

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Peter ŠTERBENC

**EVIDENTIRANJE IN ANALIZA NAPAK PRI  
POVRŠINSKI OBDELAVI STOLOV IN MIZ**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Peter ŠTERBENC

**EVIDENTIRANJE IN ANALIZA NAPAK PRI POVRŠINSKI  
OBDELAVI STOLOV IN MIZ**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij

**RECORDING AND ANALYSIS OF DEFECTS DURING THE  
SURFACE TREATMENT OF CHAIRS AND TABLES**

GRADUATION THESIS  
Higher professional studies

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Pripravljeno je bilo v podjetju Novoles d.d. in v Laboratoriju za obdelavo površin na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin Oddelka za lesarstvo na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja imenoval prof. dr. Marka Petriča, za somentorja asist. dr. Matjaža Pavliča, za recenzenta pa izr. prof. dr. Milana Šerneka

Mentor: prof. dr. Marko Petrič

Somentor: asist. dr. Matjaž Pavlič

Recenzent: izr. prof. dr. Milan Šernek

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Peter Šterbenc

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Vs  
DK UDK 630\*829.1  
KG pohištvo/obdelava površin/površinski premaz/napake  
AV ŠTERBENC, Peter  
SA PETRIČ, Marko (mentor)/PAVLIČ, Matjaž (somentor)/ŠERNEK, Milan  
(recenzent)  
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, C. VIII/34  
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo  
LI 2012  
IN EVIDENTIRANJE IN ANALIZA NAPAK PRI POVRŠINSKI OBDELAVI  
STOLOV IN MIZ  
TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)  
OP VIII, 34 str., 1 preg., 21 sl, 5 vir.  
IJ sl  
JI sl/en  
AI V podjetju, ki se ukvarja z izdelovanjem stolov in miz, so pri površinski obdelavi naleteli na problem pojavljanja napak, ki pa niso bile povezane le z delom in materiali v lakirnici, ampak s celotno proizvodnjo. Ker je število teh napak v zadnjem času naraščalo, je bilo potrebno evidentirati vrsto napak in pogostnost njihovega pojavljanja, poiskati vzroke za njihov nastanek ter predlagati, kako jih odpraviti oziroma popraviti. V enomesečnem obdobju smo v lakirnici dnevno spremljali, katere napake se pojavljajo in koliko jih je. Ugotovili smo, da se na približno 7 % izdelkov pojavijo različne napake. Pridobljeni rezultati so pokazali, da se kot napaka največkrat pojavljajo razpoke v lesu. Predlagamo, da je napake potrebno odpraviti, če je le možno, tam kjer nastanejo, torej v različnih oddelkih tehnološkega procesa izdelave in ne šele na koncu pri površinski obdelavi, ko se napake pokažejo. Vsaj nekatere napake bi bilo namreč možno odpraviti že pred začetkom površinske obdelave in ne bi toliko ovirale dela v lakirnici kot sedaj. Vsi ukrepi, ki so bili po raziskavi sprejeti, so pripomogli, da se je število napak v lakirnici pričelo zmanjševati.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Vs  
DC UDC 630\*829.1  
CX furniture/surface treatment/surface coating/defects  
AU ŠTERBENC, Peter  
AA PETRIČ, Marko (supervisor)/PAVLIČ, Matjaž (co-supervisor)/ŠERNEK, Milan (reviewer)  
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, C. VIII/34  
ZA University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology  
PY 2012  
TI RECORDING AND ANALYSIS OF DEFECTS DURING THE SURFACE TREATMENT OF CHAIRS AND TABLES  
DT Graduation thesis (Higher professional studies)  
NO VIII, 34 p., 1 tab., 21 fig., 5 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB In the company which produces chairs and tables, we encountered the problem of appearance of defects during the surface finishing process, which were not only related to the work and materials used in the Wood Finishing Department. Due to the fact that the number of the defects had increased recently it was necessary to record the type of defects and the frequency of their emergence, to find the reasons for them and to suggest how to eliminate or correct them. Over the period of one month, the type and the number of defects occurring in the Wood Finishing Department were monitored daily. It was found out that the variety of defects occurred on approximately seven percent of products. The results obtained proved that cracks in the wood occurred most frequently. We suggest that the defects should be eliminated, if possible, where they first appear, i.e. in different sections during the technological process and not only at the end, during surface treatment, when the defects are made evident. It would be possible to eliminate some defects before surface treatment is carried out, so the work in the Wood Finishing Department would not be impeded as much as it is at present. All the measures which were taken after the monitoring have contributed to the decrease of defects in the Wood Finishing Department.

## KAZALO VSEBINE

<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 slik</b>	<b>VII</b>
<b>Kazalo preglednic</b>	<b>VIII</b>

	str.
<b>1 UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA .....	2
<b>2 PREGLED OBJAV</b> .....	<b>3</b>
2.1 POVRŠINSKI PREMAZI .....	3
2.2 LUŽILA .....	3
<b>2.2.1 Vodna lužila</b> .....	<b>3</b>
2.2.1.1 Vodna lužila s poliakrilatnim (akrilnim) vezivom .....	4
2.2.1.2 Dvigovanje lesnih vlaken pri luženju z vodnimi lužili .....	4
2.2.1.3 Načini nanosa vodnih lužil .....	5
2.2.1.3.1 Valjni stroj za nanos lužila .....	5
2.2.1.3.2 Potapljanje .....	6
2.2.1.3.3 Oblivanje .....	6
2.2.1.3.4 Brizganje .....	6
<b>2.2.2 Kemična lužila</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2.3 Lužila na osnovi organskih topil</b> .....	<b>7</b>
2.3 KONČNI IN TEMELJNI POVRŠINSKI PREMAZI .....	8
<b>2.3.1 Vodni laki</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3.2 Poliuretanski laki (PU)</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3.3 Nitrocelulozni laki</b> .....	<b>10</b>
<b>2.3.4 Poliestrski laki</b> .....	<b>10</b>
<b>2.3.5 Poliakrilatni (akrilni) laki</b> .....	<b>11</b>
2.4 TEHNIKE NANAŠANJA LAKOV Z RAZPRŠEVANJEM .....	11
<b>2.4.1 Zračno brizganje</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4.2 Brezzračno (airless) brizganje</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4.3 Kombinirano zračno - brezzračno (airmix) brizganje</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4.4 Brizganje HVLP</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4.5 Razprševanje z rotacijskimi napravami</b> .....	<b>13</b>
<b>2.4.6 Elektrostatsko brizganje</b> .....	<b>13</b>
<b>2.4.7 Toplo in vroče brizganje</b> .....	<b>13</b>
<b>2.4.8 Robotizirano brizganje</b> .....	<b>13</b>
2.5 TEHNIKE ROČNEGA BRIZGANJA .....	14
<b>3 MATERIALI IN METODE</b> .....	<b>15</b>
3.1 MATERIAL .....	15
3.2 METODE DELA .....	15

<b>4</b>	<b>REZULTATI IN RAZPRAVA</b> .....	16
4.1	EKONOMSKI POGLED .....	16
4.2	VRSTE NAPAK.....	16
4.2.1	<b>Razpoke v lesu</b> .....	18
4.2.2	<b>Neprilepljen furnir</b> .....	19
4.2.3	<b>Zatrgana površina</b> .....	20
4.2.4	<b>Prebrušeni robovi</b> .....	21
4.2.5	<b>Preboj lepila na furniranih ploščah</b> .....	22
4.2.6	<b>Nezaprti spoji</b> .....	23
4.2.7	<b>Poškodovana površina sedeža iz vezane plošče</b> .....	23
4.2.8	<b>Poškodovan rob, vogal mizne plošče</b> .....	24
4.2.9	<b>Različni barvni toni</b> .....	25
4.2.10	<b>Reliefna površina</b> .....	26
4.2.11	<b>Sledi žaginega lista</b> .....	27
4.2.12	<b>Odtisi na površini</b> .....	28
4.2.13	<b>Grče in sledovi insektov</b> .....	28
4.3	POPRAVILO NAPAK.....	29
4.3.1	<b>Popravilo s kitanjem</b> .....	29
4.3.2	<b>Popravilo z voskom</b> .....	30
<b>5</b>	<b>SKLEPI</b> .....	32
5.1	SPREJETI UKREPI .....	32
<b>6</b>	<b>POVZETEK</b> .....	33
<b>7</b>	<b>VIRI</b> .....	34

## KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Razpoke v lesu .....	18
Slika 2: Neprilepljen furnir .....	19
Slika 3: Zatrgana površina .....	20
Slika 4: Zatrgan rob .....	20
Slika 5: Prebrušen rob .....	21
Slika 6: Preboj lepila .....	22
Slika 7: Poškodovana površina sedeža iz vezane plošče .....	23
Slika 8: Poškodovan vogal plošče .....	24
Slika 9: Poškodovan rob plošče .....	24
Slika 10: Različni barvni toni .....	25
Slika 11: Reliefna površina .....	26
Slika 12: Sledi žaginega lista .....	27
Slika 13: Odtisi na površini .....	28
Slika 14: Nanos kita .....	29
Slika 15: Obrušen kit .....	29
Slika 16: Prikaz poškodbe praske .....	30
Slika 17: Barvanje praske .....	30
Slika 18: Nanašanje voska .....	31
Slika 19: Odstranjevanje voska .....	31
Slika 20: Prilagajanje barve .....	31
Slika 21: Lakiranje .....	31



## KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Napake, nastale v proizvodnji lakiranja stolov in miz, pri enomesečnem spremljanju .....	17

## 1 UVOD

Zaradi neugodnih gospodarskih razmer se današnja lesna industrija spopada s problemi kot so upad naročil, majhna učinkovitost, nedoseganje zastavljenih rokov in kvalitete, slabo izkoriščanje materiala in delovnega časa. Podjetja se trudijo na vse možne načine čim hitreje in z nizkimi stroški proizvodnje svoje proizvode ponuditi kupcem. Le-ti pa danes postajajo vse bolj zahtevni in ne čakajo le na to, kakšen proizvod jim bo podjetje ponudilo, ampak želijo v razvoju le-teh tudi aktivno sodelovati.

Pri doseganju ciljev se podjetja v svojem proizvodnem procesu spopadajo z mnogimi problemi. V tehnološkem postopku izdelave pohištva ima velik pomen površinska obdelava, ki ima poleg oblikovanja zelo velik vpliv na končni proizvod in je od nje močno odvisna tudi prodaja izdelkov.

Pojem površinska obdelava (Kotnik, 2003) obsega vse faze tehnološkega procesa, v katerem po določenem sistemu površino izdelka oplemenitimo z brušenjem in glajenjem, z nanašanjem najrazličnejših tekočih ali pastoznih, barvnih ali brezbarvnih premaznih sredstev, s sušenjem oziroma utrjevanjem in morebiti tudi s končnim poliranjem ali drugačno dodelavo končne lakirane površine. S tem dosežemo, da dobi površina izdelka želene in potrebne dekorativne lastnosti, kot so barva, videz, otip in do neke mere zaščitne lastnosti proti mehanskim poškodbam in fizikalno kemijskim vplivom okolja, ki se pojavijo med uporabo pohištva. Naloge površinske obdelave so, da poudarjajo naravno lepoto lesa, zaščitijo površino pred klimatskimi, mehanskimi in kemičnimi vplivi, povečajo tržno vrednost izdelkov in omogočajo lažje čiščenje in vzdrževanje izdelkov.

Ker pa imajo kupci vedno več želja po različnih barvah in materialih, so serije izdelkov vse manjše, zato je posebej pomembno, da površinsko obdelavo izvedemo brez napak in da postopkov obdelave ni potrebno ponavljati.

## 1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

V svoji diplomski nalogi bom izpostavil problem napak, ki nastajajo med postopkom površinske obdelave. Prav tako bom za nekatere najbolj pogoste napake predlagal, kako se jim izogniti in/ali jih popraviti.

Za obravnavo napak v svoji nalogi sem se odločil, ker sem kot tehnolog za površinsko obdelavo v podjetju opazil, da število napak glede na proizvodnjo narašča. Tako sem opazil, da na delovnem mestu za popravilo napak delavec, ki je bil zadolžen za popravilo, ni več zmožgel popraviti vseh napak, kljub temu, da se proizvodnja ni nič povečevala. Prvi korak je bil, da sem napake evidentiral. Iz evidence je bilo razvidno da vse napake ne izhajajo iz lakirnice, ampak je njihov izvor nekje drugje. Zato sem iz pridobljene evidence napak, začel raziskovati kje je posamezna napaka nastala. Začel sem z napakami, ki so se ponovile največkrat in končal s tistimi, ki so se ponovile najmanjkrat.

Velik delež pri obdelavi in možnem pojavljanju napak ima tudi priprava površine pred površinsko obdelavo in med njo:

- brušenje na začetku procesa,
- glajenje luženih površin pred lakiranjem (kadar delamo z vodnimi laki),
- brušenje, glajenje in odpraševanje filma temeljnega laka (ta operacija se lahko tudi večkrat ponovi, če je v sistemu izvedenih več nanosov temeljnega laka),
- brušenje in poliranje končnega filma na visok sijaj,
- fino brušenje končnega filma na želeno motnost.

Med naštetimi pripravljalnimi operacijami površinske obdelave lahko torej pride do nastanka napak, ki jih je potrebno popraviti, da zagotovimo lesu optimalno zaščito in trajnost. Seveda pa lahko napake nastanejo tudi med dovrševalnimi deli, kot sta nanašanje premazov in njihovo utrjevanje ali sušenje

Cilj diplomske naloge je, da se z analizo in evidentiranjem napak poišče vzroke za njihov nastanek. S sprejetimi ukrepi pa naj bi se njihovo pojavljanje zmanjševalo v vseh fazah tehnološkega procesa in ne šele pri površinski obdelavi kot je to bilo do sedaj.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 POVRŠINSKI PREMAZI

Premazna sredstva se delijo na (Kotnik, 2003):

- lužila,
- temeljne barve,
- kiti in polnilci por,
- brezbarvni temeljni in končni laki,
- pigmentirani laki,
- brezbarvni lazurni temeljni in končni laki.

### 2.2 LUŽILA

V površinski obdelavi imajo lužila vlogo, da na površini z njimi dosežemo želeno barvno sliko, izenačimo barvno raznolikost in teksturo lesa. Z lužili želimo doseči tudi, da bi bila barva čim bolj obstojna in da bi se med izpostavitvijo UV svetlobi čim manj spreminjala. Imamo več vrst lužil, vendar se danes zaradi okoljevarstvenih vidikov najbolj uporabljajo vodna lužila.

#### 2.2.1 Vodna lužila

Vodna lužila so 5 % do 10 % disperzije sintetičnih barvil, redko z dodatkom transparentnih pigmentov in v vodni raztopini zelo razredčenega vezivnega sredstva (Kotnik, 2003). Vsebujejo tudi pomožna sredstva za izboljšanje dispergiranja, za manjše usedanje in počasnejši biološki razkroj. Lastnosti starejših vodnih lužil se zaradi fizikalno kemijskih in bioloških procesov dokaj hitro spremenijo, zato taka lužila pripravljamo tik pred uporabo. Če lužilo nanašamo z umakanjem, je priporočljivo, da v posodo večkrat na dan dolijemo lužilo, škodi pa ne tudi dodatek konzervansa. Proizvajalci vodna lužila dobavljajo v prahu, ki ga pred uporabo raztopimo v vodi. Kako bomo lužilo nanašali, je odvisno od oblike obdelovanca. Za ravne površine je najprimernejši valjni postopek nanašanja, ki mu sledi strojno krtačenje, da bolj enakomerno porazdelimo lužilo. Pri tridimenzionalnih izdelkih lužilo nanašamo z gobo, z umakanjem, z oblivanjem ali z brizganjem s prebitkom in z naknadnim brisanjem lužila. Z brizganjem brez prebitka sicer dosežemo barvno bolj izenačeno površino, vendar pa hkrati zmanjšamo vidnost teksture lesa in povzročimo možnost slabega oprijema laka, zato taka metoda ni priporočljiva .

Prednosti vodnih lužil:

- ker je topilo voda, so ekonomična,
- nizek negativni vpliv na okolje,
- zelo dobro barvanje in doseganje različnih barvnih slik,
- enostavno čiščenje nanašalne opreme,
- niso eksplozijsko nevarna.

Pomanjkljivosti vodnih lužil:

- kratkotrajna uporabnost pripravljenih lužil,
- močno dvigajo lesna vlakna in povečajo hrapavost,
- slab oprijem laka, če obdelovancev po luženju ne osušimo dovolj,
- slabša svetlobna obstojnost barve,
- posode in delovne naprave morajo biti iz nerjavečih materialov.

#### 2.2.1.1 Vodna lužila s poliakrilatnim (akrilnim) vezivom

Vodna lužila z akrilnim vezivom so lužila, izdelana iz pigmentnih preparacij, akrilnega veziva, vode in sredstva za konzerviranje in proti penjenju. Prednost teh lužil je v tem, da sta nabrekanje lesa in dvigovanje lesnih vlaken zanemarljiva. Sušenje takšnih lužil je hitrejše kot pri običajnem vodnem lužilu. Vodno lužilo s poliakrilatnim vezivom naredi sloj, ki je kvalitetnejši od lužene podlage, ki jo dobimo z uporabo drugih vrst lužil, saj se lak na takšno podlago manj vpija. Vodna lužila z akrilnim vezivom so dražja, vendar je njihova kvaliteta boljša. Izbira barv je pri vodnih lužilih s poliakrilatnim vezivom velika, saj je možno dobiti tudi razne pastelne odtenke, česar z običajnimi vodnimi lužili ne moremo doseči.

#### 2.2.1.2 Dvigovanje lesnih vlaken pri luženju z vodnimi lužili

Pogost in nezaželen efekt pri uporabi vodnih lužil je dvigovanje lesnih vlaken. Nabrekanje lesnih vlaken se kaže v grobi površini. Da to napako na izdelku odpravimo, se največkrat zahteva dodatno brušenje.

Faktorji, ki najpogosteje vplivajo na dvigovanje lesnih vlaken so:

- vrsta in kvaliteta lesa,
- vrsta in kvaliteta koalescentnega topila,
- vrednost pH,
- vsebnost suhe snovi,
- površinska napetost,
- način in hitrost sušenja,
- velikost delcev veziva,
- viskoznost,
- način nanašanja,
- topnost polimera,
- minimalna temperatura, ki je potrebna za tvorbo filma.

Standardizirana preskusna metoda za oceno pojava dvigovanja lesnih vlaken ne obstaja, zato ga ocenjujemo vizualno.

Praktične izkušnje pri uporabi vodnih lužil kažejo, da je zelo pomembna priprava lesne površine. Z večkratnim brušenjem z brusnimi papirji granulacije med 80 in 180 lahko dvig lesnih vlaken zmanjšamo na minimum.

### 2.2.1.3 Načini nanosa vodnih lužil

#### 2.2.1.3.1 Valjčni stroj za nanos lužila

Nanašalni agregat z istosmernim vrtenjem valjev je osnovni del. Nanašalne lastnosti so odvisne od vrste oziroma trdote obloge nanašalnega valja. Tračni transporter, ki služi za transport, ima možnost nastavitve hitrosti. Uporabljajo se predvsem za nanos lužil na ploskovno pohištvo. Za izboljšanje luženja lahko k osnovni postavitvi dodajamo še druge agregate (Kotnik, 2003).

Na vhodnem delu stroja, pred nanašalnim agregatom je nameščena krtača za čiščenje obdelovancev. V sestavo stroja je vključena le, če pred njim ni predvidena postavitev brusilnika za fino brušenje in čiščenje.

Krtače za utiranje lužila v pore, ki so izdelane iz tankih sintetičnih vlaken, imajo lasten pogon, nameščene pa so prečno ali poševno na smer gibanja obdelovancev. Največkrat so na stroju za luženje nameščene dve ali tri krtače za utiranje lužila. Izdelane so v obliki izvlečnega agregata, ker je zaradi pranja potrebna pogosta menjava.

Trak za brisanje lužila, iz vpojnega papirja, se počasi previja z enega na drugi navijalni valj. Med obema valjema je pritisni čevelj, ki pritiska trak ob površino luženih plošč, s katerih odstranjuje odvečno lužilo. Trak za brisanje lužila je nameščen za krtačami.

#### 2.2.1.3.2 Potapljanje

Potapljanje se uporablja predvsem za nanos lužil na obdelovance paličaste oblike ali na manjše sklope, kot so končnice postelj, deli stolov in na razne galanterijske izdelke. Manjše izdelke ponavadi obesimo na transporter, kar omogoča hitrejše luženje v globoki in ozki kadi, medtem ko večje izdelke kot so stoli, potapljamo posamično in jih ponavadi ročno obračamo v široki in plitvi kadi. Odvečno lužilo, ki kaplja na odkapljalno ploščo, ponavadi teče neposredno nazaj v kad ali pa v manjši zbirnik

#### 2.2.1.3.3 Oblivanje

Ta postopek je pogosto alternativa potapljanju. V polodprtih napravah za oblivanje premazna sredstva nanašamo v obliki slabo razpršenih curkov, predvsem na izdelke iz polnega lesa najrazličnejših oblik. Ta postopek je še posebej smiseln pri oblivanju izdelkov večjih dimenzij, pri katerih bi bila potrebna velika kad za potapljanje. Sistem za oblivanje je sestavljen iz transporterja za obešanje obdelovancev in naprave za oblivanje. Gibanje obdelovancev je lahko kontinuirano ali pa prekinjeno, to je odvisno od izvedbe naprave.

#### 2.2.1.3.4 Brizganje

Najbolj univerzalen način za luženje in lakiranje pohištvenih izdelkov vseh oblik in velikosti je nanašanje premaznih sredstev z razprševanjem. Ta način nanašanja je precej razširjen, je pa tudi ekonomsko in okoljsko precej sporen. Postopek temelji na razprševanju premaznega sredstva v oblak drobnih kapljic, ki ga na različne načine usmerimo proti obdelovancu. Kapljice, ki padejo na obdelovanec, se zlijejo v film. Poznamo več načinov brizganja, med katerimi sta najpomembnejša (Kotnik, 2003):

- zračno razprševanje,
- brezračno – zračno razprševanje.

### 2.2.2 Kemična lužila

Enokomponentna in dvokomponentna kemična lužila uporabljamo za doseganje pozitivne barvne slike na strukturnih in/ali primerno brušenih izdelkih iz mehkih lesov. Pri dvokomponentnem lužilu se komponenti nanašata ločeno z brizganjem ali mazanjem, najprej predlužilo, ki vsebuje tanin ali podobne kemične snovi, nato pa še lužilo, ki vsebuje kovinske soli (Cu, Zn), oksidant (vodikov peroksid) in amoniak. V kemijski reakciji s predlužilom nastaja barvilo na površini lesnih vlaken. Ta lužila se zaradi škodljivosti okolju opuščajo.

Sodobnejša so enokomponentna lužila s pozitivnim barvnim učinkom ali videzom »dimljene« površine, ki jih nanašamo z brizganjem s prebitkom (na mokro) in ne vsebujejo soli težkih kovin. Ker se barvilo pri teh lužilih razvije s kemijsko reakcijo šele na površini izdelka, teh lužil do nekaj ur (3 do 4) ne smemo pospešeno sušiti (Jaič, 2000).

### 2.2.3 Lužila na osnovi organskih topil

Lužila na osnovi organskih topil so raztopine sintetičnih barvil (0,5 % do 3 %) in/ali disperzije transparentnih pigmentov (3 % do 10 %) v zelo razredčeni raztopini veziva v organskih topilih, z dodatki raznih pomožnih sredstev (Kotnik, 2003). Večinoma jih dobavljajo že pripravljene za nanašanje ali pa jih izdelajo v višji koncentraciji, nakar jih pred uporabo po potrebi razredčimo. Z medsebojnim mešanjem različnih tonov istovrstnih lužil je možno pripraviti vmesne, individualne odtenke. Izdelujejo jih v številnih različnih vrstah, kot so npr.:

- pigmentna lužila za enakomerno in čisto barvanje trdih lesov, 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 lesna vlakna.



## 2.3 KONČNI IN TEMELJNI POVRŠINSKI PREMAZI

Površinski premaz je material, ki ga naneseemo na površino, na kateri tvori film z namenom da polepša in zaščiti površino.

### 2.3.1 Vodni laki

Vodni laki so danes, zaradi okoljevarstva, laki, na katerih bo v prihodnje slonela površinska obdelava. So skupina z vodo razredčljivih lakov, pri katerih se uporabljajo najrazličnejše vrste veziv, z manjšo vsebnostjo organskih topil ali celo brez njih, ki so dispergirana v redčilu – vodi. Disperzijske lake razredčujemo z vodo. Stopnja razredčenja je pri nekaterih omejena na določeno razmerje, pri drugih pa neomejena. Vsi ti laki vsebujejo v svoji sestavi 2 % do 10 % težje hlapnih organskih topil, od 30 % do 70 % snovi, ki tvorijo filme, ostalo pa je ceneno in okolju prijazno redčilo – voda. Po velikosti delcev veziva se razvrščajo v raztopinske, koloidno disperzijske in emulzijske lake.

Sušenje in utrjevanje vodnih lakov se izvaja fizikalno, z eventualnim nadaljnjim sevalnim ali kemijskim utrjevanjem. Pri fizikalno sušičih se lakih najprej izparijo organska topila, nato pa še voda. Med izparevanjem organskih topil in vode poteka še proces zlivanja vedno bolj koncentriranih kapljic dispergirane polimernega veziva v homogen film. Za pravilen potek procesa je potrebna določena minimalna temperatura laka, zraka in obdelovanca, ki je za večino vodnih lakov vsaj 18 °C. Pri nižjih temperaturah ostanejo v filmu vključki vode, kar povzroči sivo motnost filma. Zaradi tega in zaradi znatnega pospeševalnega učinka, je najprimernejše sušenje pri povišani temperaturi ali z IR sevanjem. Za hitro sušenje se uspešno uporablja tunele z mikrovalovnimi generatorji ali z agregati, ki sušijo zrak v sušilniku na relativno vlažnost pod 10 %. Novost so mikrovalovni sušilniki, ki film laka tako hitro osušijo od znotraj, da se lesna vlakna ne uspejo dvigniti. Najbolj primerna količina posameznega nanosa laka je med 80 g/m<sup>2</sup> in 100 g/m<sup>2</sup>. Sušenje posameznega nanosa traja med dvema in trema urama pri normalnih pogojih, če pa so pogoji boljši, je sušenje krajše, in obratno. Predogrevanje obdelovancev ima ugoden učinek na zmanjševanje hrapavosti temeljnega filma, saj se zaradi hitrejšega sušenja prosta lesna vlakna manj dvignejo nad površino, izboljša pa se tudi razlivanje laka.

Prednosti vodnih lakov:

- ekološko prijaznejši,
- eksplozijsko in požarno varnejši,
- možnost čiščenja in redčenja z vodo,
- so skoraj pH nevtralni,
- imajo blag vonj,
- ne porumenijo.

Slabosti vodnih lakov:

- površinska napetost,
- dvigovanje lesnih vlaken,
- delež suhe snovi.

### 2.3.2 Poliuretanski laki (PU)

Poliuretanski laki so danes pomembna skupina eno in dvokomponentnih reakcijskih lakov s srednjevisoko vsebnostjo filmotvorne snovi (30 % do 60 %). Brezbarvni laki tvorijo na lesni površini polne filme z zelo dobro oprijemnostjo, trajno elastičnostjo, žilavostjo in površinsko trdoto. Motni laki imajo zelo lep, enakomeren lesk in gladek mehak otip. Temeljni laki se dobro brusijo, sijajni laki imajo zelo visok sijaj, le po trdoti zaostajajo za poliestrskimi laki. Z dvokomponentnimi laki obdelujemo najkakovostnejše pohištvo iz furniranih plošč, masivnega lesa in MDF plošč. Enokomponentni laki pa se zaradi enostavne priprave uporabljajo za lakiranje parketa, vrat iz masivnega lesa in v mizarskih delavnicah. Na splošno so poliuretanski laki trajno elastični, imajo dobro adhezijo na les, so zelo trajni, nezahtevni za utrjevanje.

Poliuretanske izolacije so nizkoviskozni brezbarvni laki, z manjšo vsebnostjo suhe snovi, ki jih nanašamo na nekatere vrste lesa pred nadaljnjo obdelavo s poliestrskimi laki. S tem se zmanjša škodljiv vpliv nekaterih sestavin lesa na potek utrjevanja poliestrskih lakov oz. izboljša oprijem le-teh na površino.

Prednosti PU lakov

- ustvarjajo trde in hkrati elastične filme,
- so odporni proti udarcem, obrabi, vremenskim vplivom in kemikalijam,
- ustvarijo debelejšje filme, kar omogoča kakovostno obdelavo z manjšim številom nanosov,
- zaradi visoke vsebnosti suhe snovi sodijo med okolju prijaznejše sisteme,
- čas sušenja je razmeroma kratek (od 1 ure do 4 ur v normalnih razmerah),
- možnost doseganja različne stopnje sijaja,
- odporni proti vodi in različnim kemikalijam,
- dober oprijem na podlago,
- filmi se odlikujejo po dobri trajnosti,
- okrepijo teksturo lesa,
- možnost lakiranja na zaprte ali odprte pore,
- dobra vezava pigmentov.

#### Slabosti PU lakov

- čas uporabe mešanice (pot life) znaša samo od 2 ur do 8 ur,
- občutljivi so na zračno vlago (problem pri skladiščenju),
- visoka cena,
- nagnjenost k rumenenju.

### 2.3.3 Nitrocelulozni laki

Nitroceluloza oziroma celulozni nitrat je celulozni ester dušikove kisline, ki nastane pri nitriranju bombaža in lesne celuloze. Nitriranje je uvajanje nitro skupine v organsko substanco z zmesjo koncentrirane dušikove in žveplove kisline. Zaradi krhkosti nitroceluloznega filma tem lakom dodajajo mehčala, dodatno pa lake izboljšajo z alkidnimi in tudi drugimi smolami. Prej naštetim sestavinam dodajo še topila in sredstva za povečanje brusnosti, za motnenje laka. Dobre lastnosti teh lakov so: dobro omakanje površine, s čimer poživijo barvo in teksturo lesa, hitrost sušenja, brusnost, enostavnost priprave in popravila lakiranih površin. Slabe lastnosti so, da danes ne morejo več dosegati zahtevanega nivoja kvalitete površine in vsebujejo velik delež topil, ki med utrjevanjem izhajajo v ozračje.

### 2.3.4 Poliestrski laki

So pomembna skupina reakcijskih lakov, pri katerih nastaja iz nizkoviskoznih izhodiščnih tekočih komponent, ki vsebujejo le malo izparljivih topil, na površini obdelovancev debel, netopen, mehansko in kemijsko zelo odporen film polimera. Le-ta nastane z reakcijo kopolimerizacije. Ena od komponent v parafinskem tipu laka je tudi parafin, ki v začetku utrjevanja izplava na površino, kjer tvori tanek film, ki prepreči dostop kisika do utrjujočega polimera. Zračni kisik namreč zavira reakcijo utrjevanja, površina filma bi ostala neutrnjena, mehka, lepljiva. Zato se uporabljajo različne vrste parafinov. Pri brezparafinskih lakih so poleg nenasičene poliesterske smole dodana še razna veziva, stiren in druga topila ter pomožna sredstva za izboljšanje površinskih lastnosti. UV utrjujoči poliestrski laki imajo poleg običajne sestave dodan še fotoiniciator, ki pri obsevanju z UV svetlobo povzroči v obsevanem filmu reakcijo kopolimerizacije. Ti laki imajo dobro oprijemnost (razen na nekaterih temno obarvanih lesovih in lesovih z mastno ali smolnato površino), ugodne mehanske in kemijske lastnosti. Slabost je le odpornost proti svetlobi. Ti laki se uporabljajo za zelo sijajno pohištvo.

### 2.3.5 Poliakrilatni (akrilni) laki

Akrilni laki spadajo v novejšo skupino lakov. Uporaba akrilnih in akrilkopolimernih smol v sestavi lakov občutno izboljša tehnične lastnosti. Bistvena sestavina je poliakrilna smola, ki je lahko različno sestavljena. Čiste poliakrilne smole so polimeri akrilnih in metakrilnih spojin, običajno so to estri. Pogosto pa vsebujejo še monomere (stiren in viniltoluen). Tehnične lastnosti poliakrilatnih smol so odvisne od tipa uporabljenih izhodnih snovi. Polimer akrilne kisline je veliko mehkejši od metakrilne kisline. Trdota polimera je odvisna od dolžine in razvejanosti alkohola v estru. Z ustrezno kombinacijo monomerov je možno izdelati zelo raznovrstne poliakrilate. Izredno kemijsko in svetlobno odpornost imajo čisti poliakrilatni filmi, saj podobno kot pleksi steklo ne absorbirajo UV svetlobe in praktično ne porumenijo. V alkoholnih medijih in v vodi ne hidrolizirajo. Nizkomolekularne poliakrilne smole se uporabljajo v obliki raztopin in so prisotne v organskih topilih. Sposobne so samozamreženja pri povišani temperaturi ali z dodatkom kisline in so termoplastične. V dvokomponentnih lakih se kot reakcijske komponente v utrjevalcih uporabljajo melaminske smole ali izocianati. Akrilnosmolne disperzije imajo veliko nižjo stopnjo viskoznosti od raztopin v organskih topilih. Iz omenjenega razloga je to tudi najpomembnejše vezivo v vodnih lakih, ki jih vse hitreje razvijajo. Z dodajanjem ustreznega monomera in fotoiniciatorja izdelujejo zelo reaktivne barvne in tudi brezbarvne lake za utrjevanje z UV sevanjem, ki vsebujejo zelo malo izparljivih organskih topil (3 % do 10 %).

## 2.4 TEHNIKE NANAŠANJA LAKOV Z RAZPRŠEVANJEM

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, "razbitja" curka tekočega premaznega sredstva v zelo drobne kapljice. Le-te priletijo na površino obdelovanca, kjer takoj po nanosu poteče proces zlitja oziroma nastanka tekočega filma.

Sestavni elementi opreme za brizganje so:

- brizgalne pištrole,
- (tlačne) posode in črpalke,
- filtri,
- cevni razvodni sistemi za premazano sredstvo,
- priključek za stisnjen zrak.

### **2.4.1 Zračno brizganje**

Pri zračnem brizganju iz brizgalne pištrole razpršimo premazno sredstvo s pomočjo 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 mm do 2,5 mm, odvisno od vrste premaznega sredstva (1,2 mm za lužila, 1,5 mm za končne premaze, do 2,5 mm za zelo viskozne premaze). Tlak stisnjenega zraka je od 3 bar do 5 bar, hitrost zraka od 150 m/s do 300 m/s. Možna debelina nanosa premaznega sredstva znaša od 50 g/m<sup>2</sup> do 500 g/m<sup>2</sup>, izkoristek pa je od 30 % do 50 %.

### **2.4.2 Brezzračno (airless) brizganje**

Pri brezzračnem brizganju je premaz v sistemu pod določenim tlakom (200 bar - 400 bar). Premazno sredstvo potiska do pištrole visokotlačna črpalka. Do atomizacije pride, ko premazno sredstvo pod visokim tlakom udari iz pištrole v mirujoč zrak. Hitrost premaznega sredstva na izhodu je od 120 m/s do 160 m/s. Premer šobe znaša od 0,2 mm do 1,2 mm. Za najboljšo kvaliteto brizganja je priporočljiva oddaljenost pištrole od obdelovanca od 300 mm do 500 mm. Izkoristek nanašanja znaša od 50 % do 60 %.

### **2.4.3 Kombinirano zračno - brezzračno (airmix) brizganje**

Pri tem postopku gre za podoben princip kot pri brezzračnem brizganju, le da ima brizgalna pištola dodatni zračni kanal. Zaradi mešanja premaznega sredstva s stisnjnim zrakom, ki v curek prihaja iz stranskih šob, je dosežena boljše atomizacija. Tlak premaznega sredstva znaša od 20 bar do 60 bar. Zaradi manjšega delovnega tlaka prihaja do manjše obrabe šob in boljšega izkoristka, ki znaša do 75 %.

### **2.4.4 Brizganje HVLP**

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

#### **2.4.5 Razprševanje z rotacijskimi napravami**

Pri razprševanju z rotacijskimi napravami se performirani elementi (razprševalni disk, razprševalna čaša), vrtijo okrog svoje osi z veliko hitrostjo (do 50000 obr/min). Na te diske ali čaše doteka premaz, ki se zaradi centrifugalne sile razprši. Ta sistem se vedno uporablja le za avtomatizirano lakiranje, lahko pa tudi v kombinaciji z elektrostatskim nanašanjem.

#### **2.4.6 Elektrostatsko brizganje**

Ta sistem nanašanja se lahko kombinira z vsemi brizgalnimi sistemi. Pri tem postopku ustvarimo električno polje med razprševalno napravo in obdelovancem kar povzroči, da se razpršeni delci premaznega sredstva usmerijo proti obdelovancu. Brizgalna pištola je nabita negativno, obdelovanec pa pozitivno. Minimalna vlažnost obdelovanca je 8 %. Premaz mora biti neprevoden. Izkoristek sistema je od 65 % do 95 %.

#### **2.4.7 Toplo in vroče brizganje**

Toplo in vroče brizganje se prav tako lahko uporablja pri vseh postopkih brizganja. Segrevanje lakov povzroči zmanjšanje viskoznosti, podobno kot redčenje z redčilom. Temperatura segretega laka znaša med 30 °C in 80 °C. Manjša kot je vsebnost topil, več je suhe snovi in višja temperatura nanašanja je potrebna. Pri segrevanju laka z 20 °C na 70 °C se zniža iztočni čas s 120 s na 25 s (4/20 °C). Podoben učinek dosežemo pri 20 % razredčenju.

#### **2.4.8 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 pokritost površine po "x,y" ravnini in prek mikroprocesorja vodi brizgalne pištole. Običajno imajo stroji od 8 do 16 brizgalnih pištol. Pištole se pomikajo večinoma 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, boljšo kakovost obdelave, nižje stroške lakiranja, boljši izkoristek lakov itd.

## 2.5 TEHNIKE ROČNEGA BRIZGANJA

Pri ročnem brizganju je potrebno, da je brizgalni snop vedno usmerjen pravokotno proti površini obdelovanca. V nasprotnem primeru pride do neenakomernega nanosa premaznega sredstva. Širina brizgalnega snopa se lahko prilagaja obliki lakiranja. Možne so tri oblike brizgalnega snopa:

- polni okrogli stožec,
- votel okrogli stožec,
- sploščeni stožec.

### 3 MATERIALI IN METODE

Kot je bilo navedeno v uvodu, so v diplomskem delu obravnavane napake, ki nastajajo pri površinski obdelavi lesa. Za obravnavo napak smo se odločili, ker je njihovo število pri površinski obdelavi začelo naraščati, čeprav se proizvodnja ni povečevala. Pojavljanje napak smo evidentirali v lakirnici na delovnem mestu za popravila. Zbrali smo jih večkrat dnevno in jih razvrščali v seznam napak, ki smo ga sproti dopolnjevali, kadar smo opazil novo napako. Napake smo spremljali v obdobju enega meseca od 1. do 30. aprila 2011. Pregled evidentiranih napak je pokazal, da za njihov nastanek ni izvor samo lakirnica, ampak celoten tehnološki postopek izdelovanja. Zato smo se odločili, da bomo za vsako evidentirano napako poiskali njen izvor. Začeli smo z napakami, ki so se ponovile največkrat in končali s tistimi, ki so se ponovile najmanjkrat. Vsem napakam smo poiskali izvor in glede na izvor izdelali ukrep, ki je pripomogel, da se je število napak v lakirnici začelo zmanjševati.

#### 3.1 MATERIAL

Vse materiale, ki smo jih uporabili, smo vzeli iz redne proizvodnje. Za pripravo vzorcev smo izbrali les in premaze, ki se trenutno največ uporabljajo pri izdelavi stolov in miz. Vzorci, ki prikazujejo posamezno napako, so bili narejeni na manjših kosih, zato da je simulacija posamezne napake bolj vidna in da je bilo lažje pripraviti slike, ki so prikazane pri opisu napake.

Za pripravo vzorcev smo uporabili:

- masivni bukov les,
- vezano ploščo iz bukovega furnirja,
- furnirano iverno ploščo z bukovim in hrastovim furnirjem.

Vzorci in kosi iz redne proizvodnje so bili narejeni z vodnim in kombinacijskim lužilom, lakirani pa so bili s poliuretanskim lakom.

#### 3.2 METODE DELA

V lakirnici, na delovnem mestu »pregled pred lakiranjem in popravila«, ki je postavljeno na sredini lakirnice, zaradi čim krajšega transporta poškodovanih izdelkov in čim hitrejšega popravila napake, sem spremljal, katere napake na izdelkih so se pojavile pred začetkom, med in po koncu površinske obdelave, kolikokrat so se ponovile, kje so nastale in kako smo jih popravili. Napake sem spremljal v obdobju enega meseca in sicer večkrat na dan, odvisno od njihovega pojavljanja, saj ni bilo pravila, kako so se pojavljale.



## 4 REZULTATI IN RAZPRAVA

### 4.1 EKONOMSKI POGLED

Kadar razpravljamo o možnostih izboljšanja učinkovitosti proizvodnje, je prvo pravilo, da ne pozabimo na predpisan tehnološki postopek izdelave izdelka. Kajti vsako nepremišljeno krajšanje tehnološkega procesa ali opuščanje določenih operacij, na koncu stroške proizvodnje izdelka zaradi raznih napak in potrebnih popravil samo podraži. Če pa nam že uspe izdelek proizvesti po »racionaliziranem« postopku brez potrebnih popravil, je kvaliteta takega izdelka gotovo vprašljiva. Seveda je v ekonomskem pogledu najboljša, če med tehnološkim postopkom izdelave ne pride do nastanka napak ali zastojev, kajti vsak dogodek pri izdelavi povzroča dodatne stroške za podjetje. Zato sem v podjetju, ki se ukvarja z izdelavo stolov in miz, spremljal napake, ki se pojavljajo v lakirnici, med postopkom površinske obdelave. Z enomesečnim spremljanjem sem želel ugotoviti vrsto napak in njihovo število. Za vsako napako, ki se je pojavila v lakirnici, sem poiskal vzrok nastanka in način kako jo odpraviti ali popraviti, ter spremljal, kolikokrat se posamezna napaka pojavi. Na osnovi dobljenih rezultatov smo se lotili odprave napak v različnih oddelkih tehnološkega postopka izdelave posameznega izdelka in ne šele pri operaciji površinske obdelave.

### 4.2 VRSTE NAPAK

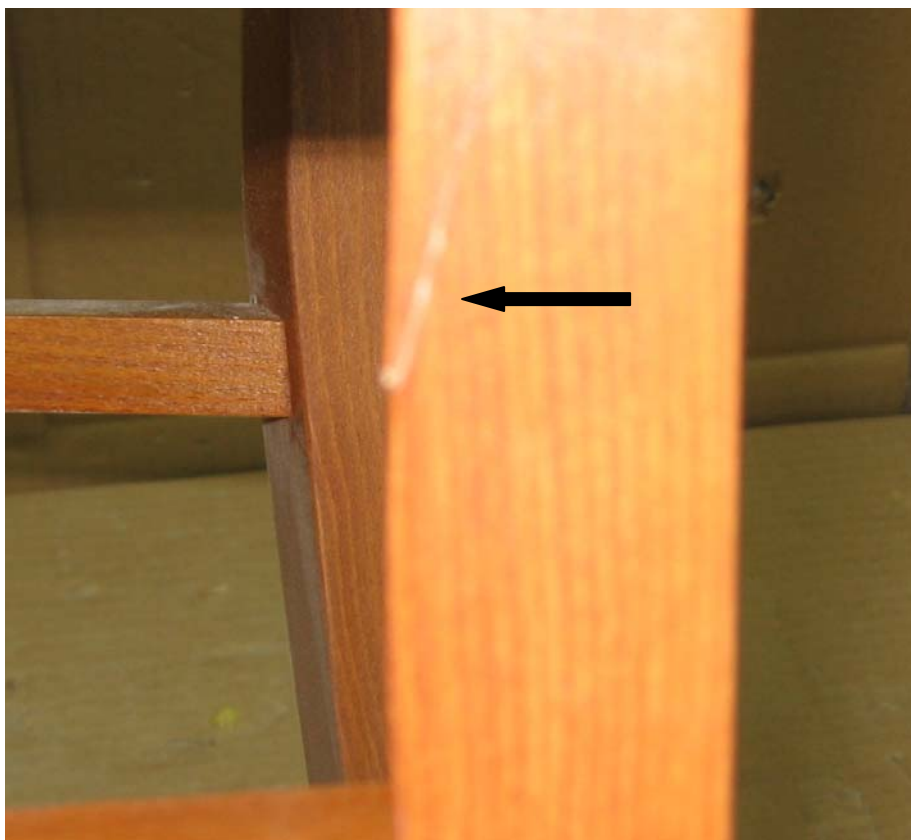
Preglednica napak (preglednica 1) je nastala pri spremljanju napak v obdobju enega meseca. V povprečju so na mesec polakirali približno 2000 kosov stolov in miz, evidentiranih napak je bilo 143, kar znaša približno 7 %. Največkrat se je pojavila napaka »razpoke v lesu«, ki so ji sledile še neprilepljen furnir, zatrgana površina zaradi predhodnih operacij, prebrušen rob, preboj lepila na furniranih ploščah, nezaprti spoji med ного stola in mostiščem, poškodovana površina sedeža, poškodovan rob ali vogal plošče mize, različni barvni toni, reliefna površina na robovih, sledovi žaginega lista na površini, odtis na površini in napaka »grče in sledovi insektov«. Za doseg cilja, to je znižanje števila napak površinske obdelave v proizvodnji stolov in miz, je bilo potrebno poiskati vzroke za nastanek vseh evidentiranih napak, ter ugotoviti, kateri ukrepi lahko pripomorejo k zmanjšanju števila napak pri površinski obdelavi.

Preglednica 1: Napake, nastale pri površinski obdelavi stolov in miz, v enomesečni proizvodnji

	VRSTA NAPAKE	ŠTEVILO PONOVIJEV
1.	razpoke v lesu	50
2.	neprilepljen furnir	17
3.	zatrgana površina zaradi predhodnih operacij	13
4.	prebrušen rob	12
5.	preboj lepila na furniranih ploščah	10
6.	nezaprte spoji med ного stola in mostiščem	8
7.	poškodovana površina sedeža	8
8.	poškodovan rob ali vogal plošče mize	7
9.	različni barvni toni	6
10.	reliefna površina na robovih	4
11.	sledovi žaginega lista na površini	4
12.	odtis na površini	3
13.	grče in sledovi insektov	1
	<b>SKUPAJ</b>	<b>143</b>

#### 4.2.1 Razpoke v lesu

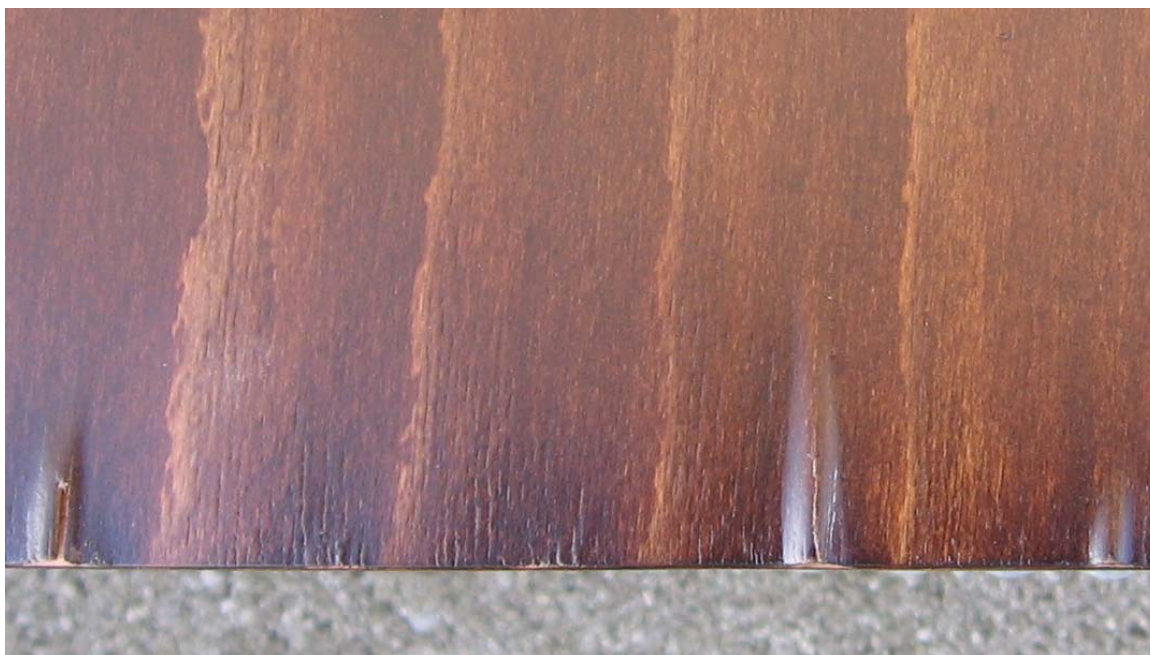
Napaka »razpoke v lesu« (slika 1), sodi v tisto skupino, pri katerih je vzrok nastanka zelo težko ugotoviti. Po našem mnenju in izkušnjah nastanejo razpoke v lesu že med sušenjem lesa. Sušenje bukovine je namreč problematično zaradi visoke gostote bukovega lesa in otiljenja trahej, ki je pogosto v rdečem srcu in bistveno zmanjšuje tako permeabilnost kot tudi difuzivnost. Dokaj izraženo krčenje bukovine med sušenjem je pogosto glavni vzrok za nastale razpoke, le-te pa nastajajo že med skladiščenjem, zaradi temperaturnih razlik med transportom ali pri temperiranju lesa po sušenju. Možen vzrok je tudi v neenakomerni zračni vlažnosti v proizvodnem procesu. Razpoke v lesu so najbolj opazne pri temnejših barvnih tonih, pri površinski obdelavi za doseganje naravnega izgleda lesa pa so le redko opazne. Ker trenutno prevladujejo temnejši barvni toni, je to napaka, ki se največkrat pokaže in ji je zato potrebno posvetiti pozornost od njenega nastanka do popravila. Zaradi svoje velikosti razpoke postanejo opazne šele pri operaciji luženja. Po ugotovitvi napake luženo površino temeljno polakiramo, nato osušeno površino, kjer je razpoka, obrusimo, tako da odstranimo tudi lužilo. Razpoko kitamo s kiti za les. Pokitane površine obrusimo in ponovimo postopek površinske obdelave: luženje, temeljno lakiranje in končno lakiranje.



Slika 1: Razpoke v lesu

#### 4.2.2 Neprilepljen furnir

Napaka »neprilepljen furnir« (slika 2) se pojavlja na površinah miznih plošč in hrbtišč stolov, ki so furnirane z rezanim furnirjem. Napaka nastane večinoma takrat, ko za luženje uporabljamo lužilo na vodni osnovi. Zaradi nanosa lužila na površino, z namakanjem v bazenu ali s pištolo, se površina namoči in kjer lepilni spoj med furnirjem in podlago ne zdrži, furnir nabrekne in odstopi. Napako popravimo s ponovnim lepljenjem furnirja na podlago. Po popravilu površino obrusimo v celoti in ponovimo operacije površinske obdelave.



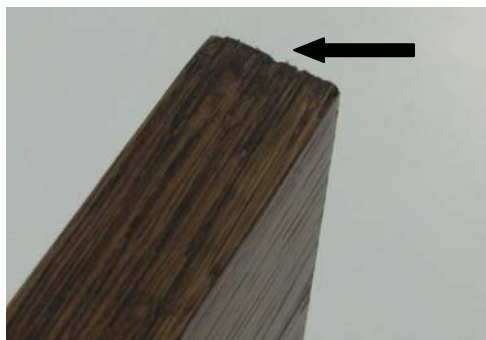
Slika 2: Neprilepljen furnir

### 4.2.3 Zatrgana površina

Napaka »zatrgana površina« (slika 3) ali »zatrgan rob« (slika 4) nastane pri operacijah v strojnem oddelku, pri žaganju, skobljanju in rezkanju. Napaka bi morala biti odpravljena pri operaciji brušenja, ker pa je s prostim očesom težko opazna, jo ponavadi zasledimo šele pri operaciji luženja, kjer je za popravilo te napake že prepozno. V večini primerov se pojavi na površini elementa, ki je sestavni del nekega sklopa elementov, npr. zadnjega sklopa stola ali podnožja mize. Zato se za popravilo napake odločimo predvsem iz ekonomskega vidika. Zatrgana površina je najbolj opazna na temnih barvnih tonih, pri površinski obdelavi za izgled naravnega lesa pa je težko opazna. Popravimo jo tako, da luženo površino polakiramo s temeljnim lakom, počakamo da se osuši in jo obrusimo, da zatrgan del na površini izgine. Za temeljno lakiranje se odločimo zato, da na površini po popravilu ni razlik v barvnem tonu. Na obrušeni površini ponovimo postopek površinske obdelave. Ta postopek popravila uporabimo, če zatrganine niso pregloboke. Globoke zatrganine pa popravljamo z voski ali s kiti za les, in sicer najprej izberemo primeren barvni ton voska, ki ga z obličem vtisnemo v zatrganino in z njim tudi odstranimo višek nanešenega voska na temeljno lakirani površini. Po popravilu pa nanesemo še končni lak. Z voski lahko popravljamo le površine, ki bodo med uporabo manj obremenjene.



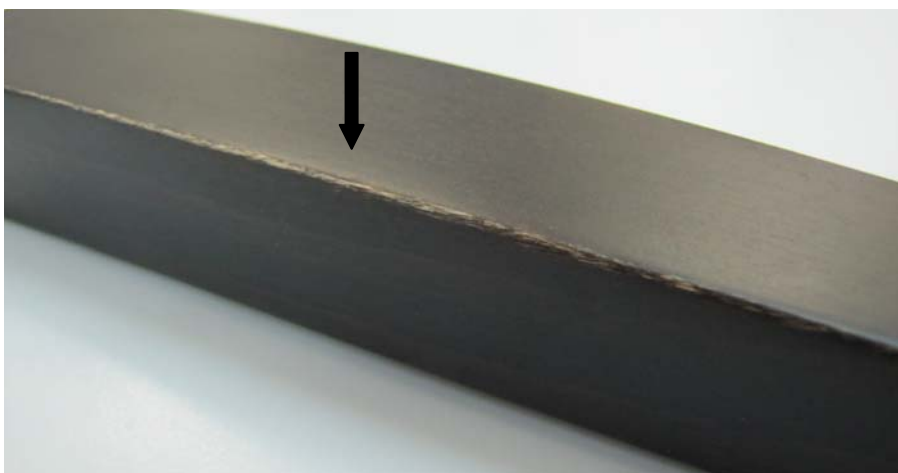
Slika 3: Zatrgana površina



Slika 4: Zatrgan rob

#### 4.2.4 Prebrušeni robovi

Robove prebrusimo (slika 5) med brušenjem temeljnega laka. Ker trenutno prevladuje trend ostro robnega in temnega pohištva, je ta napaka še toliko bolj pogosto vidna. Popravimo jo tako, da po brušenju temeljnega laka rob pobarvamo z barvico ali korekturnim čopičem z istim barvnim tonom. Po popravilu robov pa izdelek še končno lakiramo.



Slika 5: Prebrušen rob

#### 4.2.5 Preboj lepila na furniranih ploščah

Do preboja lepila (slika 6) pride pri spajanju rezanega furnirja. Vzrok za nastanek preboja lepila je, da furnir ni dobro obrezan oziroma je na spoju preveč lepila, ki se pri operaciji brušenja ne odbrusi, ampak se vtisne v furnir. Ker je napaka s prostim očesom težko opazna, jo ponavadi opazimo šele pri površinski obdelavi po luženju z vodnim lužilom, ko lužilo ne obarva lepila. Kadar pa za luženje uporabljamo na primer acetonsko lužilo, do napake ne pride, ker se lepilo obarva. Napako popravimo tako, da spoj pobarvamo s korekturni čopičem ali drugim lužilom. Kadar pa so preboji lepila preveliki in se ne dajo popraviti, furnir odbrusimo in nalepimo novega.



Slika 6: Preboj lepila



#### 4.2.6 Nezaprti spoji

Nezaprti spoji nastanejo pri montaži elementov v sklope, npr. pri sestavi stola. Napaka se pojavlja na začetku montaže določene serije pri nastavitvi stiskalnice. Popravimo jo z vstavljanjem zagozd, furnirja v nezaprte spoje, ki jih nato obrežemo in obrusimo. Če napako opazimo pred začetkom površinske obdelave, jo popravimo na delovnem mestu (pregled pred lakiranjem) in ne vpliva na potek operacij v površinski obdelavi. Če pa jo opazimo med površinsko obdelavo, jo popravimo po temeljnem lakiranju. Tako popravljene sklope uporabljamo pri temnejših barvnih tonih, kjer napaka ni tako opazna kot pri svetlejših.

#### 4.2.7 Poškodovana površina sedeža iz vezane plošče

Ta napaka (slika 7) je podobna napaki »neprilepljen furnir«. Pojavlja se na sedežih iz vezane plošče, takrat kadar se za luženje uporabljajo lužila na vodni osnovi. Zaradi nanosa lužila na površino z namakanjem v bazen, se površina in rob namočita in kjer lepilni spoj ne drži, furnir odstopi (nabrekne). Napako popravimo po temeljnem lakiranju s ponovnim lepljenjem furnirja na podlago. Po popravilu površino obrusimo in ponovno lužimo. Popravljamo sedeže stola, ki imajo manjše napake, sedeže z večjimi napakami pa zavržemo.



Slika 7: Poškodovana površina sedeža iz vezane plošče



#### 4.2.8 Poškodovan rob, vogal mizne plošče

Napaka (sliki 8 in 9) nastane pri vlaganju miznih plošč v stojke med operacijami površinske obdelave ali pri transportu v lakirnici. Poškodovan rob plošče popravimo s kiti za les ali z voski, tako da rob po temeljnem lakiranju obrusimo in pokitamo ter ponovimo postopek površinske obdelave. Kadar so poškodbe večje, takšne plošče ponovno robno furniramo.



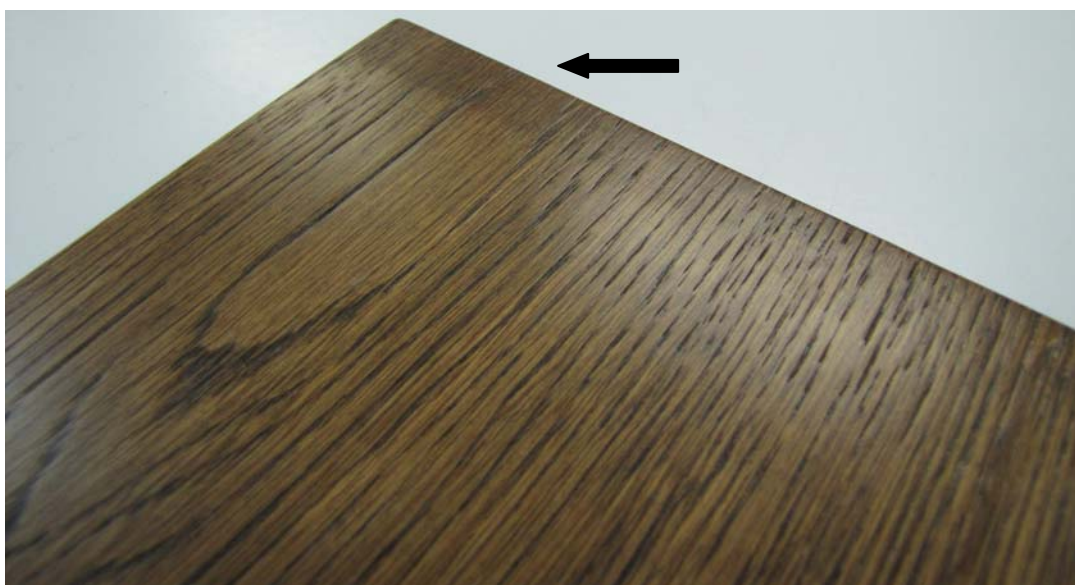
Slika 8: Poškodovan vogal plošče



Slika 9: Poškodovan rob plošče

#### 4.2.9 Različni barvni toni

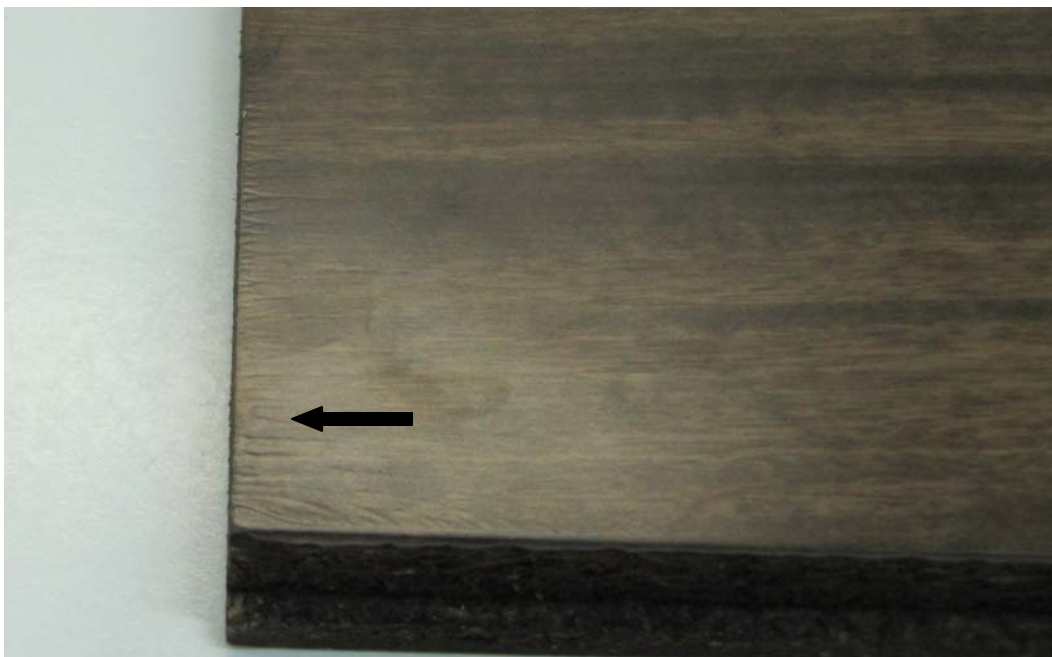
Različni barvni toni (slika 10) na površini nastanejo zaradi neenakomerno obrisane površine pri luženja z različnimi vrstami lužila (vodno, kombinacijsko ...). Ker napako opazimo šele pri naslednjih operacijah površinske obdelave, jo popravimo tako, da če je le možno, površino obrusimo in še enkrat ponovimo postopek površinske obdelave.



Slika 10: Različni barvni toni

#### 4.2.10 Reliefna površina

Reliefna površina na robovih plošč (slika 11) nastane pri operaciji temeljnega nanosa laka na UV liniji (Ambrosi, Offredi, 1996) . Vzrok za nastanek je v tem, da rob plošče ni bil dovolj obrušen, zaradi ročnega brušenja ali ker je bila plošča zvita. Napako popravimo s ponovnim brušenjem površine in ponovljenim postopkom površinske obdelave.



Slika 11: Reliefna površina

#### 4.2.11 Sledi žaginega lista

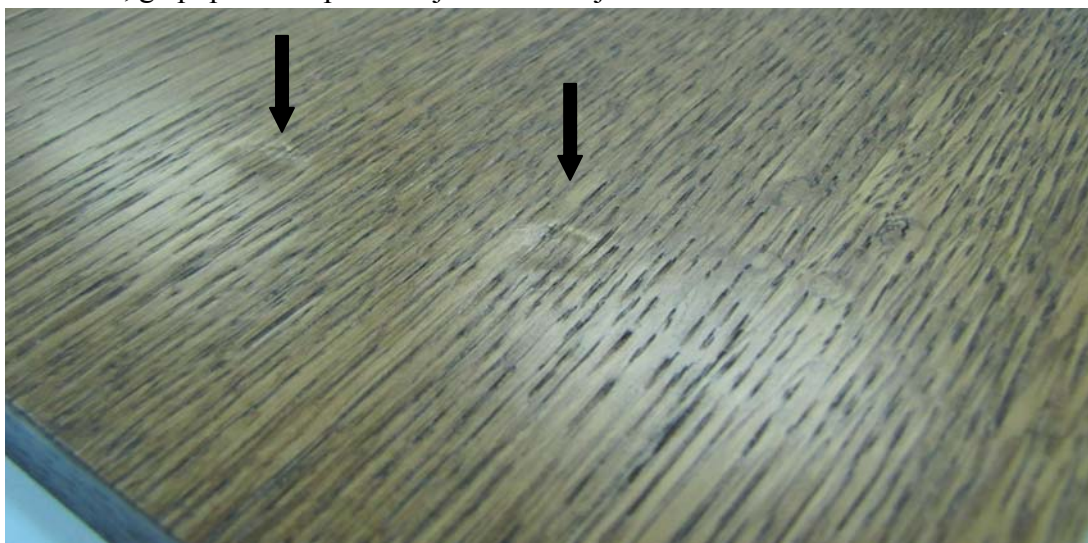
Nastanek napake (slika 12) je sicer težko razumljiv, ker je tako zelo vpadljiva in bi elemente s to napako morali takoj popraviti ali izločiti, a vendar se v masovni proizvodnji pojavlja. Nastane na elementih, ki že na začetku proizvodnje niso bili dimenzijsko ustrezni ali pa so bili namenjeni za prve nastavitve delovnih operacij v tehnološkem postopku izdelave izdelka. Takšne elemente v večini operaterji opazijo in odstranijo v proizvodnem procesu, tiste elemente z napako, ki pa v proizvodnji ostanejo, popravijo pred lakiranjem ali tudi še po temeljnem lakiranju. Popravimo jih s ponovnim brušenjem, če pa so poškodbe prevelike, takšne elemente izločimo.



Slika 12: Sledi žaginega lista

#### 4.2.12 Odtisi na površini

Odtisi na površini (slika 13) nastanejo pri montaži sklopov, npr. stola ali pri transportu pred lakirnico ali v njej. Večino odtisov odkrijejo pri pregledu pred lakiranjem. Postopek popravila je ponavadi kar zapleten, ker so poškodbe globoke. Popravimo jih tako, da odtis zakitamo s kitom za les in nato obrusimo, ali pa jih zalijemo z voskom. Če odtis ni preglobok, ga namočimo z vodo in počakamo, da les nabrekne, kar nam v večini primerov tudi uspe, površino pa nato še enkrat obrusimo. Kadar pa odtis opazimo med površinsko obdelavo, ga popravimo po temeljnem lakiranju.



Slika 13: Odtisi na površini

#### 4.2.13 Grče in sledovi insektov

Napaka se sicer v proizvodnji zelo redko pojavlja, če pa do napake že pride, poškodovane elemente popravimo pred lakiranjem, s kiti za les. Tako popravljene elemente uporabljamo le pri obdelavi na temnejše barvne tone.



### 4.3 POPRAVILO NAPAK

V poglavju o popravljanju napak prikazujemo dva postopka popravila, ki se največkrat uporabita za popravilo napak v lakirnici. Popravilo s kitanjem se uporablja na površinah, ki so bolj obremenjene na obrabo, z voskanjem pa popravljamo nezaprte spoje, zatrgane površine, poškodovane in zatrgane robove. Pri popravilu napak z voskanjem sem tudi sam sodeloval in ga vpeljal v proizvodnjo, saj so prej uporabljali samo postopek s kitanjem.

#### 4.3.1 Popravilo s kitanjem

Postopek popravila:

- po ugotovitvi napake luženo površino prelakiramo s temeljem, da površina po popravilu ni lisasta,
- nato na površino naneseemo kit in počakamo, da se posuši (slika 14),
- osušeno površino obrusimo tako, da odstranimo tudi lužilo (slika 15),
- na obrušeno površino ponovno naneseemo lužilo,
- naneseemo temeljni in končni lak.



Slika 14: Nanos kita

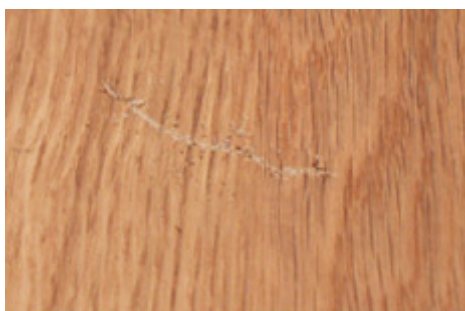


Slika 15: Obrušen kit

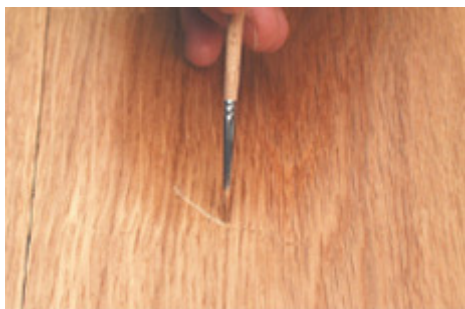
### 4.3.2 Popravilo z voskom

Postopek popravila:

- pripravimo površino tako, da odstranimo vse štrleče dele (slika 16),
- poškodbo osnovnega tona površine obarvamo s posebnim pokrivnim lakom (slika 17),
- v poškodovano površino s plastičnim obličem ali talilnikom za polnilo vtisnemo v majhnih količinah barvne voske, v več različnih barvnih tonih (slika 18),
- višek nanosa voska odstranimo s plastičnim polnilnim obličem. Okroglo ozobljenje obliča uporabimo za odstranjevanje voska na robovih in mehkih lesovih, ostro ozobljen del pa uporabimo za odstranjevanje voska na ravnih površinah (slika 19),
- barvo in strukturo prilagodimo z retuširnimi materiali (slika 20),
- popravljeno površino še polakiramo z nevtralnim lakom, ki ga nanašamo v oddaljenosti 30 cm - 40 cm (slika 21).

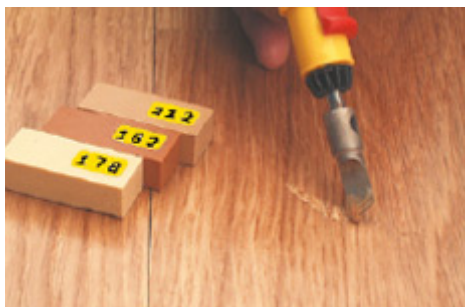


Slika 16: Prikaz poškodbe praske

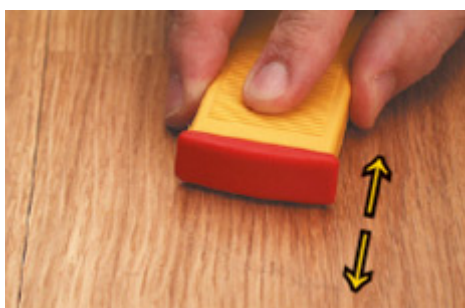


Slika 17: Barvanje praske

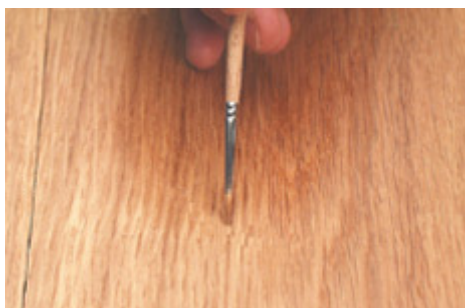
|



Slika 18: Nanašanje voska



Slika 19: Odstranjevanje voska



Slika 20: Prilagajanje barve



Slika 21: Lakiranje



## 5 SKLEPI

Iz analize rezultatov, ki smo jih dobili s spremljanjem napak v lakirnici v obdobju enega meseca, od 1. do 30. aprila 2011, lahko sklepamo, da so se napake, ki smo jih opazili v tehnološkem postopku izdelave stolov in miz, pojavile na 143 izdelkih od skupno izdelanih približno 2000, kar znaša približno 7 %.

Najpogosteje, kot je razvidno v preglednici 1, se je pojavljala napaka »razpoke v lesu«. Največ pa jih je bilo zato, ker jih s prostim očesom težko opazimo in le težko odkrijemo še pred postopki površinske obdelave. Razpoke postanejo vidne šele po nanosu lužila na površino, ker se površina na mestu napake obarva temnejše. Ta napaka po naših izkušnjah nastane že med sušenjem lesa, skladiščenjem, zaradi temperaturnih razlik med transportom ali pri temperiranju lesa po sušenju ali zaradi neenakomerne zračne vlažnosti v proizvodnem procesu. Razpoke v lesu se najbolj opazijo pri temnejših barvnih tonih, pri obdelavi »natur« pa so le redko opazne. Ker pa trenutno v proizvodnji prevladujejo temnejši barvni toni, je to tudi eden od razlogov, da se ta napaka pojavlja največkrat.

### 5.1 SPREJETI UKREPI

Da bi število napak zmanjšali, smo sprejeli različne ukrepe. Da bi razpoke v lesu odpravili ali zmanjšali njihovo število, smo pri sušenju vpeljali blažji režim sušenja ter že v medfaznem oddelku na začetku tehnološkega postopka izdelave pričeli z izločanjem elementov z vidnimi razpokami. To velja še zlasti za krivljene elemente. Napako »nepriplepljen furnir« smo poskušali odpraviti z uporabo različnih lepil pri lepljenju furnirja na podlago. Zatrgane površine smo odpravljali s pregledovanjem elementov po operaciji skobljanja ter z brušenjem rezil pod različnimi koti in pogostejšo menjavo orodij za obdelavo. Prebrušenju robov smo se izognili tako, da smo pri operaciji brušenja temeljnega laka uporabljali malo obrabljen brusni papir in ne novega. Pri preboju lepila smo poskušali s pregledom sestavljenega furnirja pred lepljenjem na podlago, vendar pa je bila to s prostim očesom težko opazna napaka, tako da smo samo poostriili nadzor nad obrezovanjem furnirja in v nabavi. Nezaprte spoje smo poskušali odpravljati s pregledom prvih montiranih sklopov v seriji. Poškodovane robove, različne barvne tone, sledove žaginih listov, odtisov na površini in reliefno površino smo odpravljali z večkratnim opozarjanjem delavcev na potrebo po vestnem in natančnem delu, da omenjene napake ne bi nastajale. Vsi opisani ukrepi so vplivali na to, da se je število napak v lakirnici pričelo zmanjševati.

## 6 POVZETEK

Za obravnavo napak pri površinski obdelavi v podjetju, ki se ukvarja z izdelovanjem stolov in miz, smo se odločili, ker je število napak pričelo naraščati, kljub temu, da se obseg proizvodnje ni povečal. Pokazatelj povečanega števila napak je bilo dejstvo, da na delovnem mestu za popravilo napak delavec, ki je bil zadolžen za popravilo, ni več zmozel popraviti vseh napak. Prvi korak je bil, da smo napake evidentirali. Iz evidence je bilo razvidno, da vse napake ne izhajajo iz lakirnice, ampak je njihov izvor nekje drugje. Zato smo na osnovi pridobljene evidence napak, začeli raziskovati, kje je posamezna napaka nastala. Največ smo se posvetili napakam, ki so se ponovile največkrat in končali s tistimi, ki so se ponovile najmanjkrat.

Spremljanje pojavljanja napak v tehnološkem postopku površinske obdelave, ki pa niso bile povezane le z delom in materiali v lakirnici, ampak s postopki med celotno proizvodnjo, smo izvajali v roku enega meseca v obdobju od 1. do 30. aprila 2011. V tem času smo dnevno spremljali, katere napake se pojavljajo, zakaj, koliko jih je in ugotavljali, kako jih je možno popraviti. Ugotovili smo, da so se napake površinske obdelave pojavile na 143 izdelkih od skupno približno 2000 izdelanih, kar znaša približno 7 %.

Ugotovili smo, da se največkrat pojavljajo razpoke v lesu. Glede na naše izsledke, smo predlagali odpravo napak v vseh oddelkih v tehnološkem procesu izdelave in ne šele na koncu, pri površinski obdelavi, kajti nekatere napake bi bilo možno odpraviti že pred začetkom površinske obdelave in ne bi toliko ovirale površinske obdelave v lakirnici. Vsi ukrepi, ki so bili po raziskavi sprejeti, so pripomogli, da se je število napak v lakirnici pričelo zmanjševati.

## 7 VIRI

Ambrosi P., Offredi P. 1996. The painters manual. Milano: 200 str.

Brock T., Groteklaes M., Mischke P. 2000. European coatings handbook. Hannover ,  
Vincentz Network: 432 str.

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

Kotnik D. 2003. Površinska obdelava v izdelavi pohištva. Brezovica, Finitura d.o.o. :184  
str.

Weldon D. G. 2009. Failure analysis of paints and coatings. Chichester (U.K.), Wiley: 362  
str.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se prof. dr. Marku Petriču, ki mi je pomagal in svetoval pri pisanju diplomske naloge. Prav tako bi se rad zahvalil somentorju asistentu dr. Matjažu Pavliču, ki mi je pomagal pri izdelavi slikovnega gradiva in recenzentu izred. prof. dr. Milanu Šerneku. Zahvala velja tudi podjetju Novoles, ki mi je omogočilo izdelavo vzorcev in meritev, ki sem jih potreboval za izdelavo diplomske naloge.