pri višini spusta uteži 50 mm. Najprej smo testirali PU lak (preglednica 26), nato pa še vodne sisteme. Podatki meritev so podani v preglednicah 27 in 28.

**Preglednica 26: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi - vzorec 4/4 b**

VZOREC 4/4 b (PU), V = 50 mm						
serija udarcev	zaporedna št. poskusa					končna povprečna skupna ocena
	1	2	3	4	5	
1	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	4	4	
3	4	4	4	4	4	

Tudi pri vodnih sistemih pri tej višini nismo dobili ustreznih rezultatov, saj je bila skupna povprečna ocena prav tako 4, kot pri prejšnjih meritvah.

**Preglednica 27: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi - vzorec 1 b**

VZOREC 1 b (VODNI), V = 50 mm						
serija udarcev	zaporedna št. poskusa					končna povprečna skupna ocena
	1	2	3	4	5	
1	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	4	4	
3	4	4	4	4	4	

**Preglednica 28: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi - vzorec 4 b**

VZOREC 4 b (VODNI), V = 50 mm						
serija udarcev	zaporedna št. poskusa					končna povprečna skupna ocena
	1	2	3	4	5	
1	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	4	4	
3	4	4	4	4	4	

Meritve smo nadaljevali pri višini spusta uteži 100 mm. Tu pa smo že dobili prve različne rezultate ocen in smo lahko izločili posamezne sisteme.

Rezultati meritev za PU lak so podani v preglednici 29, medtem ko so rezultati za vodne sisteme podani v preglednicah 30 in 31

**Preglednica 29: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi - vzorec 4/4 b**

VZOREC 4/4 (PU), V = 100 mm						
serija udarcev	zaporedna št. poskusa					končna povprečna skupna ocena
	1	2	3	4	5	
1	4	4	4	4	4	4
2	4	4	3	4	4	
3	4	4	4	4	4	

Za najboljši sistem se je izkazal vzorec z oznako 1 a vodni, saj je njegova povprečna ocena znašala 3. Ker smo pri tej višini dobili ustrezen rezultat, nismo nadaljevali meritev pri višjih višinah.

**Preglednica 30: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi - vzorec 1 b**

VZOREC 1 b (VODNI), V = 100 mm						
serija udarcev	zaporedna št. poskusa					končna povprečna skupna ocena
	1	2	3	4	5	
1	3	3	3	3	3	3
2	2	2	2	3	3	
3	3	3	3	3	2	

**Preglednica 31: Ocene odpornosti proti udarcem na MDF podlagi - vzorec 4 b**

VZOREC 4 b (VODNI), V = 100 mm						
serija udarcev	zaporedna št. poskusa					končna povprečna skupna ocena
	1	2	3	4	5	
1	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	4	4	
3	4	4	4	4	4	

#### 4.4 ODPORNOST PROTI RAZENJU

##### 4.4.1 Odpornost proti razenju na bukovih podlagah

Najprej smo testirali PU sistem na bukovi podlagi pri sili 10 N (preglednica 32). Najmanjša sila katero predpisuje standard je 10 N, zato smo tudi začeli s to silo. Ker nam je meritev pri omenjeni sili že dala uporaben rezultat (vidne razpoke v nastali sledi), nismo nadaljevali na višje sile saj smo iskali najustrežnejši sistem, ki bi prenesel višjo silo.

**Preglednica 32: Razenje PU laka - podlaga bukev**

STAR SISTEM (PU)				
Št.	PODLAGA	VZOREC	SILA (N)	RAZA (mm)
1	Bukev	3/3 a	10	razpoke

V preglednici 33 so podani rezultati meritev odpornosti proti razenju vodnih sistemov. Iz preglednice vidimo, da se je za najboljši sistem izkazal sistem z oznako 3 a vodni, saj je šele pri sili 11 N bila sled (raza) velikosti 0,6 mm.

**Preglednica 33: Razenje vodni lak - podlaga bukev**

NOV SISTEM (VODNI)				
Št.	PODLAGA	VZOREC	SILA (N)	RAZA (mm)
1	Bukev	3 a	11	0,60
2	Bukev	4 a	10	0,60
3	Bukev	1 a	9	razpoke

#### 4.4.2 Odpornost lakov na ploščah MDF proti razenju

Na tej podlagi smo testirali PU lak enega proizvajalca in vodna laka dveh proizvajalcev. Podatki za PU lak so podani v preglednici 34. Pri belih prekrivnih sistemih na MDF ploščah smo uporabili najvišjo silo, ki jo standard še dopušča, to je 20 N. Šele pri sili 20 N, s katero smo razili površino lakov, smo lahko identificirali najboljši sistem.

**Preglednica 34: Razenje PU laka - podlaga MDF**

STAR SISTEM (PU)				
Št.	PODLAGA	VZOREC	SILA (N)	RAZA (mm)
1	MDF	4/4b	20	0,45

Za najboljši sistem se je izkazal vzorec z oznako (1 b vodni) saj je bila pri sili 20 N raza široka 0,45 mm. Podatek je prikazan v preglednici 35.

**Preglednica 35: Razenje vodni lak - podlaga MDF**

NOV SISTEM (VODNI)				
Št.	PODLAGA	VZOREC	SILA (N)	RAZA (mm)
1	MDF	1b	20	0,45
2	MDF	4b	20	0,50

## 4.5 SIJAJ

### 4.5.1 Sijaj premaznih sredstev na bukovih podlagah

V preglednici 36 je prikazan povzetek rezultatov meritev sijaja na vzorcih, izdelanih na bukovih podlagah. Meritve smo opravljali na vzorcih, ki so bili površinsko obdelani s PU lakom enega proizvajalca in z vodnimi sistemi treh proizvajalcev. Če primerjamo rezultate PU laka z vodnimi sistemi, lahko vidimo, da se je vrednosti sijaja PU laka najbolj približal sistem z oznako (1 a vodni), njegova vrednost je bila 34 %.

**Preglednica 36: Vrednost sijaja PU laka - podlaga bukev**

STAR SISTEM PU - SIJAJ		
Podlaga	Vzorec	Povprečje
Bukev	3/3 a	43,5 %

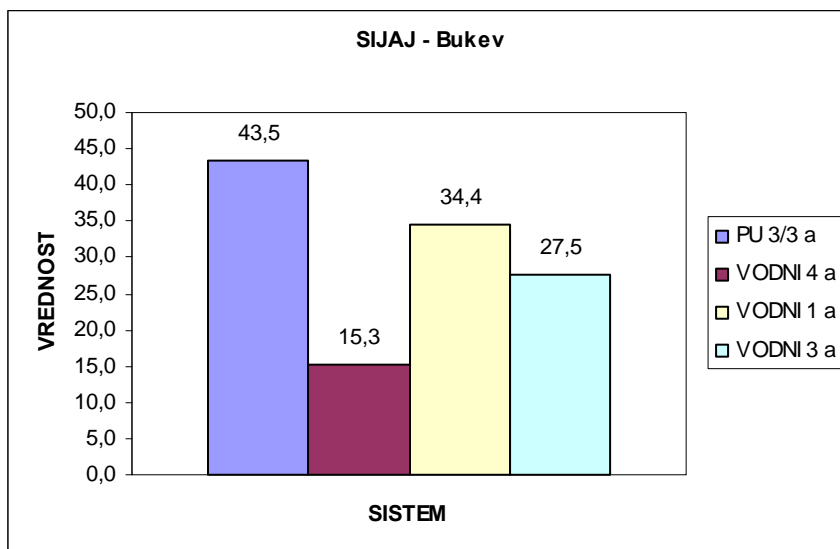
**Preglednica 37: Vrednost sijaja vodnega laka - podlaga bukev**

NOVI SISTEM VODNI - SIJAJ		
Podlaga	Vzorec	Povprečje
Bukev	4 a	15,3 %
Bukev	1 a	34,4 %
Bukev	3 a	27,5 %

Pri meritvah sijaja smo ugotovili nerazumna odstopanja od pričakovanih vrednosti, saj so proizvajalci zagotavljali da ima utrjen lak vrednost sijaja 30 %.

Slika 21 je grafičen prikaz podatkov merjenja sijaja po posameznih sistemih. Iz slike je razvidno, da je najvišji sijaj imel vzorec laka z oznako 3/3 a.





Slika 21: Prikaz sijaja po sistemih na bukovi podlagi

#### 4.5.2 Sijaj na MDF ploščah

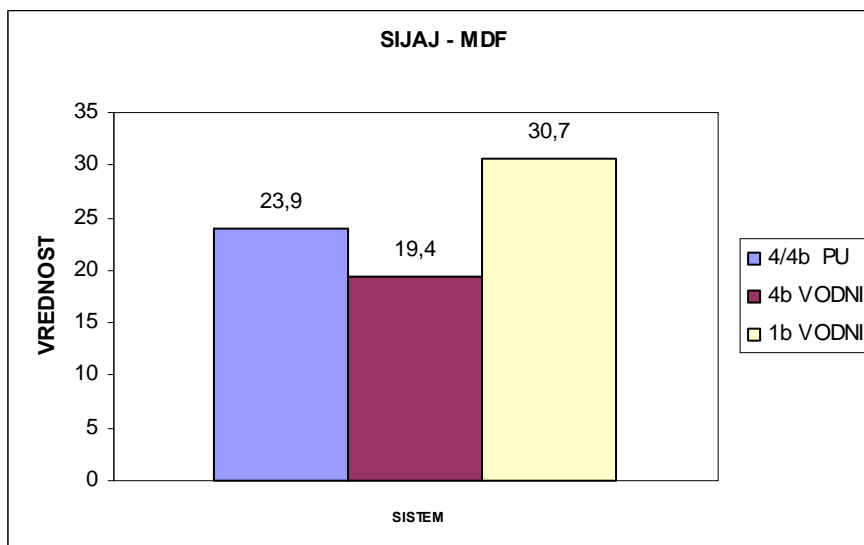
Sledi prikaz povzetka rezultatov meritev sijaja na vzorcih, izdelanih na podlagi MDF. Meritve smo opravljali na vzorcih, površinsko obdelanih s PU lakom enega proizvajalca in vodnimi sistemi treh proizvajalcev.

Preglednica 38: Vrednost sijaja PU laka – podlaga MDF

STAR SISTEM PU - SIJAJ		
Podlaga	Vzorec	Povprečje
MDF	4/4 b	23,9 %

Preglednica 39: Vrednost sijaja vodni lak – podlaga MDF

NOV SISTEM VODNI - SIJAJ		
Podlaga	Vzorec	Povprečje
MDF	4 b	19,4 %
MDF	1 b	30,7 %



Slika 22: Prikaz sijaja po sistemih na MDF ploščah

#### 4.6 OCENA EMISIJ HOS IN STROŠKOV LAKIRANJA PRI ZAMENJAVI PU LAKOV Z UV AC VODNIMI LAKI

V okviru testiranj smo opravili tudi meritve in finančne izračune na lakirni liniji Cefla, v primeru zamenjave PU laka z vodnimi laki. Za referenčno oziroma izhodiščno lakirano površino imamo podatek iz leta 2006 in ta je znašala 80000 m<sup>2</sup> polakirane površine.

Letna poraba pripravljene mešanice PU laka za omenjeno površino znaša 20000 kg, od tega je 10 % utrjevalca in 10 % redčila. Suhe snovi v tej zmesi je približno 24 %. Letna emisija HOS na porabo laka znaša 15200 kg. Cena laka znaša 58000 € / leto. Omenimo naj, da znaša nanos te zmesi 125 g/m<sup>2</sup>. Pri tem overspray ni upoštevan.

Primer 1:

Obravnavali smo možnost zamenjave PU laka z UV – AC akrilnim lakom. Za izhodišče primerjamo isto referenčno površino. V tem laku je suhe snovi približno 28 %, nanos pa znaša 85 g/m<sup>2</sup>. Letna poraba laka je 13605kg. V tem primeru znaša letna emisija HOS 9795 kg. Povratni lak, ki nastane zaradi čiščenja transportnega traku, lahko uporabimo kot temeljni lak.

Če se torej odločimo za zamenjavo PU laka z UV – AC lakom, bi podjetje zmanjšalo količine HOS za 5405 kg/leto, finančni prihranek pa bi znašal 4941 € / leto.

Primer 2:

Z zamenjavo obstoječega laka z enokomponentnim UV vodnim lakom pri izhodiščni polakirani površini dobimo naslednje rezultate: suha snov v pripravljene mešanici znaša 36 %. Nanos tega laka znaša 90 g/m<sup>2</sup>. Za enako polakirano površino porabimo 13488 kg laka na leto, letna emisija HOS pa znaša 8632 kg / leto. Cena laka pa znaša 37432 € / leto.

V tem primeru bi zmanjšali emisije za 6567 kg / leto, stroški lakiranja pa bi dosegli prihranek za 20568 € / leto.

## **5 RAZPRAVA IN SKLEPI**

### **5.1 RAZPRAVA**

#### **5.1.1 Debelina suhih filmov**

Opazili smo, da je debelina suhih filmov varirala, saj je povprečna debelina nanosa PU laka na bukovi podlagi znašala 0,9  $\mu\text{m}$ , medtem ko so povprečne debeline vodnih sistemov na bukovi podlagi znašale od 1,1  $\mu\text{m}$  – 1,2  $\mu\text{m}$ .

Sistemi na MDF ploščah imajo večjo debelino nanosa zaradi sestave laka, saj so bili ti sistemi beli prekrivni in je bila večja debelina filma posledica prisotnosti pigmentov v laku. Povprečna debelina za PU lak na MDF plošči je znašala 1,2  $\mu\text{m}$ , medtem ko so povprečne debeline za vodne sisteme znašale od 1,6  $\mu\text{m}$  – 2,2  $\mu\text{m}$ .

Večja debelina vodnih sistemov je pogojena tudi z večjim deležem suhe snovi, saj imajo ti laki večji delež filmotvornih komponent.

Debelina filmov je nihala verjetno tudi zaradi tega, ker so bili vsi nanosi naneseni ročno, s pištolo na lonček in z odprtino šobe 2 mm. Ugotovili smo, da debelina suhih filmov ne vpliva na oprijemnost, prav tako ni vplivala na odpornost proti razenju, ne na odpornost proti udarcem.

#### **5.1.2 Oprijemnost**

Rezultati oprijemnosti so pokazali, da sistemi z večjim nanosom nimajo višje oprijemnosti, saj podatek za debelino nanosa ni v sorazmerju z oprijemnostjo. Na oprijemnost vpliva kemična sestava laka in vezivo v njem, prav tako pa tudi priprava površine z brušenjem.

Rezultatov določanja oprijemnosti na MDF ploščah ni bilo smiselno primerjati, saj je odtrganje pečatov vedno potekalo po »podlagi«. Ta podatek nam pove, da je bila oprijemnost laka večja od kohezijske trdnosti plošče.

#### **5.1.3 Odpornost proti udarcem**

Ugotovili smo, da laki s tanjšim filmom prenesejo enake obremenitve kot laki z debelejšim nanosom. PU lak je imel skupno povprečno oceno odpornosti proti udarcem 3, debelina suhega filma je znašala 0,9  $\mu\text{m}$ . Enako vrednost smo določili tudi pri vodnem sistemu 1 a, v tem primeru je debelina znašala 1,1  $\mu\text{m}$ . Tudi pri tem testu smo ugotovili, da debelina nanosa ni v sorazmerju z odpornostjo proti udarcem.

Na odpornost proti udarcem vpliva tudi podlaga. To je bilo opazno pri MDF ploščah, saj smo utež spuščali z višine 100 mm. Za najboljši sistem se je izkazal lak 1 b, njegova debelina je znašala 1,6  $\mu\text{m}$ , skupna povprečna ocena odpornosti proti udarcem pa je imela vrednost 3.

#### **5.1.4 Razenje**

Pri testu odpornosti proti razenju na bukovi podlagi se je najbolje izkazal vodni sistem 3 a, saj je pri sili 11 N nastala raza (sled) širine 0,6 mm, medtem ko so ostali sistemi že pri nižjih silah razpokali.

Nasproten primer pa smo opazili na MDF ploščah. Omenili smo, da je podlaga odpornejša, saj smo pri sili 20 N dobili enake rezultate pri vseh sistemih. V teh primerih je bila sled široka 0,45 mm in je bila pri vseh sistemih enaka.

#### **5.1.5 Sijaj**

Sijaj je lastnost laka, ki ne vpliva na odpornostne lastnosti in samo uporabo laka. Zanimivo je, da naj bi laki po zagotovilih proizvajalcev dosegli 30 % sijaj, naši rezultati pa so od te vrednosti nerazumno odstopali.

Vzorec PU laka laka na bukovi podlagi je imel vrednost 43 % sijaj, medtem ko so vodni laki na bukovi podlagi imeli stopnjo sijaja od 15,3 % - 34,4 % .

Vzorec 4/4 b na MDF podlagi je imel stopnjo sijaja 23,9%, vzorci vodnega laka prav tako na MDF podlagi pa vrednosti od 19,4% - 30,7%

### **5.2 SKLEPI**

Dobljeni rezultati so pokazali, da proizvajalci lakov intenzivno raziskujejo, razvijajo in izboljšujejo vodne premazne sisteme, saj so ti sistemi ključnega pomena z okoljevarstvenega vidika in za zmanjšanje ogrožanja zdravja ljudi. Prihodnji razvoj lakov se bo gotovo nadaljeval v smeri vodnih disperzij in sistemov z višjo suho snovjo.

Ugotovili smo, da alternativni vodni laki, ki smo jih preizkusili, ne dosegajo vseh optimalnih lastnosti, vendar bi jih lahko zamenjali z vodnimi sistemi. Med proizvajalci in različnimi premaznimi sistemi so bile precejšnje razlike. Nekateri laki so tako npr. imeli sprejemljivo trdoto, drugi elastičnost. Kvaliteten lak naj bi imel dobro odpornost na obrabo, primerno trdoto in primerno elastičnost. Bolj odporni na obrabo so bolj elastični filmi. Trdota in elastičnost sta si nasprotni lastnosti. Zelo trd film je običajno krhek in slabše odporen na obrabo. Dvokomponentne vodne lake odlikujejo dobra elastičnost, trdota, velika mehanska odpornost in odpornost proti kemikalijam. Glede na dobljene rezultate in na naš asortiman izdelkov pa bi jih lahko zamenjali s starimi PU laki in bi s tem bistveno pripomogli k čistejšemu okolju.

Cena vodnih lakov je sorazmerno visoka in v marsikaterem primeru bi bila za zamenjavo obstoječih sistemov z vodnimi potrebna celovita preureditev lakirne tehnologije. Vodni sistemi povzročajo korozijo orodja, kar še dodatno poveča stroške lakiranja. Za uvedbo vodnih premazov v redno proizvodnjo je upravičeno pričakovanje od proizvajalcev lakov, da bodo znižali cene. Le tako bo možen uspešen in množičen prehod na vodne lake, v skladu z zahtevami evropske direktive o omejevanju uporabe in emisij hlapnih organskih spojin.

## 6 POVZETEK

Z vstopom Slovenije v Evropsko unijo (EU) se tudi pri nas uveljavlja vedno strožja okoljska zakonodaja. Za lesnoindustrijska podjetja je pomembna predvsem VOC direktiva o omejevanju emisij hlapnih organskih spojin. Tako je bila tudi v Sloveniji sprejeta uredba o emisiji hlapnih organskih spojin iz naprav, ki uporabljajo organska topila.

V diplomski nalogi smo želeli za izbrano podjetje ugotoviti, ali je mogoče s sedanjo tehnologijo in porabo pripravkov za površinsko obdelavo lesa izpolniti zahteve iz Uredbe o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila. V ta namen smo testirali poliuretanske lake in lake na vodni osnovi.

Eden izmed najpomembnejših korakov pri prehodu na vodne premaze je ugotavljanje primernosti njihovih lastnosti. Zato smo pri različnih možnih alternativnih vodnih premaznih sistemih določili oprijemnost, sijaj, odpornost proti razenju ter odpornost proti udarcem in izbrane lastnosti primerjali z lastnostmi poliuretanskih premazov na osnovi organskih topil.

Uporabljeni materiali so enaki, kot jih uporabljajo v proizvodnji. Tako smo vse lastnosti testirali na dveh podlagah in sicer: na surovi IVP plošči furnirani z bukovim furnirjem 0,5 mm; ter surovi MDF plošči lakirani v belo pokrivno barvo. Rezultat oprijemnosti na bukovi podlagi je sprejemljiv, saj je v večini primerov odtrganje pečata potekalo po podlagi in ne po debelini filma. Nasprotno rezultate smo dobili na MDF ploščah. Tu je odtrganje pečata vedno potekalo po podlagi. Rezultat oprijemnosti na bukovi podlagi je večji pri vodnih sistemih. Izstopal je vzorec z oznako 4 a vodni, saj je prav zaradi te lastnosti imel sistem najvišjo vrednost in znaša 3,61 MPa.

Odtrganje pečata na MDF podlagi je vedno potekalo po podlagi. Teh rezultatov ni smiselno ovrednotiti, saj niso reprezentativni, ker ne moremo določiti sile pri kateri se kemijske vezi v laku potrgajo.

Za odpornost proti razenju na bukovi podlagi se je najbolje izkazal vzorec z oznako 4 a vodni, saj smo pri sili 10 N dobili sled širine 0,6 mm, medtem ko so ostali vzorci pri nižjih silah že razpokali ali pa imeli sled širine nad 0,6 mm. V tem primeru se je za boljši premazni sistem izkazal vodni sistem.

Na MDF podlagi pa smo pri sili 20 N dobili enake rezultate, tako za PU lak, kot za vodne sisteme. Meritev širine sledi je v tem primeru znašala 0,45 mm.

Pri odpornosti proti udarcem na bukovi podlagi se je najbolje izkazal vzorec z oznako 1 a vodni, njegova povprečna ocena je znašala 3.

Na MDF ploščah pa je najboljšo oceno dobil vzorec z oznako 1 b vodni, v tem primeru je njegova povprečna cena znašala 3.

Sijaj ni v povezavi z odpornostnimi lastnostmi, zato smo te rezultate samo ovrednotili, da bi jih lahko primerjali med seboj. Proizvajalci so nam zagotovili, da imajo ti sistemi vrednost sijaja 30 %. Naše meritve so nerazumno odstopale.

Ugotovili smo, da so v primeru našega nabora izbranih premaznih izdelkov, novi vodni sistemi primerljivi z odpornostnimi lastnostmi, ki jih imajo stari poliuretanski laki, ki jih trenutno uporabljajo v proizvodnji. Tako se je za »najboljši« sistem izkazal vzorec z oznako 1 a vodni in 4 a vodni na bukovi podlagi. Na MDF podlagi pa se je najbolje izkazal sistem z oznako 1b vodni.

Prav tako lahko z gotovostjo trdimo, da se vodni laki izboljšujejo, saj so v primerjavi z rezultati testiranj iz prejšnjih let kakovostnejši. Njihova uporaba v lesarstvu že narašča, k čemur je največ prispevalo opuščanje nitroceluloznih lakov in lakov s kislinskim utrjevalcem. Testirani vodni premazi ustrezajo zahtevam tako slovenske kot tudi evropske direktive o zmanjšanju emisij hlapnih organskih spojin, a so žal še vedno predragi in poleg tega na obstoječih napravah povzročajo korozijo. Ob tem pa ne smemo zanemariti dejstva, da nakup dragih materialov z nizko vsebnostjo organskih topil po drugi strani zniža stroške odstranjevanja nevarnih odpadkov.

Običajno je za uvedbo drugačnih vhodnih materialov v procese potrebno spremeniti tudi tehnologije proizvodnje, kar bi v našem primeru lahko pomenilo le zamenjavo vrste brizgalne pištole ali pa tudi nakup novih strojev.



## 7 VIRI

Direktiva Sveta 1999/13/ES z dne 11. marca 1999 o omejevanju emisij hlapnih organskih spojin zaradi uporabe organskih topil v nekaterih dejavnostih in obratih

ISO 4211-5:1994 - Pohištvo – Preizkusi površin – 5. del: Ugotavljanje odpornosti proti razenju

Knehtl B., Mihevc M., Golob J., Erman F., 1990. Študij parametrov, ki vplivajo na sušenje in utrjevanje lakov. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 51 str.

Kotnik D. 2003. Površinska obdelava v izdelavi pohištva. 2. dopolnjena izdaja. Brezovica, Finitura, 2003, 184 str.

Oblak L. 2002. Ekologija – Pomen, prednosti in koristi uvajanja ekologije v podjetje  
[http://www.gzs.si/slo/panoge/zdruzenje\\_lesarstva/strokovna\\_podrocja/ekologija/6818](http://www.gzs.si/slo/panoge/zdruzenje_lesarstva/strokovna_podrocja/ekologija/6818)

Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu. Ur. l. RS, št. 100/2001

SIST ISO 4211-4:1995 - Pohištvo – Preizkusi površin – 4. del: Ugotavljanje odpornosti proti udarcu

SIST EN ISO 4624:2002 - Barve in laki – Merjenje oprijema z metodo odtrganja filma

SIST EN ISO 2808:1999 - Barve in laki – Ugotavljanje debeline plasti

SIST EN ISO 2813:1999 - Barve in laki – Določevanje sijaja neefektivnih premaznih sredstev pod koti 20°, 60° in 85°

Uredba o mejnih vrednostih emisije halogeniranih hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila. Ur. l. RS, 112/2005.

Uredba o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak, v katerih se uporabljajo organska topila. Ur. l. RS, 112/2005.

## 8 ZAHVALA

Zahvaljujem se prof. dr. Marku Petriču za vodenje in pomoč pri pisanju diplomskega dela in recenzentu doc. dr. Milanu Šerneku. Zahvala gre tudi Borutu Kričeju in Matjažu Pavliču za pomoč pri eksperimentalnem delu.

Prav tako se zahvaljujem podjetju za vzorce, katere so mi pripravili. Zahvala univ. dipl. ing. Miranu Hriberniku za pomoč in gradivo, Damjanu Durnu za koordinacijo vzorcev in ga. Darji Terbižan za lakiranje.

Iskrena zahvala pa gre mojim staršem, ki so mi stali ob strani ter me podpirali in vzpodbujali skozi vsa leta študija.

Hvala vsem, ki ste kakorkoli pripomogli pri nastajanju te diplomske naloge.